

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD
DE SHIRAC, SAN MARCOS – CAJAMARCA.**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR

BACH. VÁSQUEZ TIRADO WILTON MANUEL MERCEDES

ASESOR

Dr. Ing. MÉNDEZ CRUZ GASPAR VIRILO

CAJAMARCA – PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. Investigador: **WILTON MANUEL MERCEDES VÁSQUEZ TIRADO**
DNI: **72734807**
Escuela Profesional: **Ingeniería Civil**
2. Asesor: **Gaspar Virilo Méndez Cruz**
Facultad: **Ingeniería**
3. Grado académico o título profesional
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de Investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD DE SHIRAC, SAN MARCOS – CAJAMARCA.
6. Fecha de evaluación: **23/01/2025**
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: **20 %**
9. Código Documento: Oid: **3117:422808501**
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: Cajamarca, 23 de enero de 2025



FIRMA DEL ASESOR
Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz

DNI: 26631950



Firmado digitalmente por:
BAZAN DIAZ Laura Sofia
FAU 20148258601 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 23/01/2025 17:06:06-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD DE SHIRAC, SAN MARCOS - CAJAMARCA."

ASESOR : Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0083-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 27 de enero de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **treinta y un días del mes de enero de 2025**, siendo las dieciséis horas (04:00 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Vocal : Dr. Ing. Luis Andrés León Chávez.
Secretario : Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD DE SHIRAC, SAN MARCOS - CAJAMARCA", presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil **WILTON MANUEL MERCEDES VÁSQUEZ TIRADO**, asesorado por el Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz, para la obtención del Título Profesional.

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : ⁰⁶..... PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : ⁰⁹..... PTS.
EVALUACIÓN FINAL : ¹⁵..... PTS. **15 QUINCE** (En letras)

En consecuencia, se lo declara **APROBADO** con el calificativo de **15 QUINCE** acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las **17:00** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Presidente

Dr. Ing. Luis Andrés León Chávez.
Vocal

Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.
Secretario

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Asesor



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130

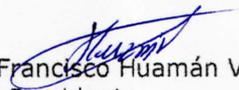


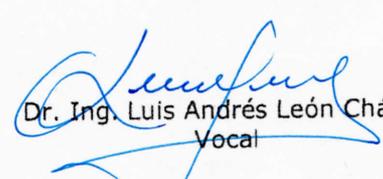
EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

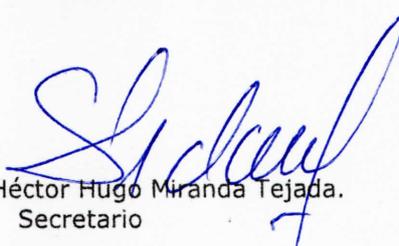
Bachiller en Ingeniería Civil: *WILTON MANUEL MERCEDES VÁSQUEZ TIRADO.*

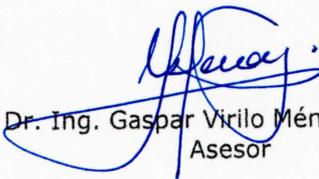
RUBRO	PUNTAJE
	Máximo/Calificación
1. DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	
1.1. Capacidad de síntesis	02
1.2. Dominio del tema	02
1.3. Consistencia de las alternativas presentadas	02
1.4. Precisión y seguridad en las respuestas	03
PUNTAJE TOTAL (MÁXIMO 12 PUNTOS)	09

Cajamarca, 31 de enero de 2025


Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Presidente


Dr. Ing. Luis Andrés León Chávez.
Vocal


Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.
Secretario


Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Asesor



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



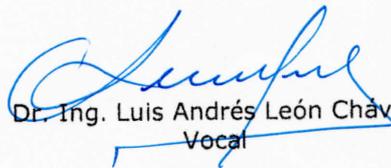
EVALUACIÓN FINAL DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería Civil: *WILTON MANUEL MERCEDES VÁSQUEZ TIRADO.*

RUBRO	PUNTAJE
A.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PRIVADA	06
B.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	09
EVALUACIÓN FINAL	
EN NÚMEROS (A + B)	15
EN LETRAS (A + B)	QUINCE
- Excelente 20 - 19	BUENO
- Muy Bueno 18 - 17	
- Bueno 16 - 14	
- Regular 13 a 11	
- Desaprobado 10 a menos	

Cajamarca, 31 de enero de 2025


Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Presidente


Dr. Ing. Luis Andrés León Chávez.
Vocal


Mag. Ing. Héctor Hugo Miranda Tejada.
Secretario


Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Asesor

AGRADECIMIENTO

A Dios, Señor tu siempre estarás presente en mi vida, te agradezco por acompañarme y guiarme, por darme la fuerza y sabiduría durante el desarrollo de este proyecto, por permitir que este sueño se haga realidad, gracias Señor por permitir culminar mi tesis.

A mis papás, Walter y Leonor, por su respaldo incondicional, por sus consejos, por enseñarme desde pequeño que para lograr objetivos y metas se requiere esfuerzo, dedicación y trabajo, pero también paciencia y amor por lo que se hace, gracias papá, gracias mamá.

Al Dr. Ing. Gaspar Méndez Cruz, por su asesoramiento, apoyo, revisión y aporte en la materialización del presente trabajo de investigación.

A la Municipalidad Distrital de José Manuel Quiroz, administradora del Servicio de Alcantarillado Sanitario de la Localidad de Shirac, por su colaboración y por el permiso otorgado para la evaluación del Sistema.

A mis amigos y compañeros, por su apoyo y sugerencias durante el proceso de investigación.

DEDICATORIA

A mis padres, Walter y Leonor, por hacer de mi un guerrero, por brindarme armadura y escudo para luchar por mis sueños y anhelos, hoy cumplo un objetivo, una victoria para mí, se la dedico a ustedes, mis maestros de vida.

A Leyda, Roció, Walter e Isabel, mis hermanos, compañeros de vida y amigos leales.

A mis sobrinos, mis segundos hermanos

A mis primos, tíos y toda la familia

A mi asesor por su dedicación y por el tiempo dedicado para sacar adelante este proyecto de tesis.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA	II
ÍNDICE GENERAL	III
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
PALABRAS CLAVE	XII
RESUMEN	XIII
ABSTRACT.....	XIV
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema.	1
1.1.1 Contextualización.	1
1.1.2 Descripción del problema.	2
1.1.3 Formulación del problema.....	3
1.2 Justificación e importancia de la investigación.	3
1.2.1 Justificación científica.	3
1.2.2 Justificación técnica - práctica.....	4
1.2.3 Justificación institucional y personal.....	4
1.3 Delimitación de la investigación.	5
1.4 Limitaciones.	5

1.5	Objetivos.....	5
1.5.1	Objetivo general.	5
1.5.2	Objetivos específicos.....	6
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO		7
2.1	Antecedentes teóricos.	7
2.1.1	Antecedentes internacionales.	7
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	9
2.1.3	Antecedentes locales.....	11
2.2	Bases teóricas.	11
2.2.1	Agua residual.....	11
2.2.2	Sistemas de alcantarillado.	12
2.2.3	Componentes de un sistema de alcantarillado.....	13
2.2.4	Disposiciones para la ubicación de tuberías y estructuras complementarias.	16
2.2.5	Diseño Hidráulico de los Alcantarillados.....	18
2.2.6	Aforo de colectores.....	26
2.2.7	Operación y mantenimiento de colectores y cámaras de inspección.....	28
2.2.8	Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)	29
2.2.9	Valores máximos admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales.	37
2.2.10	Límites máximos permisibles para los efluentes.....	39
2.2.11	El Sistema de Inversión Pública en el Perú en al año 2007.....	39

2.3	Definición de términos básicos.....	40
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS		42
3.1	Materiales y equipo.	42
3.2	Softwares utilizados para el procesamiento de datos.	42
3.3	Descripción del área en estudio.	42
3.3.1	Ubicación geográfica.....	42
3.3.2	Orografía.....	44
3.3.3	Clima	44
3.4	Metodología.....	44
3.4.1	Localización de la investigación.....	44
3.4.2	Tipo, nivel, diseño y método de investigación	45
3.4.3	Población y muestra.....	45
3.4.4	Método de muestreo.	46
3.4.5	Instrumentos de recolección de datos.	46
3.5	Metodología de trabajo.	46
3.5.1	Trabajo de campo.	47
3.5.2	Trabajo de gabinete – procesamiento de datos.	59
3.6	Presentación de resultados.....	68
3.6.1	Diámetros y separación entre buzones.	68
3.6.2	Coefficientes de rugosidad.....	68

3.6.3	Tensión tractiva.	69
3.6.4	Velocidades en la red.....	69
3.6.5	Caudal máximo horario.	70
3.6.6	Tiempo de retención hidráulico.....	70
3.6.7	Volumen de sólidos sedimentables.....	70
3.6.8	Eficiencia de remoción de la PTAR.	71
CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....		72
4.1	Evaluación hidráulica.	72
4.1.1	Diámetro de tubería y separación máxima entre buzones.	72
4.1.2	Rugosidad – coeficientes de manning.	73
4.1.3	Tensión tractiva.	74
4.1.4	Velocidad.....	75
4.1.5	Pendientes.....	76
4.1.6	Caudal Máximo horario.....	77
4.1.7	Descripción de la planta de tratamiento.	77
4.2	Discusión de resultados.	85
4.2.1	De los diámetros y de la separación de buzones.	85
4.2.2	Del coeficiente de rugosidad.	85
4.2.3	De la tensión tractiva.	86
4.2.4	De la velocidad.	86

4.2.5	De las pendientes.....	86
4.2.6	Del caudal máximo horario.....	87
4.2.7	De la planta de tratamiento.....	87
4.2.8	Del afluente de la PTAR y los VMA.....	88
4.2.9	Del efluente de la PTAR y los LMP.....	89
4.2.10	De la eficiencia de la PTAR.....	89
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		91
5.1	Conclusiones.....	91
5.2	Recomendaciones.....	93
BIBLIOGRAFÍA.....		94
LINKOGRAFÍA.....		96
ANEXOS.....		98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Distancia entre cámaras de inspección y limpieza.....	18
Tabla 2 Coeficientes de rugosidad – Vierendel.	20
Tabla 3 Velocidad máxima permisible - Vierendel.	24
Tabla 4 Temperatura – tiempo de digestión de lodos.	33
Tabla 5 Temperatura – factor de capacidad relativa.	33
Tabla 6 Valores máximos admisibles (1).....	38
Tabla 7 Valores máximos admisibles (2).....	38
Tabla 8 LPM para efluentes de una PTAR.	39
Tabla 9 Tramos seleccionados a evaluar.....	60
Tabla 10 Proceso de obtención de la cota de plantillas.....	61
Tabla 11 Proceso de obtención de la densidad	63
Tabla 12 Proceso de obtención de la tensión tractiva	64
Tabla 13 Proceso de obtención del coeficiente de rugosidad	65
Tabla 14 Proceso de obtención de la velocidad y caudal máximo horario.....	66
Tabla 15 Proceso de obtención de la velocidad crítica.	67
Tabla 16 Diámetro y separación entre buzones.	68
Tabla 17 Coeficientes de rugosidad.	68
Tabla 18 Tensión tractiva.....	69
Tabla 19 Velocidad en la red.	69
Tabla 20 Caudal máximo horario.....	70
Tabla 21 Tiempo de retención hidráulico.	70
Tabla 22 Volumen de sólidos sedimentables.....	70

Tabla 23 Eficiencia de remoción de la PTAR.....	71
Tabla 24 Evaluación del diámetro y de la separación entre buzones.....	73
Tabla 25 Evaluación del coeficiente de rugosidad.....	74
Tabla 26 Evaluación de tensión tractiva.	75
Tabla 27 Evaluación de la velocidad.	76
Tabla 28 Evaluación de la pendiente.	77
Tabla 29 Afluente y los VMA.....	89
Tabla 30 Efluente y los LMP.	89
Tabla 31 Profundidades de las plantillas de tuberías	98
Tabla 32 Tiempos y tirantes – tramos representativos.....	99
Tabla 33 Proceso de obtención del coeficiente de rugosidad de los tramos evaluados.	101
Tabla 34 Tirantes hidráulicos – tramos representativos.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Partes de un sistema de alcantarillado.....	16
Figura 2 Área y perímetro mojado de una sección circular.....	20
Figura 3 Partes de una Tubería.....	28
Figura 4 Tanque Imhoff y sus partes.....	34
Figura 5 Lechos de secado.....	37
Figura 6 Mapa del departamento de Cajamarca y de la provincia de San Marcos.....	43
Figura 7 Mapa del distrito de José Manuel Quiroz.....	43
Figura 8 Figura satelital del sistema de alcantarillado en estudio.....	45
Figura 9 Localización de buzones.....	47
Figura 10 Levantamiento topográfico.....	48
Figura 11. Obtención de desnivel entre la tapa de buzón y la plantilla de tubería.....	49
Figura 12 Aforo de colectores 1: Tramo BZ 36 - BZ 37.....	50
Figura 13 Aforo de colectores 1: Tramo BZ 48 – BZ 49.....	51
Figura 14 Aforo de colectores 2: Tramo evaluado BZ 29 - BZ 36.....	52
Figura 15 Aforo de colectores 2: Tramo evaluado BZ 20 - BZ 21.....	52
Figura 16 Aforo de colectores 2: Tramo evaluado BZ 48 - BZ 49.....	53
Figura 17 Toma de puntos con GPS diferencial de aristas y puntos clave de la PTAR.....	53
Figura 18 Dimensionamiento de profundidades de las estructuras de tratamiento.....	54
Figura 19 Dimensionamiento del tanque Imhoff.....	54
Figura 20 Dimensionamiento de los lechos de secado.....	55
Figura 21 Dimensionamiento de los lechos de secado – canal de fondo.....	55
Figura 22 Toma de muestras de agua residual-buzón de llegada a la PTAR.....	56

Figura 23 Toma de Muestras de agua residual-punto de descarga.	56
Figura 24 Control de volumen y masa BZ 49.	57
Figura 25 Vertido de agua coloreada en la estructura de llegada.	58
Figura 26 Vertido de agua coloreada en el ingreso al tanque Imhoff.	58
Figura 27 Determinación de sólidos sedimentables.	59
Figura 28 Obtención de la longitud y pendiente de la tubería.	62
Figura 29 Estructura de llegada - vista en planta.	78
Figura 30 Estructura de llegada - vista lateral.	79
Figura 31 Tanque Imhoff - vista en planta.	80
Figura 32 Tanque Imhoff – tubería de ingreso del agua residual.	80
Figura 33 Tanque Imhoff – tubería de salida del agua residual.	81
Figura 34 Lechos de secado – vista en planta.	82
Figura 35 Lechos de secado – fondo de la estructura.	82
Figura 36 Lechos de secado – desborde del agua residual.	83
Figura 37 Contaminación de alrededores con el agua residual.	83
Figura 38 Flujograma de la planta de la planta de tratamiento.	84

PALABRAS CLAVE

Alcantarillado: Conjunto de conductos y estructuras complementarias diseñadas para recibir, evacuar, transportar y disponer las aguas residuales desde su origen hasta un punto de vertimiento.

Coefficiente de rugosidad: Parámetro que determina la resistencia al flujo de un canal determinado.

Tensión tractiva: Es la fuerza tangencial por unidad de área mojada ejercida por un fluido sobre un conducto.

Aforos: Formas de medir el caudal en una tubería u otra sección.

Evaluación hidráulica: Proceso que analiza el diseño hidráulico de un sistema para garantizar que no afecte negativamente el funcionamiento de los sistemas de alcantarillado u otro.

RESUMEN

La presente investigación recopila información directa de campo (in situ) y está orientada a la interpretación y análisis del comportamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario de la localidad de Shirac. El sistema en estudio cuenta con 70 buzones, 72 tramos y una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). El sistema tiene una antigüedad de 17 años y en la actualidad presenta deficiencias como atasco de colectores, colapso de buzones y colapso de la PTAR. Para la evaluación se realizó un muestreo intencional – no probabilístico y como muestra se ha tomado la PTAR y 11 tramos de la red de recolección. La evaluación se realiza bajo los lineamientos establecidos en las normas OS.070 y OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2011), como resultado se obtiene: Cuatro tramos no cumplen con la separación máxima entre buzones, tres tramos presentan un coeficiente de rugosidad mayor a 0.013 (el Reglamento Nacional de Edificaciones indica que un sistema de alcantarillado bien diseñado tendrá un coeficiente máximo $n = 0.013$), los 11 tramos cumplen y/o superan la tensión tractiva mínima y dos tramos presentan velocidad menor a 0.60 m/s, en cuanto a la PTAR se ha verificado que las estructuras instaladas no cumplen con lo indicado en el Reglamento Nacional de Edificaciones, técnica y funcionalmente las estructuras instaladas son deficientes, por lo que se concluye que el sistema de alcantarillado sanitario de la Localidad de Shirac es deficiente.

Palabras clave: Alcantarillado, coeficiente de rugosidad, tensión tractiva, aforos, evaluación hidráulica.

ABSTRACT

This research gathers direct field data (in situ) and focuses on the interpretation and analysis of the hydraulic behavior of the sanitary sewer system in the locality of Shirac. The system under study consists of 70 manholes, 72 sections, and a wastewater treatment plant (PTAR). The system is 17 years old and currently presents deficiencies such as collector blockages, manhole collapses, and PTAR failures. An intentional – non-probabilistic sampling was conducted for the evaluation, and the PTAR and 11 sections of the collection network were taken as a sample. The evaluation follows the guidelines established in standards OS.070 and OS.090 of the Reglamento Nacional de Edificaciones, (2011), the results indicate that: Four sections do not comply with the maximum spacing between manholes, three sections have a roughness coefficient greater than 0.013 (the Reglamento Nacional de Edificaciones indicate that a sewerage system will have a maximum coefficient of $n = 0.013$), all 11 sections meet and/or exceed the minimum tractive stress and two sections have a velocity lower than 0.60 m/s, as for the PTAR it has been verified that the installed structures do not comply with the specifications of the Reglamento Nacional de Edificaciones. From both a technical and functional standpoint, the installed structures are deficient. Therefore, it is concluded that the sanitary sewer system of the locality of Shirac is deficient.

Keywords: Sewerage, roughness coefficient, tractive force, flow measurements, hydraulic evaluation.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema.

1.1.1 Contextualización.

En el mundo, miles de millones de habitantes no tienen servicios de saneamiento, otros se encuentran expuestos a organismos patógenos dañinos debido a un saneamiento deficiente e inseguro, en la actualidad la realidad para millones de personas es la de un entorno contaminado, en el que una o varias de las etapas de la cadena de servicios de saneamiento, desde la contención en el inodoro, transporte, depuración, descarga y/o reúso de las aguas negras, son deficientes o incluso no están presentes (Organización Mundial de la Salud, 2019, p. XII).

La falta de un saneamiento seguro tiene efectos muy negativos que representan un peligro para la salud pública y el desarrollo económico y sostenible de todas las personas. Acelerar el progreso en materia de saneamiento es imperante en la actualidad. Un importante desafío es garantizar el acceso de toda la población, a servicios de agua y saneamiento seguros, reconociendo la importancia que tienen para el cuidado de la salud pública, la superación de la pobreza, la dignidad humana, el desarrollo económico y la protección del medio ambiente (Oblitas, 2010, p.7)

Con la necesidad de contar con sistemas seguros y eficientes, la evaluación de los sistemas de saneamiento existentes, se convierte en una tarea obligatoria y de carácter prioritario, tal es el caso del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la Localidad de Shirac, ubicado en el Distrito de José Manuel Quiroz, Provincia de San Marcos, Región Cajamarca, construido en el año 2007 y ampliado en el año 2010; y que, estando próximo a cumplir su periodo de diseño no cuenta con estudios y/o evaluaciones que permitan determinar con exactitud las causas de las deficiencias que actualmente presenta y que causan malestar en la población usuaria.

La presente investigación “Evaluación Hidráulica del Sistema de Alcantarillado Sanitario de la Localidad De Shirac, San Marcos – Cajamarca”, evalúa hidráulicamente el sistema de alcantarillado sanitario en mención, bajos los lineamientos de diseño definidos en las Normas OS.070 y OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones, (2011) y sus modificatorias, para la problemática identificada brinda alternativas de solución que permitirán optimizar el sistema.

1.1.2 Descripción del problema.

En el Perú en el ámbito rural, existe una brecha importante de información referente a los sistemas de alcantarillado y al tratamiento de las aguas residuales que estos descargan, a la fecha se desconoce la cantidad de sistemas de alcantarillado y plantas de tratamiento existente en la zona rural del país, y por ende se desconoce la capacidad y condición operativa de los mismos. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2022, p.153).

En muchos distritos de la región Cajamarca existen sistemas de alcantarillado sanitario que han sido construidos y olvidados, pues desde su construcción, hasta la actualidad, no se han realizado acciones de monitoreo, inspección y/o mantenimiento lo que ha generado su colapso o un deficiente funcionamiento, lo mismo sucede con las pequeñas plantas de tratamiento de aguas residuales que reciben las aguas grises recolectadas, muchas de ellas están colapsadas, ya sea por problemas de mantenimiento y/o deterioro de estructuras, por aumento del caudal a tratar, porque fueron construidas en lugares inadecuados, porque las tecnologías instaladas no fueron las adecuadas para la zona, sea cual fuera la causa de esta problemática lo cierto es que estos sistemas son un foco de contaminación ambiental, y que a la brevedad posible se debe corregir.

En el Distrito de José Manuel Quiroz, Provincia de San Marcos, Departamento de Cajamarca, la localidad de Shirac, capital del distrito, cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario y una planta de tratamiento de aguas residuales, el sistema, construido en el año 2007,

está próximo a cumplir su periodo de diseño y como en otras muchas localidades del ámbito departamental y nacional el sistema presente múltiples deficiencias lo que ha generado descontento y malestar en la población quien reclama y solicita constantemente a las autoridades se realice un estudio técnico de la eficiencia del sistema y se determinen soluciones que permitan optimizar el sistema.

En atención a lo líneas arriba señalado, ante la preocupación de las autoridades del distrito y de la población, y concedores que el acceso a servicios de saneamiento seguros y eficientes impacta directamente en la salud y la calidad de vida de la población, contribuye a la mejora de la autoestima de las personas y a su inclusión en la sociedad, tiene efecto positivo en la educación, en la economía y en el ambiente; siendo los servicios de saneamiento, desde el punto de vista estratégico, el principal medio para el desarrollo sostenible, la conservación del medio ambiente, la presente investigación evalúa el SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD DE SHIRAC bajo los lineamientos técnicos definidos en las normas OS. 070 y la norma OS. 090 del Reglamento Nacional de Edificaciones, y a su vez con los resultados obtenidos determina alternativas que permitan su optimización y contribuyan al mejoramiento de la calidad de vida de sus usuarios.

1.1.3 Formulación del problema.

“El sistema de alcantarillado sanitario de la localidad de Shirac – San Marcos – Cajamarca, está próximo a cumplir su periodo de diseño, lo cual ocasiona deficiencias en su funcionamiento.”

1.2 Justificación e importancia de la investigación.

1.2.1 Justificación científica.

La presente investigación recopila información directa de campo (in situ) y está orientada a la interpretación y análisis del comportamiento hidráulico del sistema de alcantarillado

sanitario de la localidad de Shirac, la metodología utilizada, así como los resultados obtenidos servirán de base no solo para la presente investigación sino también para otras de características similares puesto que incrementa las bases teóricas y/o cuerpo de conocimientos que existe sobre el tema en estudio.

1.2.2 Justificación técnica - práctica.

La siguiente tesis está enfocada a describir el comportamiento hidráulico actual del sistema de alcantarillado sanitario de la localidad de Shirac, estima sus principales parámetros hidráulicos y los compara con los valores establecidos en las normas OS.070 y OS. 090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2011) y sus modificatorias, para determinar la operatividad y eficiencia del sistema, en tal sentido permite identificar las deficiencias del sistema y determina soluciones técnicas que permiten mejorar el servicio.

1.2.3 Justificación institucional y personal.

La presente investigación contribuye en el cumplimiento de la visión de la Universidad Nacional de Cajamarca la cual prioriza la realización de investigación científica orientada al desarrollo sostenible con énfasis en tema socio-ambiental.

Personalmente realizar esta investigación representa un hito fundamental en mi formación como profesional, contribuye y amplia mis conocimientos en la realización de una investigación científica y en la aplicación de los conocimientos teóricos a la práctica, además me permite obtener mi título profesional de Ingeniero Civil. La presente investigación también contribuirá a mejorar la salud de la población, su desarrollo económico, social y sostenible de la localidad de Shirac y contribuirá con la preservación del medio ambiente, dado que permitirá la optimización de su sistema de alcantarillado sanitario existente.

1.3 Delimitación de la investigación.

Esta investigación evalúa hidráulicamente el sistema de alcantarillado sanitario de la localidad de Shirac – San Marcos – Cajamarca. Toma como muestra la PTAR y 11 tramos estratégicos, que por similitud y características constructivas representan a todo el sistema, determina los valores de los principales parámetros hidráulicos de diseño de alcantarillados y los compara con los establecidos en las normas OS.070 y OS. 090 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2011) y sus modificatorias. El proyecto está restringido únicamente a una evaluación hidráulica por lo que no se realizaron evaluaciones estructurales.

1.4 Limitaciones.

- El proyecto está limitado a nivel de trabajo de investigación, por lo cual no cuenta con trámites como: Aprobación de planos, factibilidades y permisos ambientales.
- La investigación se realizó con medios económicos del investigador, por lo que para la evaluación se ha utilizado métodos manuales de medición de caudales en el aforo de colectores, para una mejor precisión se podría utilizar sensores de medición de caudales, pero que por cuestiones económicas no se pudo acceder.
- La municipalidad Distrital de José Manuel Quiroz – Shirac, no cuenta con planos actualizados del sistema de alcantarillado lo que ha dificultado la ubicación de buzones y demás estructuras de la red de recolección.

1.5 Objetivos.

1.5.1 Objetivo general.

Evaluar hidráulicamente el sistema de alcantarillado sanitario de la localidad de Shirac, San Marcos - Cajamarca.

1.5.2 *Objetivos específicos.*

- Describir el sistema de alcantarillado sanitario existente de la localidad en estudio.
- Estimar el coeficiente de rugosidad en el emisor y colectores principales del sistema de alcantarillado sanitario existente.
- Estimar el caudal máximo horario en el emisor y colectores principales del sistema de alcantarillado sanitario existente.
- Estimar la tensión tractiva en el emisor y colectores principales del sistema de alcantarillado sanitario existente.
- Estimar la velocidad en el emisor y colectores principales del sistema de alcantarillado sanitario
- Describir las unidades de tratamiento instaladas y su funcionamiento hidráulico de la PTAR.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes teóricos.

2.1.1 Antecedentes internacionales.

Ruiz (2022), en su trabajo de investigación “Diagnóstico y Evaluación del Sistema de Alcantarillado Sanitario en la Inspección de San Javier en el Municipio de la Mesa, Cundinamarca” para obtener el grado de Ing. Civil, ante la Universidad Santo Tomas en la ciudad de Bogotá-Colombia, identifica que la problemática actual del sistema de alcantarillado sanitario en estudio, teniendo en cuenta el análisis del cumplimiento de los parámetros en el cálculo hidráulico y la evaluación realizada, se debe a deficiencias en los parámetros requeridos de diseño, se identificaron tramos que no cumplen con los valores mínimos y/o máximos de recubrimiento permitido, con el parámetro de velocidad mínima de flujo y fuerza tractiva mínima, además existen tramos con flujo crítico, también se determina que otro de los factores que incide notablemente en la calidad de la prestación del servicio es la falta de mantenimiento de la red en general. Cabe aclarar que la evaluación se realiza bajo los lineamientos del Reglamento de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2017 de Colombia.

López y Gutiérrez (2021), en su trabajo de investigación “Diagnóstico y evaluación del Colector principal del sistema de Alcantarillado Combinado del municipio de Mistrató – Risaralda” para obtener el grado de Ing. Civil ante la Universidad Antonio Nariño en la Ciudad de Risaralda – Colombia, evalúa el colector principal como parte de la red de alcantarillado combinado del municipio de Mistrató, con el objetivo de diagnosticar su comportamiento hidráulico en estado actual y futuro en términos de capacidad, velocidad, fuerza tractiva y régimen de flujo, con los caudales de diseño y modelados en un régimen no uniforme y no permanente. Para cumplir con el objetivo propuesto los investigadores proceden a evaluar físicamente el estado

actual del colector, determinan la población usuaria actual y futura, realizan un estudio hidrológico y finalmente con los datos obtenidos efectúan la modelación hidráulica del colector por medio del software EPA SWMM, los resultados son comparados con lo establecido en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS de Colombia, pudiendo identificar que 9 tramos no cumplen con la capacidad hidráulica máxima (93%), se recomienda aumentar el diámetro de la tubería puesto que pueden causar el colapso de toda la red y 10 tramos no cumplen con el criterio de fuerza tractiva mínima (1 Pa), se recomienda realizar un mantenimiento periódico para evitar la colmatación de sedimentos.

Oscullo y Tipán (2016), en su trabajo de investigación, “Evaluación y Rediseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento para la Urb. Bohíos de Jatumpamba, Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha”, para optar el grado de Ing. Civil, ante la Escuela Politécnica Nacional, en la ciudad de Quito – Ecuador, evalúa el sistema de alcantarillado sanitario de la Urb. Bohíos, el cual está compuesto por una red de tubería de hormigón simple con una longitud aproximada de 8793 metros lineales, 53 pozos de inspección y una planta de tratamiento de aguas residuales, los resultado obtenidos, tomando en cuenta la eficiencia y los parámetros exigidos por la norma vigente TULSMA (Texto Unificado De Legislación Secundaria De Medio Ambiente del Ecuador), fueron: el 22.8 % de tramos no cumplen con la distancia máxima entre pozos de inspección (100 m), el 40.4 % tienen pendiente menor a la establecida (1%), el 66.7 % no cumple con la velocidad mínima de autolimpieza (0.35 m/s) y las estructuras de la planta de tratamiento (06 pozos sépticos) todos colapsados, como solución a la problemática identificada plantea el rediseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario. Los productos del nuevo diseño son planos de construcción, donde se plasmaron las mejores opciones técnicas por topografía, características de la urbanización, y el estudio presupuestario que se solvento en las mejores alternativas de trazo de

red y del sistema de tratamiento, considerando el cumplimiento de normativas y la optimización del costo.

2.1.2 Antecedentes nacionales.

Porta (2021) para obtener el grado de Ing. Civil sustentó su tesis, “Evaluación del Alcantarillado Sanitario del Anexo Ancalahuata para Determinar su Comportamiento en Estado Crítico”, ante la Universidad Peruana los Andes, en la ciudad de Huancayo – Perú, con la finalidad de determinar si el alcantarillado sanitario del anexo Ancalahuata tendrá un comportamiento eficiente en su estado crítico, para ello evalúa pendientes, caudales, velocidades y tensión tractiva de todos los tramos de la red, también evalúa la distancia entre buzones y la profundidad de los mismos, así como los diámetros de las tuberías, los datos obtenidos los compara con los lineamientos técnicos de la norma OS. 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, luego de comparar y analizar los resultados obtenidos concluye que el comportamiento del sistema de alcantarillado sanitario del anexo Ancalahuata en su estado crítico es deficiente, esto debido a que existen 15 tramos de red que no cumplen con la velocidad mínima de 0.60 m/s, 8 tramos de red donde la tensión tractiva es menor a la mínima establecida que es de 1 Pa y 15 tramos no cumplen con el caudal mínimo de 1.5 l/s en las tuberías (para evitar la pérdida de capacidad y la formación de sedimentos en las tuberías).

Aguilar (2018) en su trabajo de investigación “Implementación de un Sistema Integral de Tratamiento de Aguas Residuales; Distrito de Huari – Huari – Ancash”, para optar el título de Ing. Civil, ante la Universidad Privada del Norte, en la ciudad de Lima – Perú, luego de realizados estudios poblacionales, caracterización del agua a tratar y estudios de campo, identificados los principales parámetros de diseño: Caudal de diseño 13.54 L/s, DBO5 250 mg/l, DQO 450 mg/l, SST 29 mg/l, Solidos Sedimentables 3.0 ml/L/h, aceites y grasas 25.1 mg/l y coliformes termo-

tolerantes NMP/100ml $1.7E+07$, propone una planta de tratamiento con las siguientes opciones tecnológicas: Pretratamiento (cámara de rejas gruesas y finas); Tratamiento Primario (Tanque Imhoff, Lecho de Secado); Tratamiento Secundario (Filtros percoladores, Sedimentadores Secundarios y Lecho de Secado para Sedimentador); y Lagunas Facultativas (como Tratamiento de Patógenos y Parásitos) y luego de realizar un balance de masas entre los parámetros resultantes del sistema integral de tratamiento de agua residual (efluente del SITAR) y los parámetros de la caracterización del cuerpo receptor concluye que la estructura proyectada es adecuada y el efluente final cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) señalados en la en la norma, en este caso el “Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM”.

Montenegro, (2017) en su trabajo de investigación “Evaluación Tecnológica del Proyecto Instalación del Sistema de Alcantarillado en las Localidades Santa Clara y Pativilca Pitipo-Ferreñafe-Lambayeque Según Norma Os.070” para optar el título de Ing. Civil, ante la Universidad Nacional de Cajamarca, en la Ciudad de Cajamarca – Perú, evalúa los parámetros hidráulicos del colector principal y tramos representativos del sistema de alcantarillado sanitario de las Localidades Santa Clara y Pativilca, como resultado identifica que el sistema no cumple con lo establecido en la norma OS. 070 del Reglamento Nacional de Edificaciones en lo que respecta a la capacidad de autolimpieza, tanto el colector principal como los tramos representativos poseen valores de Tensión Tractiva menor a 1 Pa (valor mínimo según norma), por lo que el sistema presentará problemas de sedimentación en corto tiempo, para evitar el colapso de la red debido a esta problemática identificada recomienda un mantenimiento constante en todo el sistema de alcantarillado utilizando cisternas con agua no potable, ésta se aplicara en los puntos más altos (buzones de arranque), con la finalidad de empujar y limpiar los sólidos que están sedimentados en las redes.

2.1.3 Antecedentes locales.

Cerquin, (2013) en su trabajo de investigación “Evaluación de la Red de Alcantarillado del Jirón la Cantuta en la Ciudad de Cajamarca” para optar el título de Ing. Civil, ante la Universidad Nacional de Cajamarca, en la ciudad de Cajamarca – Perú, evalúa las estructuras de la red de alcantarillado sanitario existente en el jirón la Cantuta, los resultados obtenidos fueron: De 14 buzones 2 tienen una profundidad menor a la mínima (1.20 m para este caso), 3 se encuentran sedimentados y 2 parcialmente colapsados; un tramo no cumple con la tensión tractiva y pendiente mínima ($\sigma_{\tau}=1\text{Pa}$); cinco tramos tienen una velocidad por debajo de la mínima (0.6m/s); existe un tramo donde la distancia entre buzones es mayor a la establecida en la norma (80 m para este caso), concluyendo que la red de alcantarillado sanitario existente en el jirón la Cantuta es deficiente hidráulicamente, propone como solución la combinación del sistema convencional y condominial en el tramo inicial.

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Agua residual.

Desecho líquido que se genera a partir de residuos líquidos domésticos, urbanos, agrícolas, pluviales o industriales y que contienen material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión. Se les conoce como residuales, porque ya han sido utilizadas y constituyen un residuo del primer uso, por lo que deben ser conducidas hacia un lugar seguro y recibir un tratamiento para ser evacuadas a un receptor sin riesgo alguno, son negras por el color que habitualmente toman (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2011, p.175).

Las aguas residuales, de acuerdo con su procedencia se clasifican en:

Agua residual doméstica: Proviene de las actividades domésticas. Este tipo de agua está constituida por sólidos suspendidos (materia orgánica degradable), sólidos sedimentables (materia inorgánica), nutrientes (nitrógeno y fósforo) y organismos patógenos. (López 1995, p.165).

Agua residual industrial: Proviene de las actividades industriales y/o manufactureras y, debido a su origen, pueden contener, además de los componentes mencionados anteriormente respecto al agua residual doméstica, elementos pesados tales como plomo, mercurio, níquel, cobre y otros. Este tipo de agua dependiendo de sus componentes requiere de un tratamiento previo antes de ser vertida al sistema de alcantarillado (López 1995, p.165).

Agua pluvial: Es el agua de las precipitaciones y, debido a su efecto de lavado sobre tejados, pavimentos y suelos puede contener una gran cantidad de sólidos en suspensión; en zonas de elevada contaminación atmosférica puede contener algunos metales pesados y otros elementos químicos. (López 1995, p.165).

Agua residual municipal: Se define como la combinación de aguas residuales domésticas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial, siempre que estas no superen valores máximos admisibles (VMA) para descargas de aguas residuales (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2011, p.175).

2.2.2 Sistemas de alcantarillado.

Son los sistemas encargados de la evacuación de las aguas residuales. Se define como el conjunto de conductos y estructuras complementarias diseñadas para recibir, evacuar, transportar y disponer las aguas residuales de manera eficiente y segura desde su origen hasta un punto de vertimiento (Pérez, 2013, p.3).

Los sistemas de alcantarillado pueden ser de dos tipos: convencionales y no convencionales.

a) Alcantarillados convencionales.

Los sistemas convencionales se clasifican de acuerdo al tipo de agua residual que conducen en:

- ***Alcantarillado sanitario:*** Es aquel que se diseña exclusivamente para recibir las aguas residuales domésticas, industriales o municipales, con el objetivo de conducir las hasta una planta de tratamiento (Sánchez, 1995, p.25).
- ***Alcantarillado pluvial:*** Es aquel que se proyecta específicamente para captar la escorrentía superficial producida por las aguas de lluvia y conducirla a un lugar seguro donde no causen molestias ni daños a la localidad (Sánchez, 1995, p.25).
- ***Alcantarillado combinado:*** Es aquel sistema de alcantarillado diseñado para recibir, captar y conducir por la misma red de conductos tanto las aguas residuales domésticas, industriales y pluviales (Sánchez, 1995, p.25).

b) Alcantarillados no convencionales.

Se clasifican según el tipo de tecnología aplicada y en general se limitan a la evacuación de las aguas residuales domésticas. Dentro estos sistemas tenemos: Alcantarillado simplificado, alcantarillados condominiales, alcantarillados por vacío, alcantarillado por presión y alcantarillados sin arrastre de sólidos (Comisión Nacional del Agua, 2009, p.5).

2.2.3 Componentes de un sistema de alcantarillado.

Un sistema de alcantarillado ya sea sanitario, pluvial o combinado consta de: redes de recolección, estructuras complementarias y/o planta de tratamiento, esta última por sus características, complejidad de diseño y construcción son objetos de un proyecto en especial (Sánchez, 1995, p.26)

a) Redes de recolección.

Se denomina como redes de recolección al conjunto de tuberías por las que son conducidas las aguas residuales generadas en las viviendas hasta la planta de tratamiento y/o cuerpo receptor. La red se inicia con la **descarga domiciliaria o albañal** a partir del paramento exterior de las edificaciones. Seguidamente se tienen las **atarjeas**, ubicadas generalmente al centro de las calles, las cuales van recolectando las aportaciones de los albañales. Las atarjeas dependiendo de la complejidad de la red descargan el agua recolectada a un **sub colector** o directamente a un **colector**, tubería principal que se localiza principalmente en las partes bajas de la localidad, recibe los caudales de los anteriores y los conduce hasta la parte final de la zona urbana donde se iniciará el **interceptor o emisor**, dependiendo el modelo de configuración adoptado. El **Emisor** es la tubería que recibe las aportaciones de los colectores o interceptores, no recibe ninguna aportación adicional en su trayecto y su función es transportar la totalidad de las aguas captadas por el resto de la red hasta la entrada de la **planta de tratamiento**. También se le conoce como emisor a la tubería que lleva las aguas tratadas (efluente) de la planta de tratamiento hasta la **estructura de descarga** (CONAGUA, 2019, pp.2-10).

b) Estructuras complementarias.

- **Pozos de visita o cámaras de inspección:** Son estructuras que permiten la inspección, mantenimiento, ventilación y limpieza de la red de Alcantarillado (CONAGUA, 2019, p.42).

Las cámaras de inspección podrán ser cajas de inspección, buzonetas y/o buzones de inspección.

Cajas de inspección: “Son las cámaras de inspección que se colocan en el recorrido de los ramales colectores, destinadas para inspección y mantenimiento del mismo (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2011, p.169).

Buzoneta: “Se utilizan en las tuberías principales, cuando la profundidad sea menor de 1.00 m sobre la clave del tubo. Se proyectarán para tuberías principales de hasta 200 mm de diámetro. El diámetro de las buzonetas será de 0.60 m” (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2011, p.169).

Buzón: Se utilizarán para profundidades mayores a un 1.0 m sobre la clave de la tubería. Los buzones tendrán un radio interno de 0.60 m para tuberías de hasta 32 pulgadas de diámetro y de 0.75 m para tuberías de 48 pulgadas de diámetro. El techo de los buzones deberá contar con una tapa de ingreso de 0.30 cm de radio (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2011, p.169).

Estructura de descarga: Estructura final del emisor que permite evacuar las aguas residuales a un cuerpo receptor; puede ser de dos tipos, recta y esviada (Comisión Nacional del Agua, 2009, p.3).

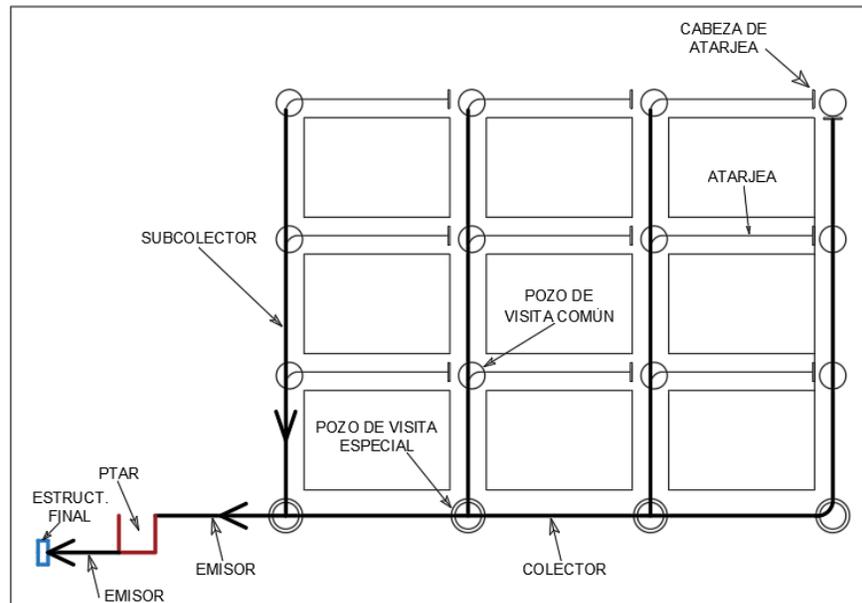
De acuerdo a la complejidad del sistema también pueden estar presentes las siguientes estructuras: Estructuras de caída, estaciones de bombeo, sifones invertidos, pases aéreos entre otras que estarán en relacionadas a la topografía del terreno

c) Planta de tratamiento.

Estructuras y procesos que permiten la depuración de aguas residuales. Estructuras donde se reduce la contaminación de las aguas residuales quitándoles su poder nocivo, están implementadas con tecnologías y sistemas de tratamiento para cumplir con dicha función.

Figura 1

Partes de un sistema de alcantarillado



NOTA. Adaptada de (Sánchez, 1995, p.27)

2.2.4 Disposiciones para la ubicación de tuberías y estructuras complementarias.

No existe una regla general para la disposición de la red de alcantarillado, ya que esta se debe ajustar a la configuración topográfica de la localidad, pero si existen especificaciones para la ubicación e instalación de tuberías y estructuras complementarias, estas disposiciones son dadas por reglamentos o documentos normativos elaborados por cada país de acuerdo a sus necesidades, en el Perú estas disposiciones son establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones específicamente en la Norma OS.070.

- Las cajas de inspección o cámaras de inspección se ubicarán en los siguientes casos:
 - Al inicio de los tramos de arranque del ramal colector de aguas residuales.
 - En el cambio de dirección del ramal colector de aguas residuales.
 - En un cambio de pendiente de los ramales colectores.
 - En lugares donde se requieran por razones de inspección y limpieza.

- Los buzones y buzonetas se proyectarán en todos los lugares donde sea necesario por razones de inspección, limpieza y en los siguientes casos:
 - En el inicio de todo colector.
 - En todos los empalmes de colectores.
 - En los cambios de dirección.
 - En los cambios de pendiente.
 - En los cambios de diámetro.
 - En los cambios de material de las tuberías.
- Cuando haya la necesidad de aumentar o disminuir el diámetro, las buzonetas y/o buzones se construirán de forma tal que las tuberías coincidan en la clave, en el caso de aumento de diámetro y en el fondo cuando haya una disminución del diámetro.
- Para el caso de tuberías de diámetro inferior a los 40 cm, si el diámetro inmediato aguas abajo por condiciones de aumento de pendiente puede transportar el mismo caudal en menor diámetro, no se permitirá esta reducción, si no que se deberá continuar con el mismo del tramo anterior.
- Se colocará un dispositivo de caída en los buzones cuando las tuberías lleguen a una altura mayor a 100 cm con respecto del fondo del buzón.
- La distancia entre cámaras de inspección y limpieza consecutivas están en función del diámetro de la tubería y por el alcance de los equipos de limpieza. Para el caso de las tuberías principales la separación será de acuerdo a la Tabla 1.

Tabla 1

Distancia entre cámaras de inspección y limpieza

DIAMETRO NOMINAL DE LA TUBERIA (mm)	DISTANCIA MÁXIMA (m)
100 - 150	60
200	80
250 - 300	100
Diámetros mayores	150

NOTA. Tomada de (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2011, p.169)

2.2.5 Diseño Hidráulico de los Alcantarillados

2.2.5.1 Cálculo hidráulico de los colectores.

Los colectores de cualquier tipo de alcantarillado son diseñados para trabajar a flujo libre por gravedad. Considerando que el flujo en las tuberías de alcantarillado será uniforme y permanente, donde el caudal y la velocidad media permanecen constantes en una determinada longitud de conducto, para los cálculos hidráulicos se pueden emplear las siguientes ecuaciones (CEPIS, OPS, & OMS, 2005, p.25).

- De la continuidad.

La ecuación de continuidad para un escurrimiento continuo permanente es:

$$Q = V(A) \tag{1}$$

Q: Caudal, en m³/s

A: Área Transversal del flujo, en m²

V: Velocidad, en m/s

- ***De Manning.***

La ecuación aplicada a tubería es:

$$V = \frac{1}{n} * R_h^{2/3} * S^{1/2} \quad (2)$$

n: Coeficiente de rugosidad, en s/m^{1/3}

R_h: Radio Hidráulico, en m.

S: Pendiente del gradiente hidráulico, adimensional

V: Velocidad, en m/s

- ***Coefficiente de rugosidad (n).***

El coeficiente de rugosidad es un parámetro el cual determina la resistencia al flujo de un canal determinado, su valor es variable y depende de una serie de factores como: la capa de película biológica que se forma en el interior del conducto, el número de albañales, cajas de registro y otras instalaciones complementarias que interfieren en el flujo permaneciendo invariables, independientemente del material del conducto (CEPIS, OPS, & OMS, 2005, p.26).

Para el diseño de alcantarillas nuevas y en la comprobación de la capacidad de alcantarillas existentes bien construidas el valor a adoptar será de n = 0.013 se deberá emplear incluso con tuberías de materiales relativamente lisos como PVC o arcilla vitrificada. Deberán utilizarse valores superiores de “n” en alcantarillas ya construidas, en las cuales se aprecie alguna de las siguientes observaciones: desgaste considerable, desviaciones en las alineaciones y pendientes, cambios en de las dimensiones interiores, acumulación sedimentos y construcción de baja calidad (CEPIS, OPS, & OMS, 2005, p.26).

Tabla 2

Coefficientes de rugosidad – Vierendel.

Material	n
Cerámica Vitrificada	0.010
Asbesto Cemento	0.010
Plástico PVC	0.010
Concreto	0.013
Acero	0.015

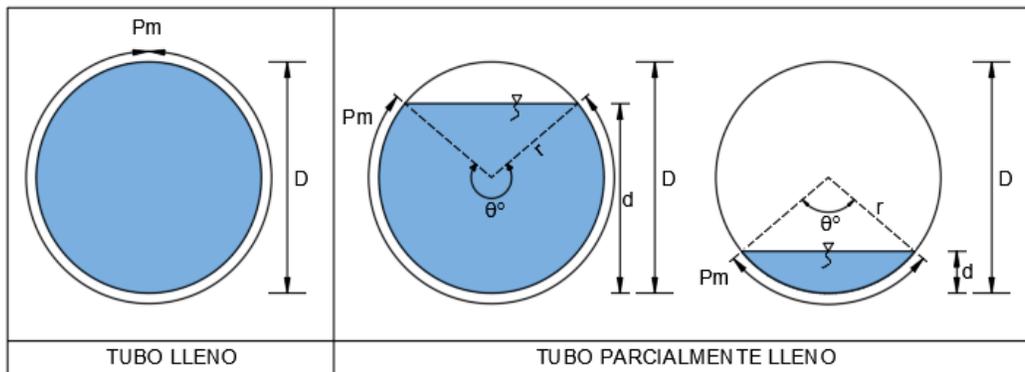
NOTA. Adaptada de (Vierendel, 2009, p.124).

- **Radio hidráulico.**

Para determinar el radio hidráulico es necesario conocer el área hidráulica y el perímetro mojado de la sección de la tubería.

Figura 2

Área y perímetro mojado de una sección circular.



NOTA. Adaptada de (Nogales & Quispe, 2009, p.46)

El **Radio hidráulico** se puede determinar mediante la siguiente expresión

$$R_h = \frac{A}{P_m} \quad (3)$$

Para tubo completamente lleno, **el área, el perímetro mojado y el radio hidráulico** quedan definidos por las siguientes ecuaciones:

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (4)$$

$$P_m = \pi * D \quad (5)$$

$$R_h = \frac{A}{P_m} = \frac{\frac{\pi * D^2}{4}}{\pi * D} = \frac{D}{4} \quad (6)$$

Para tubo completamente lleno, la fórmula de Manning se expresaría de la siguiente forma:

$$V = \frac{0.397}{n} * D^{2/3} * S^{1/2} \quad (7)$$

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

Para tubo parcialmente lleno, **el área, el perímetro mojado y el radio hidráulico** se pueden determinar utilizando las siguientes ecuaciones (CONAGUA, 2019, p.104).

$$\theta = 2 * \text{Cos}^{-1} \left(1 - \frac{2d}{D} \right) \quad (9)$$

$$d = \frac{D}{2} * \left(1 - \text{Cos} \frac{\theta}{2} \right) \quad (10)$$

$$P_m = \theta * \frac{D}{2} \quad (11)$$

$$R_h = \frac{D}{4} * \left(\frac{\theta - \text{Sin} \theta}{\theta} \right) \quad (12)$$

$$A = \frac{D^2}{8} * (\theta - \text{Sin} \theta) \quad (13)$$

P_m : Perímetro mojado, en m.

A: Área hidráulica, en m²

R_h : Radio hidráulico, en m

d: Tirante hidráulico, en m.

θ : Ángulo, en radianes.

D: Diámetro interno de la tubería, en m

V: Velocidad, en m/s

Q: Caudal, en m³/s

- ***Tirante hidráulico***

El **tirante hidráulico** es la altura de la lámina del agua entre la cota de fondo y cota de espejo de agua en la tubería. La altura de la lámina de agua debe ser siempre calculada admitiendo un régimen de flujo uniforme y permanente, siendo el valor máximo para el caudal final, igual o inferior a 75% del diámetro del colector, no permitiéndose en ningún momento que la alcantarilla trabaje a presión (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2011, p.168).

2.2.5.2 Criterios de diseño de los colectores

El diseño de un sistema de alcantarillado por gravedad se realiza considerando que, durante su funcionamiento, se debe cumplir la condición de autolimpieza para evitar la acumulación de arena y otras sustancias sedimentables (heces y otros productos de desecho) en las tuberías. Por los buenos resultados obtenidos de su aplicación se recomienda el uso de los siguientes criterios (CEPIS, OPS, & OMS, 2005, p.24).

- ***Criterio de la velocidad***

Este criterio se basa en controlar los valores mínimos y máximos de la velocidad en las tuberías dentro de un rango especificado que de acuerdo a estudios y experimentos realizados proporcionan resultados satisfactorios en el funcionamiento de los sistemas de alcantarillado. El cálculo de la velocidad mínima, es para evitar la deposición excesiva de materiales sólidos, y la de la velocidad máxima, es para evitar que ocurra la acción abrasiva de las partículas sólidas transportadas por las aguas residuales.

Velocidad mínima permisible

La determinación de la velocidad mínima del flujo es fundamental, porque puede utilizarse para verificar la autolimpieza de las tuberías en las horas, cuando el caudal de aguas residuales es mínimo y la probabilidad de acumulación de sólidos es máxima. Por otro lado, es fundamental para minimizar las pendientes de las redes colectoras, especialmente en áreas planas, lo que supone menores excavaciones y una reducción de costos. Los alcantarillados deben diseñarse con una velocidad mínima de 0,60 m/s (CEPIS, OPS, & OMS, 2005, p.27).

Velocidad máxima permisible

“La acción sobre la tubería es el factor más importante a efecto de la determinación de la velocidad máxima de las aguas residuales” (CEPIS, OPS, & OMS, 2005, p.29).

Por tanto, es recomendable calcular la máxima pendiente admisible para una velocidad final $V_f = 5$ m/s. Por otro lado, la velocidad final máxima permisible no debe ser superior a la velocidad crítica, en caso sea mayor, la altura máxima de lámina líquida admisible debe ser 0,5 del diámetro del colector, asegurando la ventilación del tramo. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2011, p.168).

La velocidad crítica viene dada por:

$$V_C = 6 * \sqrt{g * R_h} \quad (14)$$

V_C : Velocidad Crítica, en m/s.

R_h : Radio hidráulico, en m

g : Aceleración de la gravedad, m/s²

Vierendel, (2009,p.125) indica que la velocidad máxima permisible esta de acuerdo al material de la tubería y propone los siguientes valores.

Tabla 3

Velocidad máxima permisible - Vierendel.

Material	Velocidad en m/s
Cerámica Vitrificada	5
Asbesto Cemento	3
PVC	3
Concreto	3
Acero	5

NOTA. Adaptada de (Vierendel, 2009, p.125)

- Criterio de la tensión tractiva

Se considera que este método es el más práctico para calcular alcantarillas dado que toma en cuenta la configuración y la sección mojada del conducto. Su aplicación permite el control de la erosión, la sedimentación y la producción de sulfuros, principalmente, en zonas de topografía plana, donde la aplicación del criterio de velocidad mínima arroja resultados menos ventajosos en términos de diámetro, pendiente y profundidad de tuberías (CEPIS, OPS, & OMS, 2005, pp.30,31).

La tensión tractiva o fuerza de arrastre (τ), es la fuerza tangencial por unidad de área mojada ejercida por el flujo de aguas residuales sobre un colector y en consecuencia sobre el material depositado (CEPIS, OPS, & OMS, 2005, p.31).

La tensión tractiva mínima para los sistemas de alcantarillado deberá tener como valor mínimo $\tau = 1$ Pa. Para determinar la Tensión Tractiva podemos utilizar la ecuación 15.

$$\tau = \rho * g * R_h * S \quad (15)$$

τ : Tensión tractiva de arrastre, en Pa

ρ : Densidad del agua residual, en kg/m^3

g : Gravedad, en m/s^2

R_h : Radio hidráulico, en m

S : Pendiente, en m/m

En la presente investigación determinaremos la densidad del agua residual por medio de la fórmula 16.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (16)$$

ρ : Densidad del agua residual, en kg/m^3

m : Masa del agua Residual, en Kg

V : Volumen del agua Residual, en m^3

Pendiente mínima admisible.

La pendiente mínima admisible sera calculada en función a la tensión tractiva. Cada tramo debe ser verificado por el criterio de Tensión Tractiva Media ($\sigma\tau$) con un valor mínimo de $\sigma\tau = 1.0$ Pa, calculada para el caudal inicial (Q_i), valor correspondiente para un coeficiente de Manning $n = 0.13$. La pendiente mínima que cumple esta condición puede ser calculada aplicando la siguientes ecuaciones (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2011, p.168).

$$S = \frac{1}{\rho * g * R_h} \quad (17)$$

$$S_0 = 0.0055 * Q_i^{-0.47} \quad (18)$$

$S_{0\text{min}}$: Pendiente mínima, en m/m

Q_i : Caudal inicial, en l/s

Pendiente máxima admisible.

La pendiente máxima admisible será calculada para la velocidad máxima permisible.

2.2.5.3 Selección del diámetro de los colectores.

La elección de diámetro estará en función de las velocidades permisibles, aprovechando al máximo la capacidad hidráulica del tubo trabajando a superficie libre. Los diámetros mínimos de las redes de recolección no están dictados por los requerimientos hidráulicos, sino, para evitar la obstrucción y facilitar la limpieza de las mismas. El Reglamento Nacional de Edificaciones (2011) señala que los diámetros nominales de las tuberías no deben ser menores de 10 cm y los colectores principales tendrán un diámetro mínimo de 16 cm.

2.2.6 Aforo de colectores.

El aforo de las tuberías principales y demás en una red colectora constituye la base para la evaluación hidráulica del sistema de alcantarillado, nos proporciona una visión inmediata del comportamiento del fluido en los conductos a estudiar. Existen dos formas de medir el caudal en los colectores, la medición del tipo manual y la medición con medidores automáticos, bajo el punto de vista práctico el margen de error entre ambas formas es mínimo, teniéndose como único inconveniente para la medición manual el uso intensivo de personal y una supervisión constante para evitar al máximo errores de tipo humano (De Los Rios, 2000, p. 4).

2.2.6.1 Método manual de aforo.

Consiste en obtener datos básicos para reemplazarlos en las ecuaciones de flujo estudiadas en el ítem 2.2.1.5: velocidad del flujo, diámetro, tirante o altura de agua en el conducto y pendiente del tramo escogido.

a) Cálculo de velocidades.

- Velocidad superficial.

La velocidad superficial de la corriente de un canal o río se puede determinar por el método de los flotadores. Este método se fundamenta en que los objetos adquieren la misma velocidad que

el agua, en la cual flotan, por consiguiente, medir la velocidad del objeto flotante es medir la de la línea de flujo en la cual se mueven. La velocidad superficial se obtendrá midiendo el tiempo que tarda un flotador en recorrer una distancia conocida (Chamorro, 2011, p.5)

$$V_s = \frac{L}{T} \quad (19)$$

L: Distancia que recorre el flotador en m

T: Tiempo que demora en recorrer el flotador la distancia L en Seg.

V_s: Velocidad Superficial en m/s

- ***Velocidad media en la vertical.***

La velocidad del agua en la superficie de un conducto no es igual a la velocidad en el fondo del mismo, varía de acuerdo a la profundidad, esto debido a factores como: características de la sección transversal, rozamiento, viscosidad y alineación de la corriente (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 1991, p.3).

La velocidad media es la velocidad corregida del flujo y es igual a la velocidad superficial multiplicada por un coeficiente de corrección, de acuerdo a los hidrólogos este coeficiente varía de 0.75 a 0.90, se debe adoptar un valor comprendido entre este rango de acuerdo a las características observadas en campo (Chamorro, 2011, p.10).

Según King, (1981) citado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, (1991) sugiere utilizar un coeficiente de 0.90 puesto que es el promedio de cientos de observaciones realizadas.

$$V_m = V_s * C \quad (20)$$

C: Coeficiente de Corrección

V_s: Velocidad Superficial en m/s

V_m: Velocidad Media en m/s

b) Cálculo de tirantes.

La medición de tirantes de agua en el conducto puede obtenerse manualmente, midiendo físicamente el tirante de agua sobre el fondo del conducto, utilizándose para tal fin tubos o reglas graduadas. Es importante verificar que no se produzca resalto en el momento de contacto de la regla con el agua, para evitar distorsión en la lectura del tirante.

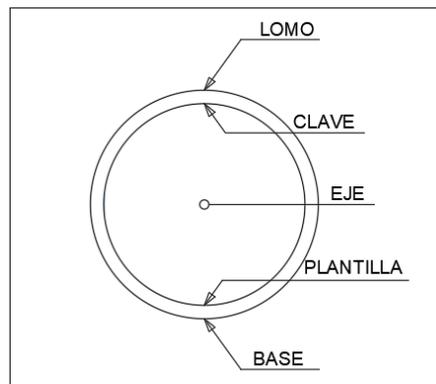
c) Cálculo de pendientes.

Para determinar la pendiente de las tuberías es necesario conocer la cota de la plantilla o del lomo en el inicio de la tubería y la cota de la plantilla o lomo al final de la misma, mediante una resta simple obtendremos el desnivel (Z) entre ambos puntos, también será necesario conocer la longitud inclinada de la tubería (Li) y por medio del teorema de Pitágoras obtendremos la distancia horizontal (LH), la pendiente (S) estará dada por la ecuación 21.

$$S = \frac{LH}{Z} \quad (21)$$

Figura 3

Partes de una Tubería



NOTA. Tomada de (Sánchez, 1995, p.38).

2.2.7 Operación y mantenimiento de colectores y cámaras de inspección

El Reglamento Nacional de Edificaciones en la norma OS.0100 establece lo siguiente:

- Debe realizarse inspección y limpieza periódica anual de los colectores y cámaras de inspección, para evitar posibles atascos por acumulación de sedimentos u otros. Todo atoramiento que se produzcan deberá ser atendido a la brevedad posible utilizando herramientas, equipos y métodos adecuados.
- Deberá elaborarse periódicamente informes y cuadros de las actividades de mantenimiento, a fin de conocer el estado de conservación y condiciones del sistema.

2.2.8 Planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR)

Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), son infraestructuras donde se reduce la contaminación de las aguas residuales, están implementadas con tecnologías y sistemas de tratamiento para cumplir con su función, su objetivo principal es que el efluente final de dicho tratamiento pueda ser vertido a los ríos, quebradas u otro receptor bajo las normas de calidad del cuerpo receptor o las normas de reutilización (Ministerio del Ambiente, 2009, p.20).

2.2.8.1 Sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales son un conjunto integrado de operaciones y procesos físicos, químicos y biológicos, que se utilizan para depurar las aguas residuales. La complejidad del sistema de tratamiento está en función del grado de depuración que se requiere para el efluente resultante de dicho tratamiento. Dado que existen gran cantidad de tecnologías y procesos para tratar de las aguas residuales es común hablar de niveles de tratamiento, los cuales han sido clasificados como: preliminar o pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario o avanzado (Ministerio del Ambiente, 2009, p.20).

a) Tratamiento preliminar.

Tiene como propósito atrapar los sólidos gruesos y sólidos finos con densidad mayor al agua y arenas, con la finalidad de facilitar el tratamiento sucesivo. Estas unidades, en ocasiones no

son consideradas en el diseño de las plantas de tratamiento, sin embargo, son muy importantes para evitar problemas por el paso de arena, basura, plásticos, etc., hacia los procesos de tratamiento propiamente dichos (Ministerio del Ambiente, 2009, p.20).

Las unidades de tratamiento preliminar que se pueden utilizar son las cribas y los desarenadores acompañados obligatoriamente de un medidor de caudal de régimen crítico, pudiendo ser del tipo Parshall o Palmer Bowlus, no se aceptará el uso de vertederos. Las consideraciones generales, así como los criterios mínimos de diseño para su dimensionamiento las encontramos en la norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones 2011 y sus modificatorias.

b) Tratamiento primario

Es el tratamiento que permite remover material en suspensión, excepto material coloidal o sustancias disueltas presentes en el agua. Así, la remoción del tratamiento primario permite quitar entre el 60 a 70% de sólidos suspendidos totales y hasta un 30% de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) (Ministerio del Ambiente, 2009, p.20).

De acuerdo con el Reglamento Nacional de Edificaciones, (2011) los procesos para este tipo de tratamiento pueden ser: Tanques Imhoff, de sedimentación y de flotación.

- Tanques imhoff

Los tanques Imhoff son unidades de tratamiento primario diseñados para comunidades con un máximo de 5000 habitantes, integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos en la misma unidad, tienen una operación sencilla y no requieren de partes mecánicas, sin embargo para su correcto funcionamiento es necesario que las aguas residuales, antes de ingresar al tanque, pasen por un tratamiento preliminar y luego de este, pasen hacia una laguna facultativa para lograr

una remoción eficiente de sólidos suspendidos y microorganismos, adicional a estas estructuras deberá ser equipado con lechos de secado (CEPIS, OPS, & OMS, 2005, p.11).

El tanque Imhoff típico es una estructura de forma rectangular y se divide en tres compartimentos: Cámara de sedimentación, cámara de digestión de lodos y área de ventilación y acumulación de natas, para su dimensionamiento y diseño se seguirán los criterios definidos en la Norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones 2001 y sus modificatorias.

Para el diseño de la **zona de sedimentación** se utilizará los siguientes criterios:

- a) El área para el tratamiento se dimensionará con una carga superficial de $1 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ calculado de acuerdo con el caudal medio.
- b) El tiempo de retención nominal será de 90 a 150 minutos. La profundidad estará dada por el producto de la carga superficial y el tiempo de retención.
- c) La sección transversal del fondo del tanque tendrá la forma de V con una inclinación, con respecto al eje horizontal, de 50 a 60 grados.
- d) Para el paso de los sólidos se dejará en la arista central una abertura de 0.15 m a 0.20 m. cualquiera de los lados deberá prolongarse para impedir el paso de los gases hacia el sedimentador; la proyección horizontal de esta prolongación debe de ser de entre 0.15 m a los 0.20 m.
- e) Se deberá dejar 0.30 m como borde libre mínimo.
- f) Las estructuras de entrada y salida, así como otros criterios de diseño, serán iguales a los de sedimentadores rectangulares convencionales.

✓ *Caudal de diseño (Q_p , en m^3/h)*

$$Q_p = \frac{\text{Población} * \text{Dotación}}{1000} * \% \text{Contribución}$$

(22)

Dotación, en L/Hab/día

✓ *Área del sedimentador (A_s , en m^2)*

$$A_s = \frac{Q_p}{C_s} \quad (23)$$

C_s : Carga Superficial, igual a un $1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{hora})$

✓ *Volumen del sedimentador (V_s , en m^3)*

$$V_s = Q_p * R \quad (24)$$

R : Tiempo de Retención Hidráulica, en horas.

✓ *Longitud mínima del vertedero de salida (L_v , en m)*

$$L_v = \frac{Q_{max}}{Ch_v} \quad (25)$$

Q_{max} : Caudal máximo diario de diseño, en m^3 .

Ch_v : Carga hidráulica sobre el vertedero, estará entre 125 a 500 $m^3(m \cdot \text{día})$

Para el diseño del **compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos** se tendrá en cuenta los siguiente:

- a) El volumen de lodos se calculará considerando la disminución del 50% de sólidos volátiles, con una densidad de 1.05 kg/l y un contenido promedio de sólidos de 12.5 % (al peso). El compartimiento será diseñado para almacenar los lodos durante el proceso de digestión de acuerdo a la temperatura. Se usarán los siguientes valores:

Tabla 4

Temperatura – tiempo de digestión de lodos.

TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE DIGESTIÓN (DÍAS)
5	110
10	76
15	55
20	40
25	30

NOTA. Tomada de (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2011, p.184)

- b) También se podrá determinar el volumen del compartimiento de lodos considerando un volumen de 70 l/hab para la temperatura de 15°C. Para temperaturas diferentes este volumen se multiplicará por un factor de capacidad relativa de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 5

Temperatura – factor de capacidad relativa.

TEMPERATURA (°C)	FACTOR DE CAPACIDAD RELATIVA
5	2,0
10	1,4
15	1,0
20	0,7
25	0,5

NOTA. Tomada de (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2011, p.184).

- c) Los lodos tendrán una altura máxima de 0.50 m por debajo del fondo del sedimentador.
- d) El fondo tendrá forma de un tronco de pirámide, las paredes tendrán una inclinación de 15 a 30 grados, con respecto a la horizontal.

Para la **remoción de lodos digeridos** se tendrán en cuenta las siguientes recomendaciones:

- a) Las tuberías de remoción tendrán un diámetro mínimo de 20 cm.

- b) La tubería de remoción se colocará a 0.15 m por encima del fondo del tanque.
- c) Para la remoción hidráulica del lodo se requiere como mínimo una carga hidráulica de 180 cm.

✓ *Volumen de almacenamiento y digestión (Vd, en m³)*

$$Vd = \frac{70 * P * f_{cr}}{1000} \quad (26)$$

F_{cr}: Factor de capacidad relativa

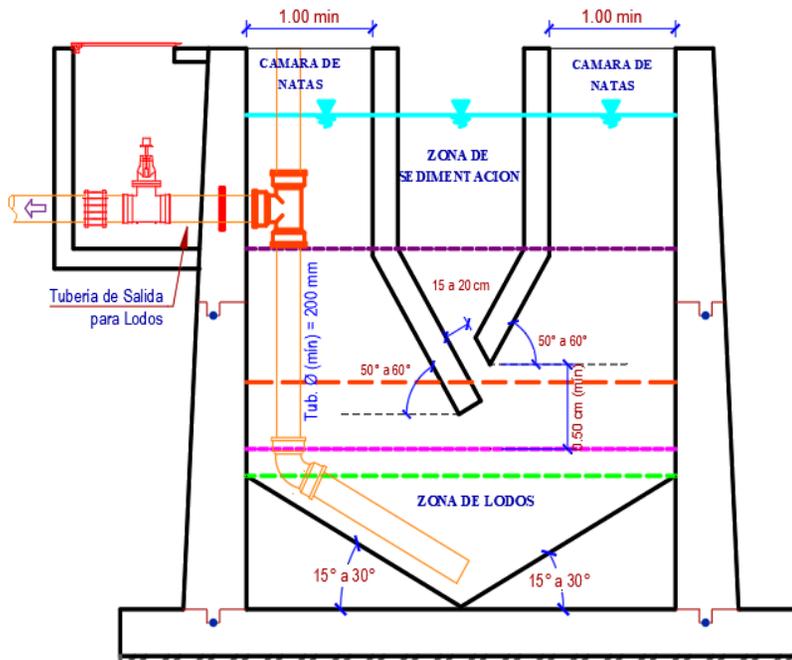
P: Población

Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y las del sedimentador (zona de espumas) se seguirán los siguientes criterios:

- a) Se deberá tener como mínimo un espaciamiento libre de 1.00 m.
- b) La superficie libre total deberá ser como mínimo el 30% de la superficie total del tanque.

Figura 4

Tanque Imhoff y sus partes



NOTA. Adaptada de (CEPIS, OPS, & OMS, 2005, p.16).

c) *Tratamiento secundario.*

El fundamento del tratamiento secundario es la inclusión de procesos biológicos en los que predominan las reacciones bioquímicas, generadas por microorganismos que logran eficientes resultados en la remoción de entre el 50% y el 95% de la DBO (Ministerio del Ambiente, 2009, p.20).

El Reglamento Nacional de Edificaciones, (2011) considera como tratamiento secundario los procesos biológicos con una eficiencia de remoción de DBO soluble mayor a 80%, pudiendo de ser de biomasa en suspensión o biomasa adherida e incluye los siguientes sistemas: Lagunas de estabilización, tratamiento con lodos activados, filtros percoladores, sistemas biológicos rotativos de contacto.

d) *Tratamiento terciario.*

La necesidad de implementar un tratamiento terciario depende de la disposición final que se pretenda dar a las aguas residuales tratadas. El tratamiento de nivel terciario tiene como objetivo lograr fundamentalmente la remoción de nutrientes como nitrógeno y fósforo (Ministerio del Ambiente, 2009, p.20, 21).

El reglamento Nacional de Edificaciones, (2011) incluye los siguientes métodos: Osmosis inversa, electrodiálisis, destilación, coagulación, adsorción, remoción por espuma, filtración, extracción por solvente, intercambio iónico, oxidación química, precipitación, nitrificación – desnitrificación.

e) *Tratamiento de lodos.*

Dentro de las tecnologías para el tratamiento de lodos tenemos los lechos de secado, es un método simple y económico de deshidratar los lodos digeridos o estabilizados, lo cual resulta ideal

para pequeñas comunidades. El Reglamento Nacional de Edificaciones, (2011) especifica los siguientes criterios para su diseño:

- Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (C , en kg de SS/día)

$$C = Q * SS * 0.0864 \quad (27)$$

SS: Sólidos en suspensión en el agua residual cruda, en mg/l.

Q: Caudal promedio de aguas residuales, en

- Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd , en kg de SS/día)

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.5 * 0.3 * C) \quad (28)$$

- Volumen diario de lodos digeridos (Vld , en litros/día)

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * (\%sólidos/100)} \quad (29)$$

ρ_{lodo} : Densidad de los lodos, igual a 1.04 kg/l.

%Sólidos: % de sólidos contenidos en el lodo, varia entre el 8 y 12%

- Volumen de lodos a extraerse del tanque (Vel , en m³).

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000} \quad (30)$$

Td: Tiempo de digestión, en días.

- Área del lecho de secado (Als , en m²)

$$Als = \frac{Vel}{Ha} \quad (31)$$

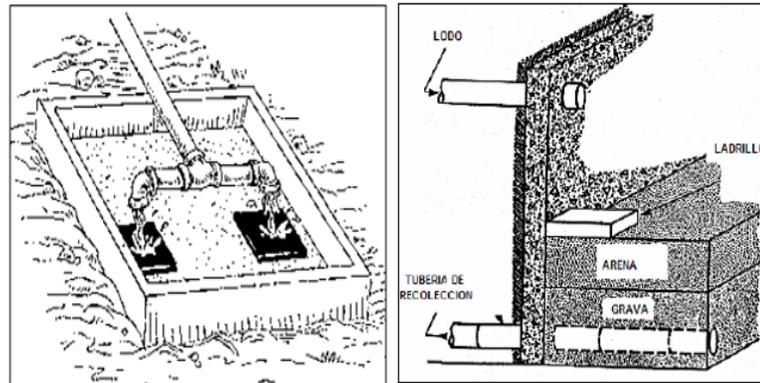
Ha: Profundidad de aplicación, entre 0.20 a 0.40

- El medio drenante mayormente es de 0,30 de espesor y esta constituido por: El medio de soporte está formado por una capa de 15 cm constituido por ladrillos colocados sobre el medio filtrante, con una separación de 2 a 3 cm llena de arena. La arena es el medio filtrante y debe tener

un tamaño efectivo de 0,3 a 1,3 mm, y un coeficiente de uniformidad entre 2 y 5. Debajo de la arena se deberá colocar un estrato de grava graduada entre 1,6 y 51 mm (1/6" y 2") de 0,20 m de espesor. Los drenes deben estar constituidos por tubos de 100 mm de diametro instalados debajo de la grava.

Figura 5

Lechos de secado



NOTA. Adaptada de (CEPIS, OPS, & OMS, 2005, p.20).

2.2.9 Valores máximos admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales.

El Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento define como valores máximos admisibles (VMA) a aquellos valores de elementos, sustancias, parámetros físicos o químicos, que caracterizan a un efluente que va a ser descargado a la red de alcantarillado y que, al ser excedidos, causan daño inmediato o progresivo a las instalaciones o infraestructura sanitaria.

De acuerdo con el Decreto Supremo 010-2019-VIVIENDA el fluido que se vierte a una red de alcantarillado no debe exceder los VMA que se muestran en la tabla 6 y tabla 7. En la presente investigación se determinará el valor de los sólidos sedimentables mediante el cono de sedimentación Imhoff.

Tabla 6*Valores máximos admisibles (1).*

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/l	Al	10
Arsénico	mg/l	As	0.5
Boro	mg/l	B	4
Cadmio	mg/l	Cd	0.2
Cianuro	mg/l	CN-	1
Cobre	mg/l	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/l	Cr ⁺⁶	0.5
Cromo total	mg/l	Cr	10
Manganeso	mg/l	Mn	4
Mercurio	mg/l	Hg	0.02
Níquel	mg/l	Ni	4
Plomo	mg/l	Pb	0.5
Sulfatos	mg/l	SO ₄ ⁻²	1000
Sulfuros	mg/l	S ⁻²	5
Zinc	mg/l	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	NH ⁺⁴	80
Potencial Hidrógeno	unidad	pH	6-9
Sólidos Sedimentables	ml/l/h	S.S.	8.5
Temperatura	°C	T	<35

(1) La aplicación de estos parámetros a cada actividad económica por procesos productivos, es la precisada en el presente Reglamento tomando como referencia el código CIU. Aquellas actividades que no estén incluidas en este código, deben cumplir con los parámetros indicados en el presente Anexo. Los parámetros establecidos en los Anexos N° 1 y N° 2 del presente Reglamento, son determinados a partir del análisis de muestras puntuales.

(2) Las concentraciones de los parámetros establecidos en los Anexos N° 1 y N° 2 deben ser determinadas a partir del análisis de muestras puntuales.

NOTA. Tomada de (Decreto Supremo 010-2019-VIVIENDA).

Tabla 7*Valores máximos admisibles (2)*

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	DBO ₅	500
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	DQO	1000
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	S.S.T.	500
Aceites y Grasas	mg/l	A y G	100

NOTA. Tomada de (Decreto Supremo 010-2019-VIVIENDA)

2.2.10 Límites máximos permisibles para los efluentes.

Los límites máximos permisibles (LMP) que deben cumplir los efluentes de las plantas de tratamiento de agua residual para ser vertidos a cuerpos de agua han sido aprobados en el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAN y son los siguientes:

Tabla 8

LPM para efluentes de una PTAR.

PARÁMETRO	UNIDAD	LPM
Aceites y Grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 LM	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

NOTA. Tomada de (Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAN)

2.2.11 El Sistema de Inversión Pública en el Perú en el año 2007.

En el año 2007 estuvo vigente la ley 27293 ley del Sistema Nacional de Inversión Pública – SNIP y es bajo los principios, métodos, procedimientos y normas técnicas de este sistema con el cual se ejecutó el proyecto del alcantarillado sanitario de la localidad de Shirac. Actualmente está vigente el Decreto Legislativo 1252 el cual crea el Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones – INVIERTE.PE.

El ciclo de un proyecto, bajo el enfoque del SNIP, contemplaba tres fases: Preinversión, Inversión y Postinversión. Durante la Fase de Preinversión de un proyecto se identifica un problema determinado y luego se analizan y evalúan - en forma iterativa - alternativas de solución y se toma la que mejor rentabilidad social brinda. En la Fase de Inversión se pone en marcha la

ejecución del proyecto conforme a los parámetros aprobados en la declaratoria de viabilidad para la alternativa seleccionada de mientras que, en la Fase de Post Inversión, el proyecto entra a operación y mantenimiento y se efectúa la evaluación ex post.

De acuerdo con Percca (2018) el SNIP presentaba deficiencias con la calidad en los estudios de preinversión, lo que acarrea problemas al momento de la ejecución y postinversión, dentro de esta problemática encontramos la sostenibilidad del proyecto en el tiempo, muchos de los proyectos ejecutados no tomaron en cuenta “el cómo” se obtendrían recursos para mantener y operar el nuevo proyecto ejecutado en buen estado y funcionamiento, esto ha desencadenado que a la actualidad una gran cantidad de proyectos se encuentren abandonados, otros operando pero con graves deficiencias y causando malestar en la población como es el caso del sistema sanitario de la localidad de Shirac.

2.3 Definición de términos básicos.

- ✓ **Agua residual:** Agua desechada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión.
- ✓ **Agua residual doméstica:** Agua de origen doméstico, comercial o institucional que contiene desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.
- ✓ **Alcantarillado sanitario:** Es aquel que se diseña exclusivamente para evacuar las aguas residuales domésticas e industriales.
- ✓ **Red de recolección:** Conjunto de tuberías que permiten la recolección de las aguas residuales generadas en las viviendas.
- ✓ **Sub colector:** Tubería que se ubica en la vereda de los lotes, recolecta el agua residual de una o más viviendas y las descarga a un colector.
- ✓ **Colector:** Tubería principal que recibe las aguas provenientes de los sub colectores.

- ✓ **Emisor:** Tubería principal que recibe las aguas de los colectores y las transporta hasta la planta de tratamiento o de una planta de tratamiento hasta el punto de descarga. No recibe ninguna aportación adicional en su trayecto.
- ✓ **Planta de tratamiento:** Conjunto de estructuras donde se reduce la contaminación de las aguas residuales.
- ✓ **Criterios de diseño:** Guías de ingeniería que especifican objetivos, resultados o límites que deben cumplirse en el diseño de un proceso, estructura o componente de un sistema.

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales y equipo.

- Receptor GNSS R12i – Trimble.
- Colector de mano TDC600 – Trimble.
- Cinta métrica.
- Regla graduada.
- Cronómetro.
- Esferas de tecnopor.
- Cámara fotográfica.
- Cono de sedimentación Imhoff.
- EPP (casco, guantes, overol impermeable, mascarilla, botas).

3.2 Softwares utilizados para el procesamiento de datos.

- AutoCAD Civil 3D – 2021.
- Microsoft Excel 2021.
- Microsoft Word 2021.

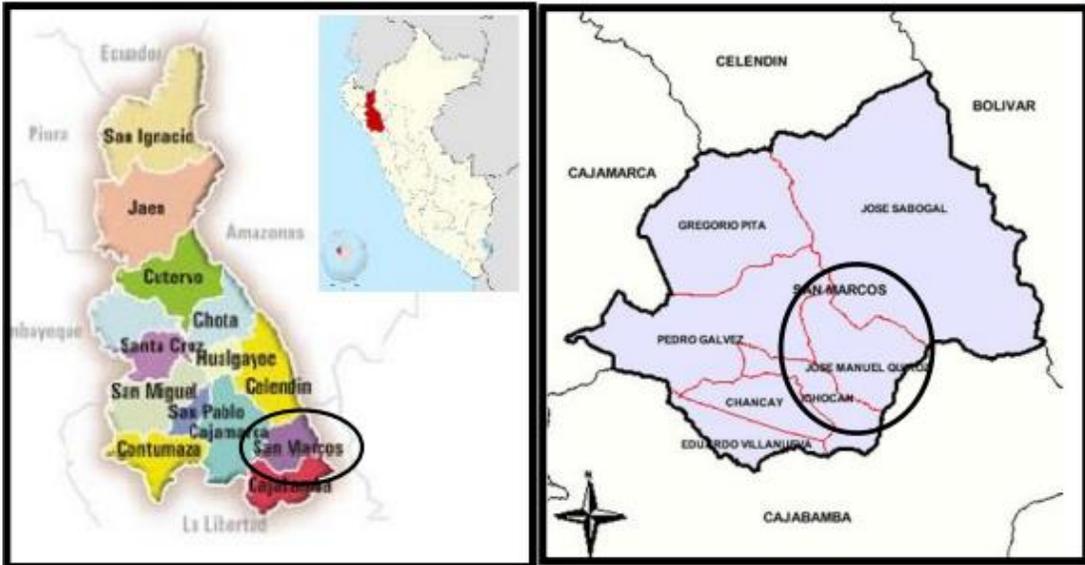
3.3 Descripción del área en estudio.

3.3.1 Ubicación geográfica.

El área en estudio se encuentra en la localidad de Shirac, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca, situada al sur-este de la región. Se ubica en las siguientes coordenadas (plaza de armas de la localidad) UTM según Datum WGS-84; este 825985.385 y Norte: 9186558.563, a una altitud promedio de 2795.945 m.s.n.m.

Figura 6

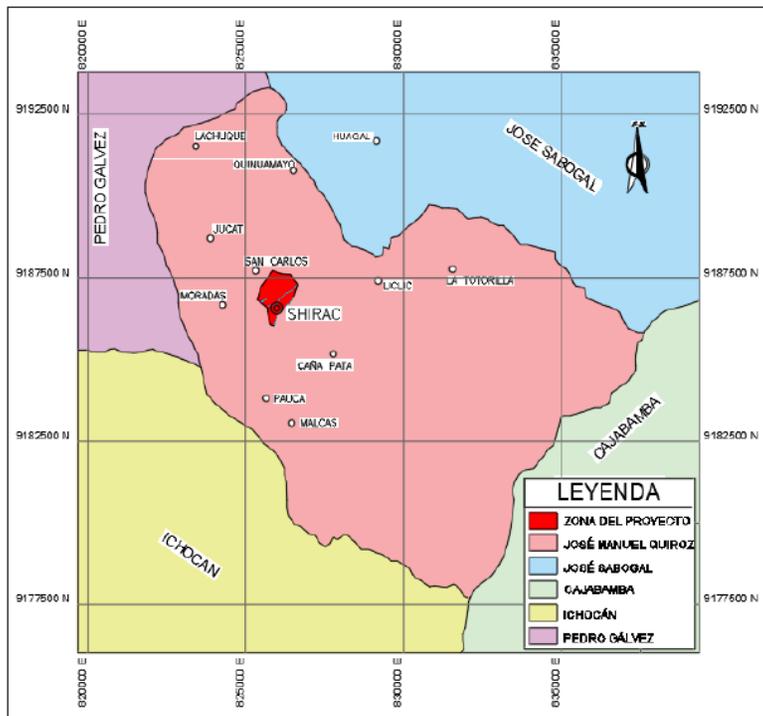
Mapa del departamento de Cajamarca y de la provincia de San Marcos.



NOTA. Tomada de (Vásquez, 2017, p.46).

Figura 7

Mapa del distrito de José Manuel Quiroz.



NOTA. Tomada de (Albarrán, 2019, p.22).

3.3.2 Orografía

La localidad de Shirac pertenece a la región natural quechua, su relieve cuenta con una pendiente aproximada del 25% al 50% por lo que se clasifica a sus suelos con pendiente empinada. (German, 2010-2011, p.39).

3.3.3 Clima

El clima en la localidad de Shirac es variado, que va desde un clima, templado durante la temporada de lluvias (de noviembre a abril); a frío en la época de sequía (de mayo a octubre), con una temperatura de 15 a 30 °C y humedad relativa de 60-70%.

3.4 Metodología.

3.4.1 Localización de la investigación.

La investigación se realizó en el sistema de alcantarillado sanitario de la localidad de Shirac ubicada en el distrito de José Manuel Quiroz, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca. Como coordenadas de ubicación referencial de todo el sistema se toman las coordenadas de la plaza de armas de la localidad de Shirac.

Coordenadas UTM (Universal Transverse Mercator)

X: 825985.385

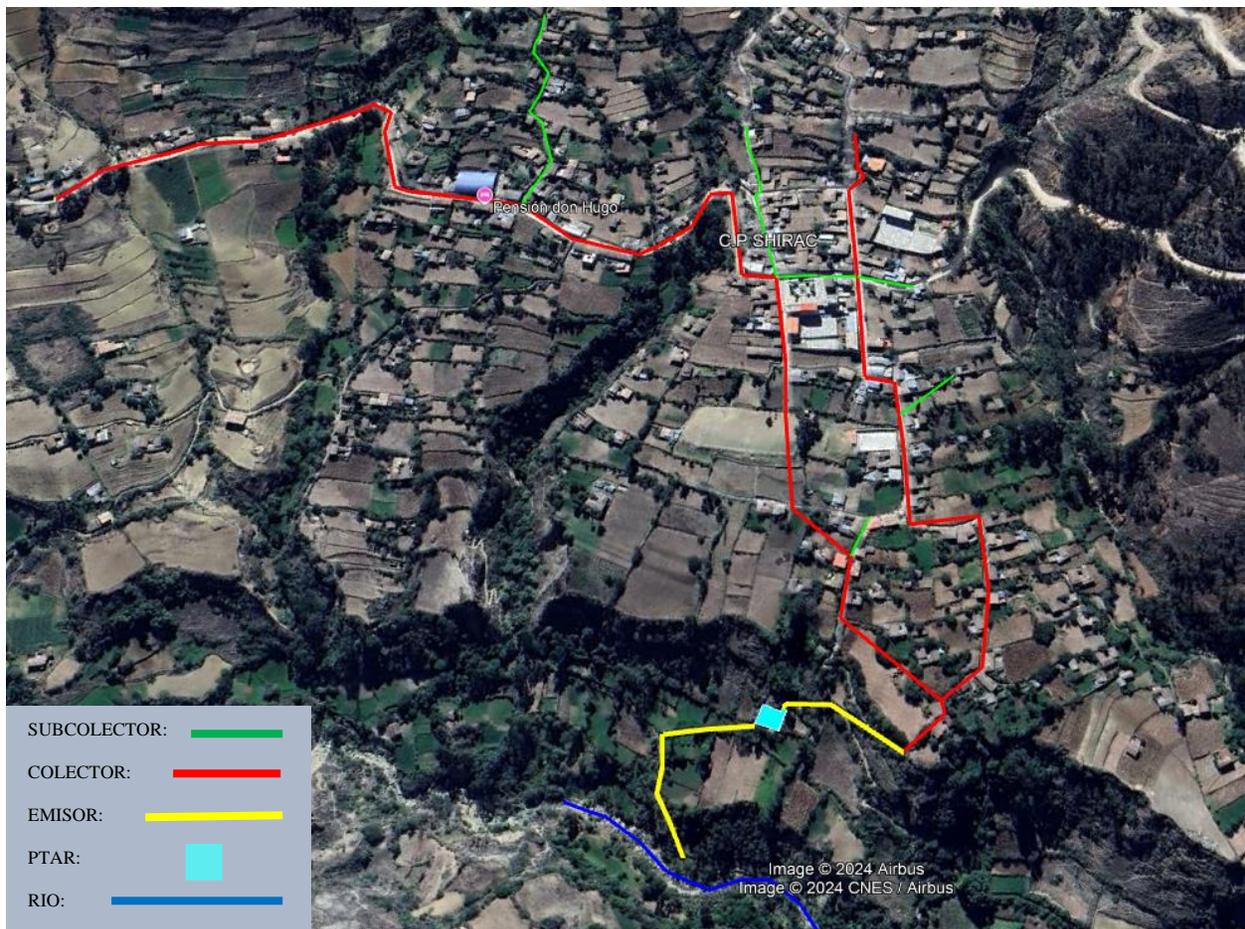
Y: 9186558.563

USO: 17

Hemisferio: Sur

Figura 8

Figura satelital del sistema de alcantarillado en estudio.



3.4.2 Tipo, nivel, diseño y método de investigación

Tipo de Investigación	: Aplicada
Nivel de la Investigación	: Descriptiva
Diseño de la Investigación	: Exploración - descripción
Método de la Investigación	: Por objetivos Cualitativo.

3.4.3 Población y muestra

Población de estudio

Sistema de alcantarillado sanitario de la localidad de Shirac el cual comprende un total de 70 buzones, 72 tramos y su planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

Muestra

- Tramos representativos del emisor, colectores y subcolectores de la red del alcantarillado. Se ha tomado como muestra un total de 11 tramos y 19 buzones.
- Planta de tratamiento de aguas residuales del sistema de alcantarillado sanitario de la localidad de Shirac.

3.4.4 Método de muestreo.

Se ha realizado un muestreo no probabilístico – muestreo intencional o por juicio.

3.4.5 Instrumentos de recolección de datos.

- Levantamiento topográfico del sistema de alcantarillado existente.
- Aforo de colectores – toma de tirantes Hidráulicos.
- Aforo de colectores – método del flotador.
- Ensayos químicos instrumentales- fisicoquímicos- microbiológicos del agua residual.
- Revisión de planos, informes de mantenimientos y otros documentos del sistema de alcantarillado facilitados por el Área Técnica Municipal de Servicios de Agua y Saneamiento de la Municipalidad Distrital de José Manuel Quiroz -Shirac.

3.5 Metodología de trabajo.

El desarrollo de la investigación se realizó en dos etapas, la primera etapa a la cual denominaremos como etapa de campo consistió en la recolección y toma de datos in situ, la segunda etapa a la que denominaremos como etapa de gabinete consistió en el procesamiento de los datos y la presentación de resultados.

3.5.1 Trabajo de campo.

- Localización de buzones y demás estructuras del sistema.

Con los planos de construcción del sistema facilitados por el Área Técnica Municipal de Servicios de Agua y Saneamiento procedemos a la localización de los buzones, planta de tratamiento y estructura de descarga. La ubicación (coordenadas UTM) de estas estructuras las podemos ver en el anexo 7 (Plano general del sistema de alcantarillado sanitario de la localidad de Shirac)

Debido a que los planos proporcionados no son de replanteo y debido a modificaciones hechas en algunas de las calles, carretera y caminos por donde se ha instalado la red, la localización de los buzones fue dificultosa, se tuvo que realizar excavaciones para ubicar la mayoría de los buzones.

Figura 9

Localización de buzones.



NOTA. Excavaciones realizadas durante la localización de buzones.

- ***Levantamiento topográfico del sistema de alcantarillado.***

Localizados la totalidad de los buzones y demás estructuras se procede a realizar el levantamiento topográfico del sistema, el objetivo es elaborar un plano general de la infraestructura existente que nos permita conocer con exactitud las coordenadas y cotas de los buzones, datos que servirán en el desarrollo de la presente investigación y como data fiable y adaptada a la realidad para futuros estudios, mantenimientos y/u otras acciones que la entidad administradora en este caso la Municipalidad Distrital de José Manuel Quiroz crea conveniente ejecutar.

El trabajo de campo se ha realizado con un Receptor GNSS R12i – Trimble (GPS Diferencial) y para su estacionamiento se ha utilizado un punto geodésico de orden “C”, ubicado en la plaza de armas de la localidad de Shirac, por lo que el nivel de precisión en la toma de puntos es alto.

Figura 10

Levantamiento topográfico.



NOTA. Estacionamiento del receptor GNSS R12i – Trimble.

- *Obtención del desnivel entre la tapa de buzón y la plantilla de tubería.*

Se ha determinado el desnivel de forma directa, midiendo con una wincha la altura entre la tapa del buzón y la plantilla de la tubería en el buzón de inicio y llegada respectivamente, de cada tramo evaluado. Los valores obtenidos se presentan en el anexo 1.

Figura 11.

Obtención de desnivel entre la tapa de buzón y la plantilla de tubería.



- *aforo de colectores.*

Se ha realizado dos aforos, el primer aforo se realizó con el objetivo de determinar el coeficiente de rugosidad y el segundo aforo con el objetivo de determinar la velocidad, el caudal máximo horario, y la tensión tractiva en cada tramo evaluado.

Aforo 1.

Consistió en determinar mediante el método del flotador el tiempo que tarda en recorrer una esfera de tecnopor dejada caer libremente en el buzón de inicio hasta llegar al buzón de llegada,

adicionalmente se mide físicamente el tirante de agua sobre el fondo del conducto al inicio y final de cada tramo, utilizándose para tal fin una regla graduada y evitando en lo posible la formación de resalto. Se ha realizado un total de 10 aforos por tramo, los tiempos y tirantes promedio medidos se presentan en el anexo 2. La data obtenida de este aforo es utilizada en la obtención del coeficiente de rugosidad (ver anexo 3).

Figura 12

Aforo de colectores 1: Tramo BZ 36 - BZ 37.



Figura 13

Aforo de colectores 1: Tramo BZ 48 – BZ 49.



Aforo 2.

Consistió en medir físicamente el tirante de agua sobre el fondo del conducto, utilizándose para tal fin una regla graduada y evitando en lo posible la formación de resalto, durante dos días sábado y domingo en las denominadas horas punta, horas de mayor demanda del servicio (de las 07:00 horas a las 09:00 horas y de las 11:00 horas a las 13:00 horas). Se realizaron un total de 18 aforos por día. Los tirantes medidos para cada tramo evaluado se presentan en el anexo 4. La data obtenida de este aforo, conjuntamente con el coeficiente de rugosidad obtenido con la data del aforo 1, permitirán determinar la velocidad y el caudal máximo horario de cada tramo evaluado.

Figura 14

Aforo de colectores 2: Tramo evaluado BZ 29 - BZ 36.



Figura 15

Aforo de colectores 2: Tramo evaluado BZ 20 - BZ 21.



Figura 16

Aforo de colectores 2: Tramo evaluado BZ 48 - BZ 49.



- *Dimensionamiento geométrico de la PTAR.*

Consistió en medir la geometría de las unidades de tratamiento instaladas en la PTAR, tales como ancho, largo y altura con el objetivo de elaborar el plano arquitectónico y describir su funcionamiento. Debido a que la planta de tratamiento de aguas residuales se encuentra en operación se ha dimensionado solo aquellas estructuras que han sido factibles de medir sin representar riesgo para la vida u integridad física del personal.

Figura 17

Toma de puntos con GPS diferencial de aristas y puntos clave de la PTAR.



Figura 18

Dimensionamiento de profundidades de las estructuras de tratamiento.



Figura 19

Dimensionamiento del tanque Imhoff.



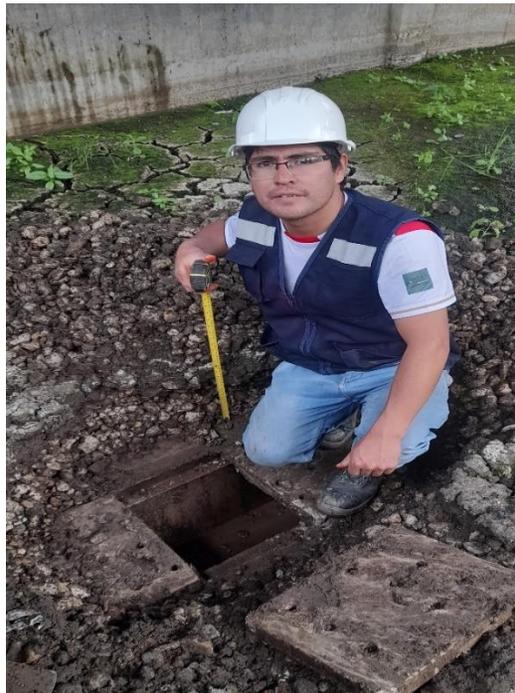
Figura 20

Dimensionamiento de los lechos de secado.



Figura 21

Dimensionamiento de los lechos de secado – canal de fondo.



- ***Toma de muestras del agua residual.***

Consistió en la toma de 02 muestras puntuales, en el ingreso a la PTAR y en el punto de descarga, dichas muestras han sido transportadas a la ciudad de Cajamarca para ser evaluadas en el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca, bajo los lineamientos del DS-003-2010-MINAN, los resultados se muestran en el anexo 5.

Figura 22

Toma de muestras de agua residual-buzón de llegada a la PTAR.



Figura 23

Toma de Muestras de agua residual-punto de descarga.



- ***Toma de muestras para determinar la densidad del agua residual.***

Se han tomado muestras del agua residual en dos puntos estratégicos de la red: buzón 44 (tramo BZ 43- BZ 44 y tramo BZ 16A – BZ 44) y buzón 49 (tramo BZ 48-BZ 49), cabe mencionar que dichos buzones forman parte de los tramos evaluados. El trabajo consistió en tomar muestras in situ en un balde, homogenizar la muestra y verter a una probeta graduada de volumen y masa conocida, determinar la masa del agua depositada mediante una balanza de precisión y calcular su densidad.

Figura 24

Control de volumen y masa BZ 49.



- ***Determinación del tiempo de retención hidráulico.***

El trabajo ha consistido en medir el tiempo aproximado que tarda una molécula de agua desde su ingreso a cada una de las estructuras de la PTAR y su posterior salida de las mismas. Para determinar dicho tiempo se ha utilizado pintura ocre color rojo disuelta en un balde de agua, el agua coloreada se ha vertido lentamente en el punto de inicio de cada una de las estructuras de la PTAR y con la ayuda de un cronómetro se ha medido el tiempo que tarda en llegar al punto final

de la misma. Los tiempos medidos se presentan en la tabla 21 en el ítem 3.6.6 presentación de resultados.

Figura 25

Vertido de agua coloreada en la estructura de llegada.



Figura 26

Vertido de agua coloreada en el ingreso al tanque Imhoff.



- *Determinación de los sólidos sedimentables en el agua residual.*

Para determinar los sólidos sedimentables presentes en el agua residual se ha hecho uso del cono de sedimentación Imhoff, el ensayo consistió en tomar muestras del agua residual

directamente en el cono de sedimentación Imhoff y dejar reposar durante una hora, finalmente se toma la lectura del volumen de sólidos sedimentados directamente del cono Imhoff.

El ensayo se ha realizado en tres puntos: en la estructura de llegada, en la descarga del tanque Imhoff y en la descarga de los lechos de secado. Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 22 en el ítem 3.6.7 presentación de resultados.

Figura 27

Determinación de sólidos sedimentables.



3.5.2 Trabajo de gabinete – procesamiento de datos.

- ***Elaboración del plano general del sistema existente.***

Con la data recolectada del levantamiento topográfico realizado se procede a elaborar el plano general del sistema en el Software AutoCAD Civil 3d – 2021. La red de distribución cuenta con un total de 72 tramos, 70 buzones y una planta de tratamiento de agua residual, su punto de descarga es el río Shirac (ver anexo 7).

- *Selección de tramos a evaluar.*

Elaborado el plano general del sistema de alcantarillado (ver anexo 7), procedemos a seleccionar los tramos a evaluar, para la elección se ha tenido en cuenta diferentes factores como: desniveles, separación entre buzones, conexiones domiciliarias, clasificación de la tubería (emisor, colector y/o subcolector) y diámetro de tubería.

Los tramos seleccionados son una muestra representativa de todo el sistema y se muestran en la tabla 9.

Tabla 9

Tramos seleccionados a evaluar.

TRAMO N.º	BUZÓN DE INICIO	BUZÓN DE LLEGADA	MATERIAL DE LA TUBERÍA EXISTENTE	DIÁMETRO DE LA TUBERÍA (mm)	CLASIF. DE TUBERÍA
1	BZ-04	BZ-05	PVC	200	Colector
2	BZ-18	BZ-19	PVC	200	Subcolector
3	BZ-20	BZ-21	PVC	200	Colector
4	BZ-29	BZ-36	PVC	200	Colector
5	BZ-34	BZ-36	PVC	200	Subcolector
6	BZ-36	BZ-37	PVC	200	Colector
7	BZ-6A	BZ-7A	PVC	200	Colector
8	BZ-12A	BZ-13A	PVC	200	Colector
9	BZ-16A	BZ-44	PVC	250	Colector
10	BZ-43	BZ-44	PVC	200	Colector
11	BZ-48	BZ-49	PVC	250	Emisor

- *Determinación de la cota de las plantillas de la tubería.*

La cota a la que se encuentra la plantilla de la tubería al inicio y final de cada tramo se ha obtenido restando el desnivel medido directamente con una wincha (profundidad de tubería) entre la tapa del buzón y la plantilla, de la cota de tapa del buzón, la cual ha sido determinada en el levantamiento topográfico. Los cálculos se han realizado en Microsoft Excel 2021. Se muestra el procedimiento de obtención en la tabla 10.

Tabla 10

Proceso de obtención de la cota de plantillas.

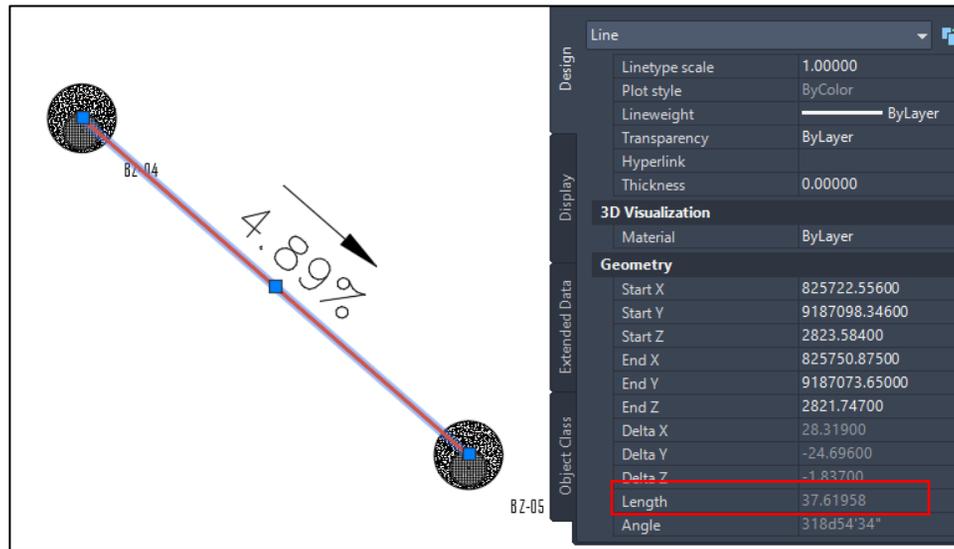
Cotas							
Buzón de Inicio				Buzón de Llegada			
N.º	Cota de Tapa (m.s.n.m)	Profundidad de Tubería (m)	Cota de Plantilla (m.s.n.m)	N.º	Cota de Tapa (m.s.n.m)	Profundidad de Tubería (m)	Cota de Plantilla (m.s.n.m)
BZ-04	2824.914	1.33	2823.584	BZ-05	2822.957	1.21	2821.747
BZ-18	2824.001	1.37	2822.631	BZ-19	2809.128	1.39	2807.738
BZ-20	2806.735	1.33	2805.405	BZ-21	2805.428	1.31	2804.118
BZ-29	2799.289	1.72	2797.569	BZ-36	2798.423	2.41	2796.013
BZ-34	2812.562	1.59	2810.972	BZ-36	2798.423	2.33	2796.093
BZ-36	2798.423	2.43	2795.993	BZ-37	2780.868	0.50	2780.368
BZ-6A	2798.070	1.59	2796.480	BZ-7A	2779.515	1.54	2777.975
BZ-12A	2765.796	1.53	2764.266	BZ-13A	2751.604	1.32	2750.289
BZ-16A	2723.063	1.59	2721.473	BZ-44	2720.99	1.56	2719.430
BZ-43	2736.030	1.8	2734.230	BZ-44	2720.99	0.56	2720.430
BZ-48	2698.432	2.04	2696.392	BZ-49	2691.726	1.08	2690.646

- **Determinación de la longitud y pendiente.**

Conocidas las coordenadas de ubicación de los buzones y la cota de la plantilla de la tubería de salida y llegada de cada tramo, introducimos los datos al software AutoCAD Civil 3d 2021 y de forma directa obtuvimos las pendientes, la longitud 2d o longitud horizontal y longitud 3D o inclinada de las tuberías instaladas en cada tramo.

Figura 28

Obtención de la longitud y pendiente de la tubería



- *Determinación de la densidad del agua residual.*

Determinamos la densidad del agua residual como aquella densidad promedio de los ensayos realizados en la etapa de campo, para el cálculo de la densidad haremos uso de la ecuación 16. En la tabla 11 se muestra el proceso de obtención de la densidad del agua residual.

Tabla 11

Proceso de obtención de la densidad

Ensayo N.º	Punto de Muestreo	Masa de Probeta (g)	Masa de Probeta + Agua Residual (g)	Masa del agua Residual (g)	Volumen del Agua Residual (ml)	Densidad (Kg/m ³)
1	BZ 44	49	145	96	100	960.00
2	BZ 44	49	146	97	100	970.00
3	BZ 44	49	146	97	100	970.00
4	BZ 44	49	145	96	100	960.00
5	BZ 44	49	146	97	100	970.00
6	BZ 44	49	146	97	100	970.00
7	BZ 49	49	145	96	100	960.00
8	BZ 49	49	146	97	100	970.00
9	BZ 49	49	146	97	100	970.00
DENSIDAD PROMEDIO (Kg/m³)						966.67

- ***Determinación de la tensión tractiva.***

Determinaremos la tensión tractiva correspondiente a los máximos tirantes medidos en el aforo de colectores 2 (ver anexo 4), la densidad del fluido será de 966.67 kg/m^3 , valor obtenido en el ítem anterior, la gravedad tendrá un valor de 9.81 m/s^2 . Primero, con el tirante máximo medido en el aforo de colectores 2, calculamos el ángulo hidráulico (ecuación 9), el área hidráulica (ecuación 13), el perímetro mojado (ecuación 11) y el radio hidráulico (ecuación 3), luego, finalmente utilizamos la ecuación 15 para determinar la tensión tractiva de cada tramo. En la tabla 12 se muestra el proceso de obtención de la tensión tractiva.

Tabla 12

Proceso de obtención de la tensión tractiva

Tramo N.º	Tirante (d) (m)	Diámetro (D) (m)	Ángulo (θ) (Rad)	Área Hid. (A) (m)	Per. Moj. (P_m) (m)	Radio Hid. (R_h) (m)	Pendiente (S) (m/m)	Tensión Tractiva (τ) (Pa)
1	0.006	0.20	0.696	0.0003	0.070	0.0039	0.049	1.83
2	0.006	0.20	0.696	0.0003	0.070	0.0039	0.295	11.04
3	0.018	0.20	1.219	0.0014	0.122	0.0115	0.018	1.94
4	0.020	0.20	1.287	0.0016	0.129	0.0127	0.047	5.71
5	0.005	0.20	0.635	0.0002	0.064	0.0033	0.164	5.12
6	0.015	0.20	1.110	0.0011	0.111	0.0096	0.175	15.97
7	0.013	0.20	1.031	0.0009	0.103	0.0084	0.182	14.49
8	0.014	0.20	1.071	0.0010	0.107	0.0090	0.186	15.90
9	0.019	0.25	1.117	0.0017	0.140	0.0122	0.047	5.43
10	0.017	0.20	1.183	0.0013	0.118	0.0109	0.125	12.92
11	0.016	0.25	1.023	0.0013	0.128	0.0103	0.225	22.08

- **Determinación del coeficiente de rugosidad.**

Con los tiempos y tirantes medidos en el aforo de colectores 1 (ver anexo2), la longitud y pendiente de la tubería ya conocidas, procedemos a determinar el coeficiente de rugosidad para cada tramo evaluado. Primero determinamos la velocidad superficial (ecuación 19) y la velocidad media (ecuación 20), seguido determinamos el ángulo hidráulico (ecuación 9), el área hidráulica (ecuación 13), el perímetro mojado (ecuación 11) y el radio hidráulico (ecuación 3), finalmente con la ecuación de Manning (ecuación 2) determinamos el coeficiente de rugosidad. El coeficiente de rugosidad adoptado para el cálculo de velocidad y caudal máximo horario será el promedio. En la tabla 13 se muestra el proceso de obtención del coeficiente de rugosidad para el tramo 1, para los demás tramos evaluados ver anexo 3.

Tabla 13

Proceso de obtención del coeficiente de rugosidad

Tramo Representativo 1: BZ-04 AL BZ-05												
N.º	Tiemp. (T) (seg)	Long. (L) (m)	V. Superf. (Vs) $V_s = L/T$ (m/s)	V. Media (Vm) $V_m = V_s * 0.90$ (m/s)	Diam. (D) (m)	Tirant. (d) (m)	Ángulo (θ) (rad)	Área (A) (m ²)	Per. Moj. (P _m) (m)	Rad. Hid. (R _h) (m)	Pend. (S) (m/m)	Coef. Man. (n) (adimensional)
1	41.45	37.62	0.908	0.817	0.20	0.0230	1.38	0.0020	0.1384	0.0145	0.049	0.016
2	41.99	37.62	0.896	0.806	0.20	0.0240	1.41	0.0021	0.1415	0.0151	0.049	0.017
3	41.45	37.62	0.908	0.817	0.20	0.0230	1.38	0.0020	0.1384	0.0145	0.049	0.016
4	40.39	37.62	0.931	0.838	0.20	0.0240	1.41	0.0021	0.1415	0.0151	0.049	0.016
5	40.92	37.62	0.919	0.827	0.20	0.0240	1.41	0.0021	0.1415	0.0151	0.049	0.016
6	40.20	37.62	0.936	0.842	0.20	0.0240	1.41	0.0021	0.1415	0.0151	0.049	0.016
7	39.94	37.62	0.942	0.848	0.20	0.0250	1.45	0.0023	0.1445	0.0157	0.049	0.016
8	39.80	37.62	0.945	0.851	0.20	0.0240	1.41	0.0021	0.1415	0.0151	0.049	0.016
9	39.96	37.62	0.941	0.847	0.20	0.0240	1.41	0.0021	0.1415	0.0151	0.049	0.016
10	39.50	37.62	0.952	0.857	0.20	0.0250	1.45	0.0023	0.1445	0.0157	0.049	0.016
Coeficiente de Manning Promedio (n)												0.016

- *Determinación de la velocidad y caudal máximo horario.*

Con los tirantes máximos medidos en el aforo de colectores 2 (ver anexo 4), las pendientes y el coeficiente de rugosidad real ya conocidos, procedemos a determinar la velocidad y caudal máximo horario real en los tramos evaluados. Primero, con el tirante máximo medido en el aforo de colectores 2, calculamos el ángulo hidráulico (ecuación 9), el área hidráulica (ecuación 13), el perímetro mojado (ecuación 11) y el radio hidráulico (ecuación 3), seguido calculamos la velocidad con la ecuación de Manning (ecuación 2) y finalmente con la ecuación de la continuidad determinamos el caudal máximo para cada tramo. En la tabla 14 se muestra el proceso de obtención de la velocidad y caudal máximo horario para los tramos evaluados.

Tabla 14

Proceso de obtención de la velocidad y caudal máximo horario.

Tramo N.º	Tirante (d) (m)	Diámetro (D) (m)	Ángulo (θ) (Rad)	Área Hid. (A) (m)	Per. Moj. (P_m) (m)	Radio Hid. (R_h) (m)	Pendiente (S) (m/m)	Coef. Man. (n) (adim.)	Vel. (V) (m/s)	Caudal (Q) (m^3/s)	Caudal (Q) (L/s)
1	0.006	0.20	0.696	0.0003	0.070	0.004	0.049	0.016	0.341	0.0001	0.09
2	0.006	0.20	0.696	0.0003	0.070	0.004	0.295	0.011	1.199	0.0003	0.33
3	0.018	0.20	1.219	0.0014	0.122	0.011	0.018	0.015	0.458	0.0006	0.64
4	0.020	0.20	1.287	0.0016	0.129	0.013	0.047	0.018	0.668	0.0011	1.09
5	0.005	0.20	0.635	0.0002	0.064	0.003	0.164	0.012	0.747	0.0002	0.16
6	0.015	0.20	1.110	0.0011	0.111	0.010	0.175	0.013	1.469	0.0016	1.57
7	0.013	0.20	1.031	0.0009	0.103	0.008	0.182	0.011	1.656	0.0014	1.43
8	0.014	0.20	1.071	0.0010	0.107	0.009	0.186	0.012	1.615	0.0016	1.56
9	0.019	0.25	1.117	0.0017	0.140	0.012	0.047	0.012	0.970	0.0017	1.65
10	0.017	0.20	1.183	0.0013	0.118	0.011	0.125	0.013	1.365	0.0018	1.76
11	0.016	0.25	1.023	0.0013	0.128	0.010	0.225	0.012	1.931	0.0026	2.55

- ***Determinación de la velocidad crítica.***

La velocidad crítica la obtendremos para los caudales máximos horarios, mediante la ecuación 14; asumiremos el valor de la gravedad como 9.81 m/s^2 . En la tabla 15 se muestra el proceso de obtención de la velocidad crítica para los tramos evaluados.

Tabla 15

Proceso de obtención de la velocidad crítica.

Tramo N.º	Tirante (d) (m)	Diámetro (D) (m)	Ángulo (θ) (Rad)	Área Hid. (A) (m)	Per. Moj. (P_m) (m)	Radio Hid. (R_h) (m)	Vel. Crítica (V_C) (m/s)
1	0.006	0.20	0.696	0.0003	0.070	0.0039	1.180
2	0.006	0.20	0.696	0.0003	0.070	0.0039	1.180
3	0.018	0.20	1.219	0.0014	0.122	0.0115	2.014
4	0.020	0.20	1.287	0.0016	0.129	0.0127	2.118
5	0.005	0.20	0.635	0.0002	0.064	0.0033	1.079
6	0.015	0.20	1.110	0.0011	0.111	0.0096	1.846
7	0.013	0.20	1.031	0.0009	0.103	0.0084	1.723
8	0.014	0.20	1.071	0.0010	0.107	0.0090	1.785
9	0.019	0.25	1.117	0.0017	0.140	0.0122	2.077
10	0.017	0.20	1.183	0.0013	0.118	0.0109	1.960
11	0.016	0.25	1.023	0.0013	0.128	0.0103	1.911

- ***Elaboración de planos de la PTAR.***

Con los datos de la geometría de las unidades de tratamiento de la PTAR tomados en la etapa de campo se ha elaborado el plano de la estructura existente. La planta de tratamiento está compuesta por una estructura de llegada, un tanque Imhoff y lechos de secado (Ver Anexo 7).

3.6 Presentación de resultados.

3.6.1 Diámetros y separación entre buzones.

Tabla 16

Diámetro y separación entre buzones.

Tramo N.º	Buzón de Inicio	Buzón de Llegada	Diámetro de Tubería (mm)	Dist. Entre Buzones (m)
1	BZ-04	BZ-05	200	37.62
2	BZ-18	BZ-19	200	52.60
3	BZ-20	BZ-21	200	72.19
4	BZ-29	BZ-36	200	32.85
5	BZ-34	BZ-36	200	92.06
6	BZ-36	BZ-37	200	90.85
7	BZ-6A	BZ-7A	200	103.45
8	BZ-12A	BZ-13A	200	76.54
9	BZ-16A	BZ-44	200	43.59
10	BZ-43	BZ-44	200	111.04
11	BZ-48	BZ-49	200	26.17

3.6.2 Coeficientes de rugosidad.

Tabla 17

Coeficientes de rugosidad.

Coeficientes de Rugosidad				
Tramo N.º	Buzón de Inicio	Buzón de Llegada	Material de Tubería	Coef. De Rugosidad
1	BZ-04	BZ-05	PVC	0.016
2	BZ-18	BZ-19	PVC	0.011
3	BZ-20	BZ-21	PVC	0.015
4	BZ-29	BZ-36	PVC	0.018
5	BZ-34	BZ-36	PVC	0.012
6	BZ-36	BZ-37	PVC	0.013
7	BZ-6A	BZ-7A	PVC	0.011
8	BZ-12A	BZ-13A	PVC	0.012
9	BZ-16A	BZ-44	PVC	0.012
10	BZ-43	BZ-44	PVC	0.013
11	BZ-48	BZ-49	PVC	0.012

3.6.3 Tensión tractiva.

Tabla 18

Tensión tractiva.

Tramo N.º	Buzón de Inicio	Buzón de Llegada	Tensión Tractiva Real (Pa)
1	BZ-04	BZ-05	1.83
2	BZ-18	BZ-19	11.04
3	BZ-20	BZ-21	1.94
4	BZ-29	BZ-36	5.71
5	BZ-34	BZ-36	5.12
6	BZ-36	BZ-37	15.97
7	BZ-6A	BZ-7A	14.49
8	BZ-12A	BZ-13A	15.90
9	BZ-16A	BZ-44	5.43
10	BZ-43	BZ-44	12.92
11	BZ-48	BZ-49	22.08

3.6.4 Velocidades en la red.

Tabla 19

Velocidad en la red.

Tramo N.º	Buzón de Inicio	Buzón de Llegada	Velocidad en la Red (m/s)
1	BZ-04	BZ-05	0.341
2	BZ-18	BZ-19	1.199
3	BZ-20	BZ-21	0.458
4	BZ-29	BZ-36	0.668
5	BZ-34	BZ-36	0.747
6	BZ-36	BZ-37	1.469
7	BZ-6A	BZ-7A	1.656
8	BZ-12A	BZ-13A	1.615
9	BZ-16A	BZ-44	0.970
10	BZ-43	BZ-44	1.365
11	BZ-48	BZ-49	1.931

3.6.5 Caudal máximo horario.

Tabla 20

Caudal máximo horario.

Tramo N.º	Buzón de Inicio	Buzón de Llegada	Caudal (Q) (l/s)
1	BZ-04	BZ-05	0.09
2	BZ-18	BZ-19	0.33
3	BZ-20	BZ-21	0.64
4	BZ-29	BZ-36	1.09
5	BZ-34	BZ-36	0.16
6	BZ-36	BZ-37	1.57
7	BZ-6A	BZ-7A	1.43
8	BZ-12A	BZ-13A	1.56
9	BZ-16A	BZ-44	1.65
10	BZ-43	BZ-44	1.76
11	BZ-48	BZ-49	2.55

3.6.6 Tiempo de retención hidráulico.

Tabla 21

Tiempo de retención hidráulico.

ESTRUCTURA	Tiempo de Retención Hidráulico (minutos)
De llegada	1.40
Tanque Imhoff	12.86
Lechos de Secado	13.72
TOTAL	27.98

3.6.7 Volumen de sólidos sedimentables.

Tabla 22

Volumen de sólidos sedimentables.

ESTRUCTURA	Volumen de Sólidos Sedimentables (ml/L(h))
De llegada	4.20
Tanque Imhoff	1.80
Lechos de Secado	0.00

3.6.8 Eficiencia de remoción de la PTAR.

Tabla 23

Eficiencia de remoción de la PTAR.

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO DE TOMA DE MUESTRA		CANTIDAD REMOVIDA	% DE REMOCIÓN
		INGRESO PTAR	PUNTO DE DESCARGA		
Aceites y Grasas	mg/L	21.7	5.8	15.9	73.27%
Coliformes Termotolerantes (fecales)	NMP/100 ml	1.70E+07	5.40E+06	1.16E+07	68.24%
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	68.4	13.9	54.5	79.68%
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	153.3	47.8	105.5	68.82%
Ph a 25 °C	unidad	8.1	7.61	0.49	6.05%
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	78.0	7.2	70.8	90.77%

NOTA: La cantidad removida es la cantidad atrapada en las diferentes estructuras de tratamiento, (natas y lodos), los cuales serán eliminados, luego de su deshidratación en los lechos de secado.

CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Evaluación hidráulica.

La evaluación hidráulica corresponde a un análisis del sistema de alcantarillado sanitario, en cuanto a la red evalúa el diámetro, la separación entre buzones, el coeficiente de rugosidad, la tensión tractiva, la velocidad y el caudal máximo horario reales actuales, en cuanto a la planta de tratamiento, debido a que las estructuras instaladas presentan un funcionamiento peculiar se realiza una descripción de su funcionamiento, se determina el tiempo de retención hidráulico y se elabora un plano de la estructura existente, adicionalmente se realizan ensayos químicos instrumentales-fisicoquímicos- microbiológicos del agua residual así como en el ensayo del cono de sedimentación Imhoff.

Para la evaluación se tomará en cuenta lo establecido en la Norma OS.070: Pluviométrica en cada Punto de las Subzonas Redes de Aguas Residuales y la Norma OS.090: Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, del Reglamento Nacional de Edificaciones (2011) y sus modificatorias.

4.1.1 Diámetro de tubería y separación máxima entre buzones.

De acuerdo a los resultados obtenidos, los caudales actuantes en la red son pequeños, por lo que el diámetro de la tubería PVC instalada que es de 200 mm resulta sobredimensionado, se podría haber optado por utilizar tubería de 150 mm lo que hubiese reducido el costo de construcción sin quitar eficiencia al sistema.

La norma OS.070 indica que la separación máxima depende del diámetro de las tuberías y está limitada por el alcance de los equipos de limpieza, en la tabla 24 se realiza una comparación de la separación existente entre los buzones de los tramos evaluados y la distancia máxima establecida por la norma, como resultado cuatro tramos no cumplen con lo señalado en la norma.

Tabla 24*Evaluación del diámetro y de la separación entre buzones.*

Diámetro y Distancia entre Buzones							
Tramo N.º	Buzón de Inicio	Buzón de Llegada	Diámetro de Tubería (m)	Dist. Entre Buzones (m)	Dist. Max. Según Norma OS.070 (m)	CUMPLE/NO CUMPLE	Dist. Excedida (m)
1	BZ-04	BZ-05	0.20	37.62	80.00	CUMPLE	-
2	BZ-18	BZ-19	0.20	52.60	80.00	CUMPLE	-
3	BZ-20	BZ-21	0.20	72.19	80.00	CUMPLE	-
4	BZ-29	BZ-36	0.20	32.85	80.00	CUMPLE	-
5	BZ-34	BZ-36	0.20	92.06	80.00	NO CUMPLE	12.06
6	BZ-36	BZ-37	0.20	90.85	80.00	NO CUMPLE	10.85
7	BZ-6A	BZ-7A	0.20	103.45	80.00	NO CUMPLE	23.45
8	BZ-12A	BZ-13A	0.20	76.54	80.00	CUMPLE	-
9	BZ-16A	BZ-44	0.25	43.59	100.00	CUMPLE	-
10	BZ-43	BZ-44	0.20	111.04	80.00	NO CUMPLE	31.04
11	BZ-48	BZ-49	0.25	26.17	100.00	CUMPLE	-

4.1.2 Rugosidad – coeficientes de Manning.

La Organización Panamericana de la Salud, (2005) y el Reglamento Nacional de Edificaciones, (2011) y sus modificatorias, indican que un sistema de alcantarillado bien construido tendrá un coeficiente de rugosidad máximo, $n = 0.013$, de obtener mayores valores significa que las tuberías presentan: Desgaste considerable, desviaciones en las alineaciones y pendientes, variación en las dimensiones interiores, existencia de sedimentos y construcción de baja calidad.

En la tabla 25 se observa que los tramos 1,3 y 4 presentan un coeficiente de rugosidad mayor a 0.013, de lo observado en campo se debe a desviaciones en el alineamiento de las tuberías y a la acumulación de sedimentos en el fondo de las mismas.

Tabla 25*Evaluación del coeficiente de rugosidad.*

Coeficientes de Manning				
Tramo N.º	Buzón de Inicio	Buzón de Llegada	Material de Tubería	Coef. De Manning
1	BZ-04	BZ-05	PVC	0.016
2	BZ-18	BZ-19	PVC	0.011
3	BZ-20	BZ-21	PVC	0.015
4	BZ-29	BZ-36	PVC	0.018
5	BZ-34	BZ-36	PVC	0.012
6	BZ-36	BZ-37	PVC	0.013
7	BZ-6A	BZ-7A	PVC	0.011
8	BZ-12A	BZ-13A	PVC	0.012
9	BZ-16A	BZ-44	PVC	0.012
10	BZ-43	BZ-44	PVC	0.013
11	BZ-48	BZ-49	PVC	0.012

4.1.3 Tensión tractiva.

La norma OS.070 especifica la tensión tractiva mínima que deben tener los tramos de una red de alcantarillado sanitario igual a 1 Pa.

De los resultados obtenidos observamos en la tabla 26 que la totalidad de los tramos evaluados superan el valor mínimo establecido por la norma.

Tabla 26*Evaluación de tensión tractiva.*

Tensión Tractiva Real					
Tramo N.º	Buzón de Inicio	Buzón de Llegada	Tensión Tractiva Real (Pa)	Tensión Tractiva Min. (Pa)	CUMPLE/NO CUMPLE
1	BZ-04	BZ-05	1.828	1.00	CUMPLE
2	BZ-18	BZ-19	11.040	1.00	CUMPLE
3	BZ-20	BZ-21	1.943	1.00	CUMPLE
4	BZ-29	BZ-36	5.712	1.00	CUMPLE
5	BZ-34	BZ-36	5.116	1.00	CUMPLE
6	BZ-36	BZ-37	15.971	1.00	CUMPLE
7	BZ-6A	BZ-7A	14.485	1.00	CUMPLE
8	BZ-12A	BZ-13A	15.897	1.00	CUMPLE
9	BZ-16A	BZ-44	5.435	1.00	CUMPLE
10	BZ-43	BZ-44	12.922	1.00	CUMPLE
11	BZ-48	BZ-49	22.078	1.00	CUMPLE

4.1.4 Velocidad.

La norma OS.070 especifica que la velocidad mínima admisible es de 0.60 m/s y la máxima de 5 m/s, también sugiere que la velocidad no deber superar a la velocidad critica calculada para cada tramo con la ecuación (14).

De los resultados obtenidos en la tabla 27 observamos que dos tramos presentan valores por debajo del mínimo señalado, estos tramos son los mismos que presentan un coeficiente de rugosidad mayor a 0.013, como se observó en la tabla 25, los resultados obtenidos son coherentes puesto que la velocidad y el coeficiente de rugosidad son magnitudes inversamente proporcionales lo que significa que a mayor coeficiente de rugosidad se obtendrán menores velocidades.

Tabla 27*Evaluación de la velocidad.*

Velocidad en la Red							
Tramo N.º	Buzón de Inicio	Buzón de Llegada	Velocidad en la Red (m/s)	Vel. Min Según Norma (m/s)	Vel. Max Según Norma (m/s)	Vel. Crítica Según Norma (m/s)	CUMPLE/NO CUMPLE
1	BZ-04	BZ-05	0.341	0.60	5.00	1.18	NO CUMPLE
2	BZ-18	BZ-19	1.199	0.60	5.00	1.18	CUMPLE
3	BZ-20	BZ-21	0.458	0.60	5.00	2.01	NO CUMPLE
4	BZ-29	BZ-36	0.668	0.60	5.00	2.12	CUMPLE
5	BZ-34	BZ-36	0.747	0.60	5.00	1.08	CUMPLE
6	BZ-36	BZ-37	1.469	0.60	5.00	1.85	CUMPLE
7	BZ-6A	BZ-7A	1.656	0.60	5.00	1.72	CUMPLE
8	BZ-12A	BZ-13A	1.615	0.60	5.00	1.79	CUMPLE
9	BZ-16A	BZ-44	0.970	0.60	5.00	2.08	CUMPLE
10	BZ-43	BZ-44	1.365	0.60	5.00	1.96	CUMPLE
11	BZ-48	BZ-49	1.931	0.60	5.00	1.97	CUMPLE

4.1.5 Pendientes.

Evaluaremos la pendiente en función de los dos criterios de diseño descritos en el ítem 2.2.5.2, por el criterio de la tensión tractiva y por el criterio de la velocidad.

El criterio de diseño por tensión tractiva especifica que la pendiente mínima de instalación de las tuberías será aquella que permita obtener un valor mayor o igual a 1 Pa para la tensión tractiva.

El criterio de la velocidad señala que las pendientes mínimas serán aquellas que permitan obtener una velocidad de 0.6 m/s al menos una vez al día pues esto asegurará el arrastre de los sólidos y la acumulación de sedimentos

Por lo descrito, analizado y de acuerdo a los resultados obtenidos para la tensión tractiva y velocidad mínima las pendientes de las tuberías en estudio son adecuadas.

Tabla 28*Evaluación de la pendiente.*

Pendientes en la Red					
Tramo N.º	Buzón de Inicio	Buzón de Llegada	Tensión Tractiva Real (Pa)	Velocidad en la Red (m/s)	Pendiente de la Red (%)
1	BZ-04	BZ-05	1.83	0.34	4.89%
2	BZ-18	BZ-19	11.04	1.20	29.52%
3	BZ-20	BZ-21	1.94	0.46	1.78%
4	BZ-29	BZ-36	5.71	0.67	4.74%
5	BZ-34	BZ-36	5.12	0.75	16.38%
6	BZ-36	BZ-37	15.97	1.47	17.46%
7	BZ-6A	BZ-7A	14.49	1.66	18.18%
8	BZ-12A	BZ-13A	15.90	1.62	18.57%
9	BZ-16A	BZ-44	5.43	0.97	4.69%
10	BZ-43	BZ-44	12.92	1.37	12.52%
11	BZ-48	BZ-49	22.08	1.93	22.50%

4.1.6 Caudal Máximo horario.

En la tabla 20 se presentan los caudales máximos horarios obtenidos para cada tramo evaluado, de los resultados podemos apreciar que los caudales son pequeños con respecto a la capacidad de la tubería, sin embargo el Reglamento Nacional de Edificaciones (2011) y sus modificatorias especifica el caudal mínimo igual a 1.5 l/s, esto con la finalidad de prevenir la pérdida de capacidad, dado que flujos menores pueden generar velocidades menores a 0.60 m/s ocasionando la acumulación de sedimentos, efecto que se observa en los tramos 1 y 3.

4.1.7 Descripción de la planta de tratamiento.

La planta de tratamiento de aguas residuales instalada presenta un funcionamiento peculiar, sus unidades de tratamiento cumplen funciones muy singulares que no se apejan a lo propuesto por la norma OS.90 del Reglamento Nacional de Edificaciones y/u otro modelo patentado. La

PTAR está equipada con tres estructuras de tratamiento sus características, dimensiones y su funcionamiento hidráulico se describe en los siguientes párrafos.

Estructura de llegada: Cumple dos objetivos, recibir el agua residual del emisor, y la vez mediante cribas realizar un tratamiento preliminar, como podemos observar en la figura 29, el afluente es recibido en un canal, el cual se bifurca en dos canales equipados cada uno con dos compuertas y una criba, los canales son de sección rectangular con un ancho de 0.40 metros, una longitud de 4.24 metros y una profundidad de 1.17 metros, en la parte final presentan una ampliación de su sección, la cual se reduce y regresa a las dimensiones iniciales para dar paso al canal de salida, el que se conecta a una tubería que conducirá el efluente de esta unidad hasta la siguiente estructura de tratamiento. Cabe señalar que las compuertas se encuentran en mal estado de conservación y una de ellas está completamente inoperativa, las cribas están colapsadas por falta de limpieza y el agua se encuentra acumulada en la estructura generando mal olor y el desborde de la misma en las horas de máximo consumo.

Figura 29

Estructura de llegada - vista en planta.



Figura 30

Estructura de llegada - vista lateral.



Tanque Imhoff, construido con el objetivo de remover los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables.

La estructura es un tanque rectangular de 9.67 metros de largo, 5.96 metros de ancho y 2.90 metros de altura, el fondo presenta una sección transversal en forma de V y está equipado con un sedimentador de 0.91 metros de ancho a lo largo del eje longitudinal.

El agua residual ingresa al tanque por medio de una tubería de 200 mm de diámetro (ver figura 32) y es evacuada del mismo por medio de dos tuberías, las cuales inician en el fondo del tanque (ver figura 33) se abren hacia los lados de forma inclinada ganando una altura de 1.92 metros con respecto al fondo, mediante un codo de 90 grados se cambia la dirección de las mismas hacia la izquierda, a su salida del tanque se conectan a una válvula la que permite controlar por cuál de las tuberías será evacuado el efluente hacia la siguiente unidad de tratamiento.

Esta unidad de tratamiento está incompleta, puesto que debería tener una estructura de salida al término del sedimentador y conectarse al emisor final, esta carencia hace que los sólidos

sedimentables ingresen a los lechos de secado continuamente y generen el desbordamiento de las aguas residuales en la estructura antes mencionada.

Figura 31

Tanque Imhoff - vista en planta.



Figura 32

Tanque Imhoff – tubería de ingreso del agua residual.



Figura 33

Tanque Imhoff – tubería de salida del agua residual.



Lechos de secado es una estructura rectangular de 9.67 metros de largo por 8.66 metros de ancho, al centro del eje longitudinal presenta un muro divisorio que divide a la estructura en dos compartimentos de 8.66 metros de largo por 4.835 metros de ancho, cada compartimento presenta un canal central de sección rectangular (canal de derivación) de 0.47 de ancho por 0.36 metros de alto, tapado con tapas perforadas, el fondo presenta una ligera inclinación hacia el canal y sobre este se ha colocado una capa de grava de 0.20 metros de espesor que funcionaría como medio filtrante.

El agua residual ingresa a esta estructura por medio de una tubería de 200 mm diámetro (ver figura 34) proveniente del tanque Imhoff, el agua es recibida en una plancha de concreto que la dispersa en todas las direcciones hacia el fondo de la estructura, el agua residual se filtra por la capa de grava y es evacuada por el canal de derivación hacia otro canal (canal de recolección) que se encuentra en la parte externa de la estructura, este conduce el efluente hasta una caja de registro donde inicia el emisor final que conduce el efluente hasta el punto de descarga en el Rio Shirac.

De acuerdo con pobladores que poseen terrenos cercanos a la PTAR esta estructura colapsa con frecuencia lo que provoca el rebalse del agua por encima de la estructura hacia el camino de herradura, generando mal olor, contaminación de los terrenos cercanos y molestias en la población.

Figura 34

Lechos de secado – vista en planta.



Figura 35

Lechos de secado – fondo de la estructura.



Figura 36

Lechos de secado – desborde del agua residual.



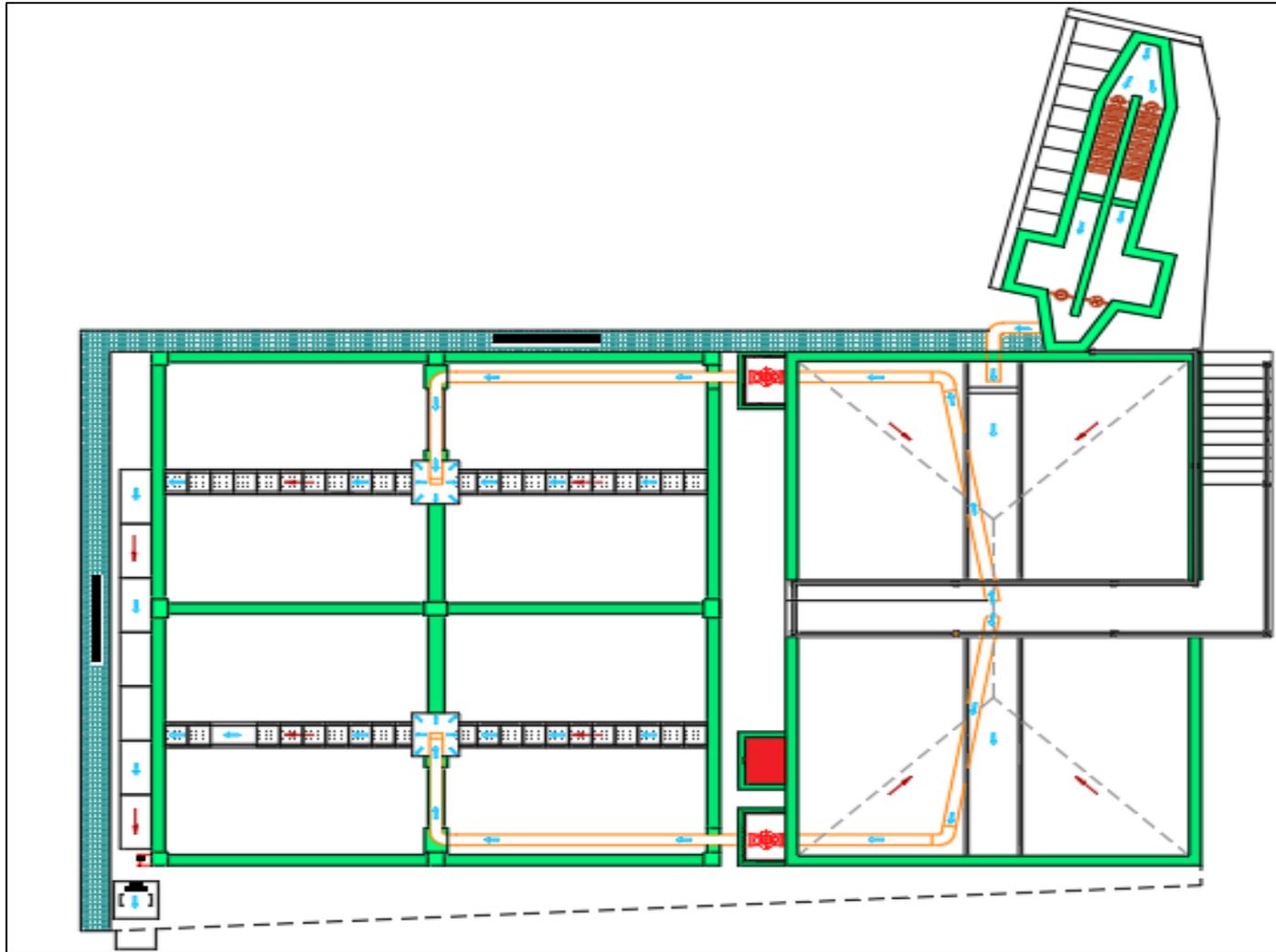
Figura 37

Contaminación de alrededores con el agua residual.



Figura 38

Flujograma de la planta de la planta de tratamiento.



NOTA. En la figura se presentan las unidades de tratamiento, las flechas de color celeste indican el sentido del flujo.

4.2 Discusión de resultados.

4.2.1 De los diámetros y de la separación de buzones.

De los 11 tramos evaluados 4 no cumplen con la separación máxima entre buzones, al ser los tramos evaluados una muestra representativa de todo el sistema podemos inferir que existen más tramos que presentan la misma deficiencia, lo que representa un riesgo latente, pues de producirse un atoro en estos tramos la dificultad de solucionarlo representará un gasto considerable y de un tiempo mayor al que se utilizaría si la distancia estuviese dentro de los límites permisibles, esto podría desencadenar el colapso de la red, la contaminación del medio ambiente y malestar en la población.

El diámetro de la tubería por otro lado esta sobredimensionado, de acuerdo con los resultados obtenidos para los caudales actuantes y por la topografía que presenta la zona se habría podido utilizar sin mayor problema un diámetro de 150 mm, lo que hubiese supuesto en un momento menor costo de inversión.

Por todos estos motivos concluimos que el sistema es deficiente en cuanto la separación de buzones y el diámetro de tubería instalada.

4.2.2 Del coeficiente de rugosidad.

De la evaluación realizada tres tramos de once presentan un coeficiente mayor a 0.013, valor que sugiere el Reglamento Nacional de Edificaciones utilizar en el diseño y/o evaluación de sistemas de alcantarillado, obtener un mayor valor puede deberse a varios factores, para este caso en específico de lo observado en campo, se debe a la acumulación de sedimentos en el fondo de las tuberías y a desviaciones en los alineamientos de las tuberías , es importante señalar que los tramos que presentan esta problemática son aquellos cuya pendiente esta entre el rango de 1% a

5%, por lo que se infiere que todos los tramos que presenten estas pendientes tendrían problemas con la sedimentación, por lo que se sugiere la ejecución de mantenimiento de la red como solución.

4.2.3 De la tensión tractiva.

De los 11 tramos evaluados la totalidad cumplen con la establecido en la Norma OS.070 y presentan valores mayores a 1 Pa, por lo que el sistema no debería presentar problemas de acumulación de sedimentos, sin embargo la falta de mantenimiento y la presencia de caudales inferiores a 1.5 l/s están causando sedimentación en aquellos tramos cuyas pendientes están en los rangos de 1% al 5%, como solución inmediata se sugiere realizar acciones de mantenimiento, también se recomienda implementar un plan de inspección y mantenimiento del sistema.

4.2.4 De la velocidad.

De los 11 tramos evaluados, el tramo 1 y 3 presentan valores menores al mínimo establecido por la norma, cabe señalar que son los mismos tramos que presentan un coeficiente de rugosidad mayor a 0.013, esto no es una coincidencia, puesto que la velocidad de acuerdo al Reglamento nacional de Edificaciones es calculada con la fórmula de Manning, por lo tanto la velocidad depende del coeficiente de rugosidad que presenten las tuberías, a mayor coeficiente menor velocidad, por lo mencionado y por lo observado en campo es la acumulación de sedimentos, desviaciones en las tuberías y caudales menores a los mínimos establecidos lo que está provocando un comportamiento hidráulico deficiente en el sistema.

4.2.5 De las pendientes.

De acuerdo con la Norma OS.070 las pendientes deben ser calculadas por el criterio de la tensión tractiva y la pendiente mínima admisible será aquella con la cual se obtengan valores de tensión tractiva mayores o iguales a 1 Pa, de la evaluación hidráulica todos los tramos evaluados cumplen con lo antes señalado por lo que las pendientes son las adecuadas.

4.2.6 Del caudal máximo horario.

Los caudales obtenidos en cada tramo son pequeños con respecto a la capacidad de la tubería por lo que no existe ni existirá el riesgo de un colapso del sistema por falta de capacidad hidráulica, pero si existe la posibilidad de acumulación de sedimentos por velocidades menores a la mínima establecida debido a que los caudales son inferiores a 1.5 l/s.

4.2.7 De la planta de tratamiento.

Como hemos visto en el ítem 4.1.7, las estructuras instaladas para el tratamiento del agua residual presentan un funcionamiento hidráulico peculiar, ajeno a lo establecido en la Norma OS. 090 y/o a otro modelo patentado, actualmente operan sin criterio técnico y esto se refleja en el colapso permanente de sus estructuras, con respecto a la estructura de llegada carece de un desarenador, las cribas se encuentran colapsadas por falta de limpieza y las compuertas su estado es deplorable, lo que influirá en el funcionamiento adecuado de las demás estructuras.

La segunda estructura, un tanque Imhoff, presenta múltiples deficiencias de diseño, en cuanto a sus dimensiones (largo, ancho y profundidad) no guardan relación con lo dispuesto en el Reglamento Nacional de Edificaciones (2011) y sus modificatorias, por otro lado su funcionamiento hidráulico es completamente particular e incoherente, el efluente es evacuado por el fondo de la estructura y su tiempo de retención hidráulico oscila entre los 12.86 minutos muy por debajo de lo estipulado que es de 1.5 h a 2.5 h, también se ha podido comprobar que la remoción de sólidos sedimentables es del 55% menor a lo indicado que es del 60% al 70 %, lo que implica que el efluente evacuado estará cargado de un porcentaje considerable de carga contaminante, por lo que esta estructura deberá ser modificada y adaptada a los lineamientos del Reglamento Nacional de Edificaciones (2011) y sus modificatorias, a las características de la zona y del agua residual a tratar. Estructuralmente e hidráulicamente la estructura es deficiente.

La tercera estructura, lechos de secado, pero que actualmente vienen funcionando como filtros percoladores, implementados con una capa de grava en el fondo y un canal en el centro que conduce el agua residual hacia el emisor final, recibe permanentemente el efluente del tanque Imhoff, este efluente que viene cargado de sólidos sedimentables por la poca eficiencia de la estructura 2, satura rápidamente la grava, lo que provoca el colapso y el posterior desborde del agua residual hacia los alrededores de la PTAR causando un foco de contaminación y el malestar en la población. La estructura 3 está desempeñando un papel ajeno para el que fue diseñada, la función de un lecho de secado es recibir los lodos que se generan en un tanque Imhoff para su deshidratación respectiva y su posterior eliminación en un determinado tiempo, por lo que la problemática descrita persistirá si no se corrige y se adecua técnicamente el tanque Imhoff.

Otra deficiencia que presenta la planta en general es que carece de un cerco perimétrico y medidas de seguridad, esto representa y atenta contra la vida, puesto que al ser estructuras profundas existe el riesgo de caídas a desnivel.

Por lo descrito anteriormente el funcionamiento hidráulico de las estructuras de tratamiento es deficiente.

4.2.8 Del afluente de la PTAR y los VMA.

Los resultados obtenidos en los ensayos químicos instrumentales- fisicoquímicos- microbiológicos realizados al afluente en el buzón de ingreso a la PTAR lo comparamos en la tabla 29 con los Valores Máximos Admisibles (VMA) para afluentes establecidos en el D.S 010-2019- VIVIENDA, los resultados de la muestra evaluada son menores a los establecidos en la norma, por lo que no existe riesgo de daño a las estructuras y tubería.

Tabla 29*Afluente y los VMA.*

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO DE ENTRADA	VMA	CUMPLE/NO CUMPLE
Aceites y Grasas	mg/L	21.7	100	CUMPLE
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	68.4	500	CUMPLE
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	153.3	1000	CUMPLE
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	78.0	500	CUMPLE

4.2.9 Del efluente de la PTAR y los LMP.

Los resultados obtenidos en los ensayos químicos instrumentales - fisicoquímicos-microbiológicos realizados al efluente en el punto de descarga lo comparamos en la tabla 30 con los límites máximos permisibles (LMP) para efluentes establecidos en el D.S 003-2010-MINAN, la muestra evaluada excede el LMP en cuanto a los coliformes termotolerantes, como se muestra a continuación, por lo que será necesario evaluar la construcción de una cámara de cloración y/o una laguna facultativa.

Tabla 30*Efluente y los LMP.*

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO DE DESCARGA	LPM	CUMPLE/NO CUMPLE
Aceites y Grasas	mg/L	5.8	20	CUMPLE
Coliformes Termotolerantes (fecales)	NMP/100 ml	5.40E+06	10,000	NO CUMPLE
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	13.9	100	CUMPLE
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	47.8	200	CUMPLE
Ph a 25 °C	unidad	7.61	6.5-8.5	CUMPLE
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	7.2	150	CUMPLE

4.2.10 De la eficiencia de la PTAR.

En el ítem 4.2.9 se hace una comparación de resultados obtenidos para una muestra puntual en el punto de descarga con los límites máximos permisibles para efluentes establecidos en el DS-

003-2010-MINAN, la eficiencia de tratamiento es deficiente, por lo que se requiere en primer lugar adecuar las estructuras construidas a lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones 2011 y sus modificatorias, para que puedan funcionar adecuadamente y cumplan con el objetivo para las que fueron construidas, realizar un nuevo muestro y de acuerdo a los resultados obtenidos si persiste el exceso equipar a la PTAR con lagunas facultativas y/o cámara de cloración.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

- El sistema de alcantarillado sanitario de localidad de Shirac construido en el año 2007 presenta las siguientes estructuras: Una red de recolección formada por 70 buzones y 72 tramos de tubería PVC de 200 mm de diámetro, sus pendientes varían del 1.78% al 29.52%; y una planta de tratamiento de agua residual equipada con tres estructuras, obras de llegada, un tanque Imhoff y lechos de secado. Actualmente el sistema tiene un funcionamiento hidráulico deficiente debido a deficiencias de diseño y la falta de mantenimiento preventivo.
- Se determinó el coeficiente de Manning en el emisor (Tramo 11) $n = 0.012$ y en los tramos representativos del sistema obteniendo valores que varían de $n = 0.011$ a $n = 0.013$ en los tramos 2, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 y valores de $n = 0.016$, 0.015 y 0.018 en los tramos 1, 3 y 4 respectivamente.
- Se estimó el caudal máximo horario en el emisor (Tramo 11) $Q = 2.55$ l/s y en los tramos representativos del sistema obteniendo valores que varían desde los 0.09 L/s a los 1.76 l/s, los valores obtenidos en su mayoría son inferiores al mínimo establecido en la norma OS.070.
- Se estimó la tensión tractiva en el emisor (Tramo 11) $\tau = 22.08$ Pa y en los tramos representativos del sistema obteniendo valores que varían desde los 1.83 Pa a los 15.97 Pa, todos los tramos superan el valor mínimo especificado por la Norma OS.070.
- Se estimó la velocidad real en el emisor (Tramo 11) $V = 1.93$ m/s y en los tramos representativos del sistema obteniendo valores que varían desde los 0.67 m/s hasta los 1.66 m/s en los tramos 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10. Los tramos 1 y 3 no cumplen con la velocidad mínima establecida en la norma OS.070 de 0.60 m/s, presentan valores de 0.34 m/s y 0.458 m/s respectivamente.

- La planta de tratamiento de agua residual presenta dos niveles de tratamiento: un tratamiento preliminar el cual está equipado con una estructura de llegada compuesta por cribas y compuertas, actualmente se encuentra colapsada y su eficiencia hidráulica es deficiente; y un tratamiento primario equipado con un tanque Imhoff cuyo funcionamiento hidráulico es particular y ajeno a lo establecido en norma OS.070 por lo que es necesario adecuarlo a los criterios de diseño de la norma y pueda de esta manera cumplir con su objetivo de tratamiento de forma eficiente, complementario a estas estructuras tiene lechos de secado, los cuales vienen funcionando como filtros percoladores.

5.2 Recomendaciones.

- Se recomienda realizar a la brevedad posible un mantenimiento general de la red, puesto que existen tramos con acumulación de sedimentos en las tuberías y buzones colapsados.
- Se recomienda adecuar las estructuras de tratamiento a lo señalado en la norma OS.090 del Reglamento Nacional de Edificaciones y darles el uso correcto para el que fueron construidas.
- Para la limpieza de las tuberías y la eliminación de los sedimentos depositados en el fondo de las mismas se recomienda por medio de un tanque dejar un caudal del 50% de la capacidad de la tubería en los tramos de arranque.
- Se recomienda al gobierno local, en este caso la Municipalidad Distrital de José Manuel Quiroz concientizar a la población sobre la importancia y los beneficios de contar con un sistema de alcantarillado eficiente y seguro, e implementar una cuota familiar igual o similar a la del servicio de agua potable con el objetivo de generar recursos para el mantenimiento y operación del sistema.
- Se recomienda, a la brevedad posible, implementar a la PTAR con un cerco perimétrico adecuado, el no contar con uno atenta contra la vida y la integridad física de los pobladores.

BIBLIOGRAFÍA

- CEPIS, OPS, & OMS. (2005). Guía para el diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y Lagunas de Estabilización. 1° ed. Lima, Perú. Editorial: COSUDE. pp. 11,16,20.
- CEPIS, OPS, & OMS. (2005). Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado. 1° ed. Lima, Perú. Editorial: COSUDE. pp. 24-27.
- Comisión Nacional del Agua. (2009). Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario. 1° ed. Coyoacán, México. Editorial D.R. © Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. p.5.
- Comisión Nacional del Agua. (2019). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento: Alcantarillado Sanitario. 1° ed. Coyoacán, México. Editorial D.R. © Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. pp.2-42, 104.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. (1991). Manual de aforos. 1° ed. Morelos, México. Editorial: Subcoordinación editorial, IMTA. p.3.
- López, R. (1995). Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado 1° ed. Santafé de Bogotá, Colombia. Editor: Escuela Colombiana de Ingeniería. p.165.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2011). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú. Editorial: Grupo Universitario S.A.C. pp. 167-196.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. (2023). Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026. 2° ed. Lima, Perú. Editorial: Biblioteca Nacional del Perú N.º 2022-05908. p. 153.
- Ministerio del Ambiente. (2009). Manual para Municipios Ecoeficientes. 1° ed. Lima, Perú. Editorial: ENOTRIA S.A. p. 20.
- Oblitas, L. (2010). Servicios de agua potable y saneamiento en el Perú: Beneficios potenciales y determinantes de éxito. Santiago de Chile, Chile. Editorial: Copyright@Naciones Unidas. p.7.

- Organización Mundial de la Salud. (2019). Guías para el Saneamiento y la Salud. Ginebra, Suiza. Editorial: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. p. XII.
- Pérez, R. (2013). Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras. 1° ed. Bogotá, Colombia. Editorial: Ecoe Ediciones. pp. 3.
- Sánchez, A. (1995). Proyecto de sistema de alcantarillado (1° ed.). México. Editorial: D.R Instituto Politecnico Nacional. pp.25, 38.

LINKOGRAFÍA

- Albarrán, L. (2019). Evaluación de los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable de la Localidad de Shirac, San Marcos - Cajamarca. Propuesta de Mejora. (*Tesis de Titulación*). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú.p.22. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14074/3009>
- Cerquin, R. (2013). Evaluación de la Red de Alcantarillado del Jiron la Cantuta en la Ciudad de Cajamarca. (*Tesis de Titulación*). Univeridad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. 82pp. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14074/683>
- De los Rios, J. (2000). *Aforo de colectores método de medición manual (no instrumental)*. Lima, Perú. p.4. Disponoible en: <https://www.oocities.org/jdelosri/Aforo92.pdf>
- Flores, A. (2016). Evaluación y Propuesta de Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado Sanitario de Las Asociaciones Pro Vivienda 28 de Julio, Kantu, Villa Mercedes y Vista Alegre – Cusco. (*Tesis de Titulación*). Universidad Andina del Cusco, Cusco, Perú. 240pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12557/701>
- López, J. A., & Gutiérrez, S. (2021). Diagnóstico y evaluación del Colector principal del sistema de Alcantarillado Combinado del municipio de Mistrató – Risaralda. (*Tesis de Titulación*). Universidad Anatonio Nariño, Sede Pereira, Pereira, Colombia. 81pp. Disponible en: <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/3846>.
- Montenegro, M. G. (2017). Evaluación Tecnológica del Proyecto Instalación del Sistema de Alcantarillado en las Localidades Santa Clara y Pativilca Pitipo-Ferreñafe-Lambayeque Según Norma OS.070. (*Tesis de Titulación*). Universidad Nacional de Cajamarca, Jaen - Cajamarca, Perú. pp.67. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14074/1073>

- Nogales , S., & Quispe, D. (2009). Material de Apoyo Didáctico de "Diseño y Métodos Constructivos de Sistemas de Alcantarillado y Evacuación de Aguas Residuales" para la Materia de Ingeniería Sanitaria II. *Trabajo Dirigido por Adscripción, Presentado para Optar al Diploma Académico de Lincenciatura en Ingeniería Civil*. Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia. p.46. Disponible en: <http://www.fcyt.umss.edu.bo/materias/>
- Oscullo, J., & Tipán, B. (2016). Evaluación y Rediseño del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Planta de Tratamiento para la Urb. Bohíos de Jatumpamba, Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha. (*Tesis de Titulación*). Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. 171pp. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16780>.
- Porta, Y. J. (2021). Evaluación del Alcantarillado Sanitario del Anexo Ancalahuata para Determinar su Comportamiento en Estado Crítico. (*Tesis de Titulación*). Universidad Peruana los Andes, Huancayo, Perú. 119pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12848/2598>.
- Ruiz, A. J. (2022). Diagnóstico y Evaluación del Sistema de Alcantarillado Sanitario en la Inspección de San Javier en el Municipio de la Mesa Cundimarca. (*Tesis de Titulación*). Universidad Santo Tomás, Bogotá, Colombia. 78pp. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11634/45887>
- Vásquez, W. (2017). Estudio Comparativo del Comportamiento Estructural de una Edificación con y sin Disipadores de Energía Considerando el Efecto de la Interacción Suelo - Estructura. (*Tesis de Titulación*). Universidad Nacional de Cajamarca, Cajamarca, Perú. p. 46. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.14074/1045>
- Vierendel. (2009). *Abastecimiento de agua y alcantarillado* (4° ed.). Lima, Perú. p. 124. Disponible en: <https://es.slideshare.net/slideshow/abastecimiento-de-agua-y-alcantarillado-vierendel-109548611/109548611>.

ANEXOS

Anexo 1: Profundidades de Plantilla de tuberías.

Tabla 31

Profundidades de las plantillas de tuberías

TRAMO N.º	BUZÓN DE INICIO		BUZÓN DE LLEGADA	
	N.º	PROFUNDIDAD TUBERÍA DE SALIDA (m)	N.º	PROFUNDIDAD TUBERÍA DE LLEGADA (m)
1	BZ-04	1.33	BZ-05	1.21
2	BZ-18	1.37	BZ-19	1.39
3	BZ-20	1.33	BZ-21	1.31
4	BZ-29	1.72	BZ-36	2.41
5	BZ-34	1.59	BZ-36	2.33
6	BZ-36	2.43	BZ-37	0.50
7	BZ-6A	1.59	BZ-7A	1.54
8	BZ-12A	1.53	BZ-13A	1.32
9	BZ-16A	1.59	BZ-44	1.56
10	BZ-43	1.80	BZ-44	0.56
11	BZ-48	2.04	BZ-49	1.08

Anexo 2: Aforo de Colectores 1

Tabla 32

Tiempos y tirantes – tramos representativos

Tramo Representativo 1: BZ-04 AL BZ-05			Tramo Representativo 2: BZ-18 AL BZ-19		
N.º	Tiempo (T) (seg)	Tirante Promedio (d) (m)	N.º	Tiempo (T) (seg)	Tirante Promedio (d) (m)
1	41.45	0.0230	1	26.21	0.011
2	41.99	0.0240	2	25.89	0.012
3	41.45	0.0230	3	28.45	0.010
4	40.39	0.0240	4	28.72	0.010
5	40.92	0.0240	5	25.35	0.012
6	40.20	0.0240	6	26.58	0.011
7	39.94	0.0250	7	25.82	0.012
8	39.80	0.0240	8	26.28	0.011
9	39.96	0.0240	9	27.55	0.010
10	39.50	0.0250	10	22.94	0.013
Tramo Representativo 3: BZ-20 AL BZ-21			Tramo Representativo 4: BZ-29 AL BZ-36		
N.º	Tiempo (T) (seg)	Tirante Promedio (d) (m)	N.º	Tiempo (T) (seg)	Tirante Promedio (d) (m)
1	140.58	0.0180	1	45.05	0.019
2	144.40	0.0190	2	45.32	0.020
3	143.97	0.0180	3	44.28	0.020
4	138.40	0.0190	4	45.80	0.020
5	135.44	0.0190	5	46.53	0.200
6	138.30	0.0180	6	44.12	0.019
7	139.29	0.0170	7	43.91	0.020
8	143.53	0.0180	8	44.55	0.020
9	139.60	0.0180	9	43.39	0.019
10	140.63	0.0190	10	45.48	0.019
Tramo Representativo 5: BZ-34 AL BZ-36			Tramo Representativo 6: BZ-36 AL BZ-37		
N.º	Tiempo (T) (seg)	Tirante Promedio (d)	N.º	Tiempo (T) (seg)	Tirante Promedio (d) (m)
1	60.48	0.012	1	61.25	0.012
2	63.21	0.013	2	60.24	0.014
3	62.25	0.012	3	60.09	0.013
4	61.29	0.013	4	59.11	0.014
5	63.36	0.013	5	63.19	0.014
6	63.36	0.013	6	60.02	0.012
7	63.11	0.013	7	59.05	0.014
8	60.27	0.011	8	60.62	0.014
9	60.79	0.011	9	61.18	0.013
10	60.60	0.011	10	59.97	0.012

Tramo Representativo 7: BZ-06A AL BZ-07A			Tramo Representativo 8: BZ-12A AL BZ-13A		
N.º	Tiempo (T) (seg)	Tirante Promedio (d) (m)	N.º	Tiempo (T) (seg)	Tirante Promedio (d) (m)
1	63.06	0.0100	1	49.01	0.0120
2	66.52	0.0100	2	45.17	0.0140
3	66.62	0.0100	3	45.85	0.0130
4	62.35	0.0100	4	48.33	0.0110
5	62.84	0.0100	5	46.42	0.0110
6	71.80	0.0090	6	49.25	0.0130
7	76.05	0.0090	7	45.03	0.0120
8	75.71	0.0090	8	45.16	0.0110
9	86.52	0.0070	9	45.55	0.0140
10	85.85	0.0070	10	42.20	0.0130
Tramo Representativo 9: BZ-16A AL BZ-44			Tramo Representativo 10: BZ-43 AL BZ-44		
N.º	Tiempo (T) (seg)	Tirante Promedio (d) (m)	N.º	Tiempo (T) (seg)	Tirante Promedio (d) (m)
1	63.73	0.0100	1	80.41	0.0150
2	62.19	0.0100	2	82.16	0.0145
3	61.72	0.0100	3	81.64	0.0140
4	63.98	0.0100	4	80.72	0.0155
5	57.44	0.0120	5	80.31	0.0135
6	55.45	0.0110	6	80.42	0.0150
7	48.79	0.0130	7	80.37	0.0150
8	55.52	0.0110	8	81.50	0.0140
9	51.40	0.0130	9	81.07	0.0140
10	56.23	0.0110	10	80.53	0.0150
Tramo Representativo 11: BZ-48 AL BZ-49					
N.º	Tiempo (T) (seg)	Tirante (d) (m)			
1	12.49	0.0150			
2	12.57	0.0150			
3	12.76	0.0160			
4	12.39	0.0150			
5	12.79	0.0160			
6	12.02	0.0140			
7	12.82	0.0160			
8	12.49	0.0160			
9	12.22	0.0150			
10	12.49	0.0160			

Anexo 3: Proceso de obtención del coeficiente de rugosidad de los tramos evaluados.

Tabla 33

Proceso de obtención del coeficiente de rugosidad de los tramos evaluados.

PROCESO DE OBTENCIÓN DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE LOS TRAMOS EVALUADOS												
TRAMO REPRESENTATIVO 2: BZ-18 AL BZ-19												
N.º	Tiemp. (T) (seg)	Long. (L) (m)	V. Superf. (Vs) $V_s = L/T$ (m/s)	V. Media (Vm) $V_m = V_s * 0.90$ (m/s)	Diam. (D) (m)	Tirant. (d) (m)	Ángulo (θ) (rad)	Área (A) (m ²)	Per. Moj. (P_m) (m)	Rad. Hid. (R_h) (m)	Pend. (S) (m/m)	Coef. Man. (n) (adimensional)
1	26.21	52.60	2.007	1.806	0.20	0.011	0.95	0.0007	0.0947	0.0071	0.295	0.011
2	25.89	52.60	2.032	1.829	0.20	0.012	0.99	0.0008	0.0990	0.0078	0.295	0.012
3	28.45	52.60	1.849	1.664	0.20	0.010	0.90	0.0006	0.0902	0.0065	0.295	0.011
4	28.72	52.60	1.832	1.648	0.20	0.010	0.90	0.0006	0.0902	0.0065	0.295	0.011
5	25.35	52.60	2.075	1.868	0.20	0.012	0.99	0.0008	0.0990	0.0078	0.295	0.011
6	26.58	52.60	1.979	1.781	0.20	0.011	0.95	0.0007	0.0947	0.0071	0.295	0.011
7	25.82	52.60	2.037	1.834	0.20	0.012	0.99	0.0008	0.0990	0.0078	0.295	0.012
8	26.28	52.60	2.002	1.802	0.20	0.011	0.95	0.0007	0.0947	0.0071	0.295	0.011
9	27.55	52.60	1.909	1.718	0.20	0.010	0.90	0.0006	0.0902	0.0065	0.295	0.011
10	22.94	52.60	2.293	2.064	0.20	0.013	1.03	0.0009	0.1031	0.0084	0.295	0.011
Coeficiente de Manning Promedio (n)												0.011

TRAMO REPRESENTATIVO 3: BZ-20 AL BZ-21

N.º	Tiemp. (T) (seg)	Long. (L) (m)	V. Superf. (V_s) V _s = L/T (m/s)	V. Media (V_m) V _m = V _s *0.90 (m/s)	Diam. (D) (m)	Tirant. (d) (m)	Ángulo (θ) (rad)	Área (A) (m ²)	Per. Moj. (P_m) (m)	Rad. Hid. (R_h) (m)	Pend. (S) (m/m)	Coef. Man. (n) (adimensional)
1	140.58	72.19	0.513	0.462	0.20	0.0180	1.22	0.0014	0.1219	0.0115	0.018	0.015
2	144.40	72.19	0.500	0.450	0.20	0.0190	1.25	0.0015	0.1253	0.0121	0.018	0.016
3	143.97	72.19	0.501	0.451	0.20	0.0180	1.22	0.0014	0.1219	0.0115	0.018	0.015
4	138.40	72.19	0.522	0.469	0.20	0.0190	1.25	0.0015	0.1253	0.0121	0.018	0.015
5	135.44	72.19	0.533	0.480	0.20	0.0190	1.25	0.0015	0.1253	0.0121	0.018	0.015
6	138.30	72.19	0.522	0.470	0.20	0.0180	1.22	0.0014	0.1219	0.0115	0.018	0.014
7	139.29	72.19	0.518	0.466	0.20	0.0170	1.18	0.0013	0.1183	0.0109	0.018	0.014
8	143.53	72.19	0.503	0.453	0.20	0.0180	1.22	0.0014	0.1219	0.0115	0.018	0.015
9	139.60	72.19	0.517	0.465	0.20	0.0180	1.22	0.0014	0.1219	0.0115	0.018	0.015
10	140.63	72.19	0.513	0.462	0.20	0.0190	1.25	0.0015	0.1253	0.0121	0.018	0.015
Coeficiente de Manning Promedio (n)												0.015

TRAMO REPRESENTATIVO 4: BZ-29 AL BZ-36

N.º	Tiemp. (T) (seg)	Long. (L) (m)	V. Superf. (V_s) V _s = L/T (m/s)	V. Media (V_m) V _m = V _s *0.90 (m/s)	Diam. (D) (m)	Tirant. (d) (m)	Ángulo (θ) (rad)	Área (A) (m ²)	Per. Moj. (P_m) (m)	Rad. Hid. (R_h) (m)	Pend. (S) (m/m)	Coef. Man. (n) (adimensional)
1	45.05	32.85	0.729	0.656	0.20	0.019	1.25	0.0015	0.1253	0.0121	0.047	0.017
2	45.32	32.85	0.725	0.652	0.20	0.020	1.29	0.0016	0.1287	0.0127	0.047	0.018
3	44.28	32.85	0.742	0.668	0.20	0.020	1.29	0.0016	0.1287	0.0127	0.047	0.018
4	45.80	32.85	0.717	0.646	0.20	0.020	1.29	0.0016	0.1287	0.0127	0.047	0.018
5	46.53	32.85	0.706	0.635	0.20	0.020	1.29	0.0016	0.1287	0.0127	0.047	0.019
6	44.12	32.85	0.745	0.670	0.20	0.019	1.25	0.0015	0.1253	0.0121	0.047	0.017
7	43.91	32.85	0.748	0.673	0.20	0.020	1.29	0.0016	0.1287	0.0127	0.047	0.018
8	44.55	32.85	0.737	0.664	0.20	0.020	1.29	0.0016	0.1287	0.0127	0.047	0.018
9	43.39	32.85	0.757	0.681	0.20	0.019	1.25	0.0015	0.1253	0.0121	0.047	0.017
10	45.48	32.85	0.722	0.650	0.20	0.019	1.25	0.0015	0.1253	0.0121	0.047	0.018
Coeficiente de Manning Promedio (n)												0.018

TRAMO REPRESENTATIVO 5: BZ-34 AL BZ-36

N.º	Tiemp. (T) (seg)	Long. (L) (m)	V. Superf. (Vs) $V_s = L/T$ (m/s)	V. Media (Vm) $V_m = V_s \cdot 0.90$ (m/s)	Diam. (D) (m)	Tirant. (d) (m)	Ángulo (θ) (rad)	Área (A) (m ²)	Per. Moj. (P_m) (m)	Rad. Hid. (R_h) (m)	Pend. (S) (m/m)	Coef. Man. (n) (adimensional)
1	60.48	92.06	1.522	1.370	0.20	0.012	0.99	0.0008	0.0990	0.0078	0.164	0.012
2	63.21	92.06	1.456	1.311	0.20	0.013	1.03	0.0009	0.1031	0.0084	0.164	0.013
3	62.25	92.06	1.479	1.331	0.20	0.012	0.99	0.0008	0.0990	0.0078	0.164	0.012
4	61.29	92.06	1.502	1.352	0.20	0.013	1.03	0.0009	0.1031	0.0084	0.164	0.012
5	63.36	92.06	1.453	1.308	0.20	0.013	1.03	0.0009	0.1031	0.0084	0.164	0.013
6	63.36	92.06	1.453	1.308	0.20	0.013	1.03	0.0009	0.1031	0.0084	0.164	0.013
7	63.11	92.06	1.459	1.313	0.20	0.013	1.03	0.0009	0.1031	0.0084	0.164	0.013
8	60.27	92.06	1.528	1.375	0.20	0.011	0.95	0.0007	0.0947	0.0071	0.164	0.011
9	60.79	92.06	1.514	1.363	0.20	0.011	0.95	0.0007	0.0947	0.0071	0.164	0.011
10	60.60	92.06	1.519	1.367	0.20	0.011	0.95	0.0007	0.0947	0.0071	0.164	0.011
Coeficiente de Manning Promedio (n)												0.012

TRAMO REPRESENTATIVO 6: BZ-36 AL BZ-37

N.º	Tiemp. (T) (seg)	Long. (L) (m)	V. Superf. (V_s) V _s = L/T (m/s)	V. Media (V_m) V _m = V _s *0.90 (m/s)	Diam. (D) (m)	Tirant. (d) (m)	Ángulo (θ) (rad)	Área (A) (m ²)	Per. Moj. (P_m) (m)	Rad. Hid. (R_h) (m)	Pend. (S) (m/m)	Coef. Man. (n) (adimensional)
1	61.25	90.85	1.483	1.335	0.20	0.012	0.99	0.0008	0.0990	0.0078	0.175	0.012
2	60.24	90.85	1.508	1.357	0.20	0.014	1.07	0.0010	0.1071	0.0090	0.175	0.013
3	60.09	90.85	1.512	1.361	0.20	0.013	1.03	0.0009	0.1031	0.0084	0.175	0.013
4	59.11	90.85	1.537	1.383	0.20	0.014	1.07	0.0010	0.1071	0.0090	0.175	0.013
5	63.19	90.85	1.438	1.294	0.20	0.014	1.07	0.0010	0.1071	0.0090	0.175	0.014
6	60.02	90.85	1.514	1.362	0.20	0.012	0.99	0.0008	0.0990	0.0078	0.175	0.012
7	59.05	90.85	1.539	1.385	0.20	0.014	1.07	0.0010	0.1071	0.0090	0.175	0.013
8	60.62	90.85	1.499	1.349	0.20	0.014	1.07	0.0010	0.1071	0.0090	0.175	0.013
9	61.18	90.85	1.485	1.337	0.20	0.013	1.03	0.0009	0.1031	0.0084	0.175	0.013
10	59.97	90.85	1.515	1.363	0.20	0.012	0.99	0.0008	0.0990	0.0078	0.175	0.012
Coeficiente de Manning Promedio (n)												0.013

TRAMO REPRESENTATIVO 7: BZ-6A AL BZ-7A

N.º	Tiemp. (T) (seg)	Long. (L) (m)	V. Superf. (V_s) V _s = L/T (m/s)	V. Media (V_m) V _m = V _s *0.90 (m/s)	Diam. (D) (m)	Tirant. (d) (m)	Ángulo (θ) (rad)	Área (A) (m ²)	Per. Moj. (P_m) (m)	Rad. Hid. (R_h) (m)	Pend. (S) (m/m)	Coef. Man. (n) (adimensional)
1	63.06	103.45	1.641	1.477	0.20	0.0100	0.90	0.0006	0.0902	0.0065	0.182	0.010
2	66.52	103.45	1.555	1.400	0.20	0.0100	0.90	0.0006	0.0902	0.0065	0.182	0.011
3	66.62	103.45	1.553	1.398	0.20	0.0100	0.90	0.0006	0.0902	0.0065	0.182	0.011
4	62.35	103.45	1.659	1.493	0.20	0.0100	0.90	0.0006	0.0902	0.0065	0.182	0.010
5	62.84	103.45	1.646	1.482	0.20	0.0100	0.90	0.0006	0.0902	0.0065	0.182	0.010
6	71.80	103.45	1.441	1.297	0.20	0.0090	0.86	0.0005	0.0855	0.0059	0.182	0.011
7	76.05	103.45	1.360	1.224	0.20	0.0090	0.86	0.0005	0.0855	0.0059	0.182	0.011
8	75.71	103.45	1.366	1.230	0.20	0.0090	0.86	0.0005	0.0855	0.0059	0.182	0.011
9	86.52	103.45	1.196	1.076	0.20	0.0070	0.75	0.0003	0.0753	0.0046	0.182	0.011
10	85.85	103.45	1.205	1.085	0.20	0.0070	0.75	0.0003	0.0753	0.0046	0.182	0.011
Coeficiente de Manning Promedio (n)												0.011

TRAMO REPRESENTATIVO 8: BZ-12A AL BZ-13A

N.º	Tiemp. (T) (seg)	Long. (L) (m)	V. Superf. (V_s) V _s = L/T (m/s)	V. Media (V_m) V _m = V _s *0.90 (m/s)	Diam. (D) (m)	Tirant. (d) (m)	Ángulo (θ) (rad)	Área (A) (m ²)	Per. Moj. (P_m) (m)	Rad. Hid. (R_h) (m)	Pend. (S) (m/m)	Coef. Man. (n) (adimensional)
1	49.01	76.54	1.562	1.406	0.20	0.0120	0.99	0.0008	0.0990	0.0078	0.186	0.012
2	45.17	76.54	1.695	1.525	0.20	0.0140	1.07	0.0010	0.1071	0.0090	0.186	0.012
3	45.85	76.54	1.669	1.502	0.20	0.0130	1.03	0.0009	0.1031	0.0084	0.186	0.012
4	48.33	76.54	1.584	1.425	0.20	0.0110	0.95	0.0007	0.0947	0.0071	0.186	0.011
5	46.42	76.54	1.649	1.484	0.20	0.0110	0.95	0.0007	0.0947	0.0071	0.186	0.011
6	49.25	76.54	1.554	1.399	0.20	0.0130	1.03	0.0009	0.1031	0.0084	0.186	0.013
7	45.03	76.54	1.700	1.530	0.20	0.0120	0.99	0.0008	0.0990	0.0078	0.186	0.011
8	45.16	76.54	1.695	1.525	0.20	0.0110	0.95	0.0007	0.0947	0.0071	0.186	0.010
9	45.55	76.54	1.680	1.512	0.20	0.0140	1.07	0.0010	0.1071	0.0090	0.186	0.012
10	42.20	76.54	1.814	1.632	0.20	0.0130	1.03	0.0009	0.1031	0.0084	0.186	0.011
Coeficiente de Manning Promedio (n)												0.012

TRAMO REPRESENTATIVO 9: BZ-16A AL BZ-44

N.º	Tiemp. (T) (seg)	Long. (L) (m)	V. Superf. (Vs) $V_s = L/T$ (m/s)	V. Media (Vm) $V_m = V_s * 0.90$ (m/s)	Diam. (D) (m)	Tirant. (d) (m)	Ángulo (θ) (rad)	Área (A) (m ²)	Per. Moj. (P_m) (m)	Rad. Hid. (R_h) (m)	Pend. (S) (m/m)	Coef. Man. (n) (adimensional)
1	63.73	43.59	0.684	0.616	0.25	0.0100	0.81	0.0007	0.1007	0.0065	0.047	0.012
2	62.19	43.59	0.701	0.631	0.25	0.0100	0.81	0.0007	0.1007	0.0065	0.047	0.012
3	61.72	43.59	0.706	0.636	0.25	0.0100	0.81	0.0007	0.1007	0.0065	0.047	0.012
4	63.98	43.59	0.681	0.613	0.25	0.0100	0.81	0.0007	0.1007	0.0065	0.047	0.012
5	57.44	43.59	0.759	0.683	0.25	0.0120	0.88	0.0009	0.1104	0.0078	0.047	0.012
6	55.45	43.59	0.786	0.707	0.25	0.0110	0.85	0.0008	0.1057	0.0072	0.047	0.011
7	48.79	43.59	0.893	0.804	0.25	0.0130	0.92	0.0010	0.1150	0.0085	0.047	0.011
8	55.52	43.59	0.785	0.707	0.25	0.0110	0.85	0.0008	0.1057	0.0072	0.047	0.011
9	51.40	43.59	0.848	0.763	0.25	0.0130	0.92	0.0010	0.1150	0.0085	0.047	0.012
10	56.23	43.59	0.775	0.698	0.25	0.0110	0.85	0.0008	0.1057	0.0072	0.047	0.012
Coeficiente de Manning Promedio (n)												0.012

TRAMO REPRESENTATIVO 10: BZ-43 AL BZ-44

N.º	Tiemp. (T) (seg)	Long. (L) (m)	V. Superf. (V_s) V _s = L/T (m/s)	V. Media (V_m) V _m = V _s *0.90 (m/s)	Diam. (D) (m)	Tirant. (d) (m)	Ángulo (θ) (rad)	Área (A) (m ²)	Per. Moj. (P_m) (m)	Rad. Hid. (R_h) (m)	Pend. (S) (m/m)	Coef. Man. (n) (adimensional)
1	80.41	111.04	1.381	1.243	0.20	0.0150	1.11	0.0011	0.1110	0.0096	0.125	0.013
2	82.16	111.04	1.352	1.216	0.20	0.0145	1.09	0.0010	0.1090	0.0093	0.125	0.013
3	81.64	111.04	1.360	1.224	0.20	0.0140	1.07	0.0010	0.1071	0.0090	0.125	0.013
4	80.72	111.04	1.376	1.238	0.20	0.0155	1.13	0.0011	0.1128	0.0100	0.125	0.013
5	80.31	111.04	1.383	1.244	0.20	0.0135	1.05	0.0009	0.1051	0.0087	0.125	0.012
6	80.42	111.04	1.381	1.243	0.20	0.0150	1.11	0.0011	0.1110	0.0096	0.125	0.013
7	80.37	111.04	1.382	1.243	0.20	0.0150	1.11	0.0011	0.1110	0.0096	0.125	0.013
8	81.50	111.04	1.362	1.226	0.20	0.0140	1.07	0.0010	0.1071	0.0090	0.125	0.013
9	81.07	111.04	1.370	1.233	0.20	0.0140	1.07	0.0010	0.1071	0.0090	0.125	0.012
10	80.53	111.04	1.379	1.241	0.20	0.0150	1.11	0.0011	0.1110	0.0096	0.125	0.013
Coeficiente de Manning Promedio (n)												0.013

TRAMO REPRESENTATIVO 11: BZ-48 AL BZ-49

N.º	Tiemp. (T) (seg)	Long. (L) (m)	V. Superf. (Vs) $V_s = L/T$ (m/s)	V. Media (Vm) $V_m = V_s \cdot 0.90$ (m/s)	Diam. (D) (m)	Tirant. (d) (m)	Ángulo (θ) (rad)	Área (A) (m ²)	Per. Moj. (P_m) (m)	Rad. Hid. (R_h) (m)	Pend. (S) (m/m)	Coef. Man. (n) (adimensional)
1	12.49	26.17	2.095	1.886	0.25	0.015	0.99	0.0012	0.1237	0.0097	0.225	0.011
2	12.57	26.17	2.082	1.874	0.25	0.015	0.99	0.0012	0.1237	0.0097	0.225	0.012
3	12.76	26.17	2.051	1.846	0.25	0.016	1.02	0.0013	0.1279	0.0103	0.225	0.012
4	12.39	26.17	2.112	1.901	0.25	0.015	0.99	0.0012	0.1237	0.0097	0.225	0.011
5	12.79	26.17	2.046	1.842	0.25	0.016	1.02	0.0013	0.1279	0.0103	0.225	0.012
6	12.02	26.17	2.177	1.960	0.25	0.014	0.96	0.0011	0.1195	0.0091	0.225	0.011
7	12.82	26.17	2.042	1.837	0.25	0.016	1.02	0.0013	0.1279	0.0103	0.225	0.012
8	12.49	26.17	2.095	1.886	0.25	0.016	1.02	0.0013	0.1279	0.0103	0.225	0.012
9	12.22	26.17	2.142	1.928	0.25	0.015	0.99	0.0012	0.1237	0.0097	0.225	0.011
10	12.49	26.17	2.095	1.886	0.25	0.016	1.02	0.0013	0.1279	0.0103	0.225	0.012
Coeficiente de Manning Promedio (n)												0.012

Anexo 4: Aforo de colectores 2.

Tabla 34

Tirantes hidráulicos – tramos representativos.

Tramo Representativo 1: BZ-04 al BZ-05				Tramo Representativo 2: BZ-18 al BZ-19			
Día 1		Día 2		Día 1		Día 2	
N.º	Tirante (d) (m)	N.º	Tirante (d) (m)	N.º	Tirante (d) (m)	N.º	Tirante (d) (m)
1	0.006	1	0.0040	1	0.006	1	0.0050
2	0.006	2	0.0040	2	0.006	2	0.0050
3	0.004	3	0.0030	3	0.005	3	0.0050
4	0.004	4	0.0040	4	0.003	4	0.0040
5	0.003	5	0.0000	5	0.005	5	0.0050
6	0.000	6	0.0030	6	0.006	6	0.0050
7	0.003	7	0.0030	7	0.003	7	0.0040
8	0.000	8	0.0040	8	0.003	8	0.0040
9	0.000	9	0.0040	9	0.006	9	0.0050
10	0.005	10	0.0040	10	0.004	10	0.0040
11	0.005	11	0.0050	11	0.004	11	0.0040
12	0.006	12	0.0040	12	0.005	12	0.0050
13	0.004	13	0.0030	13	0.004	13	0.0050
14	0.006	14	0.0050	14	0.003	14	0.0040
15	0.006	15	0.0050	15	0.004	15	0.0040
16	0.004	16	0.0030	16	0.005	16	0.0050
17	0.004	17	0.0030	17	0.004	17	0.0040
18	0.005	18	0.0000	18	0.004	18	0.0040
Tramo Representativo 3: BZ-20 al BZ-21				Tramo Representativo 4: BZ-29 al BZ-36			
Día 1		Día 2		Día 1		Día 2	
N.º	Tirante (d) (m)	N.º	Tirante (d) (m)	N.º	Tirante (d) (m)	N.º	Tirante (d) (m)
1	0.010	1	0.0110	1	0.020	1	0.0200
2	0.011	2	0.0120	2	0.020	2	0.0200
3	0.017	3	0.0120	3	0.020	3	0.0200
4	0.013	4	0.0140	4	0.020	4	0.0190
5	0.011	5	0.0150	5	0.020	5	0.0190
6	0.011	6	0.0170	6	0.019	6	0.0200
7	0.011	7	0.0150	7	0.019	7	0.0200
8	0.012	8	0.0120	8	0.020	8	0.0190
9	0.013	9	0.0130	9	0.019	9	0.0190
10	0.018	10	0.0120	10	0.020	10	0.0200
11	0.014	11	0.0130	11	0.019	11	0.0200
12	0.013	12	0.0140	12	0.020	12	0.0200
13	0.014	13	0.0140	13	0.019	13	0.0200
14	0.011	14	0.0120	14	0.020	14	0.0190
15	0.012	15	0.0110	15	0.018	15	0.0200
16	0.011	16	0.0110	16	0.020	16	0.0200
17	0.013	17	0.0130	17	0.019	17	0.0190
18	0.012	18	0.0130	18	0.020	18	0.0200

Tramo Representativo 5: BZ-34 al BZ-36				Tramo Representativo 6: BZ-36 al BZ-37			
Día 1		Día 2		Día 1		Día 2	
N.º	Tirante (d) (m)	N.º	Tirante (d) (m)	N.º	Tirante (d) (m)	N.º	Tirante (d) (m)
1	0.003	1	0.0020	1	0.014	1	0.0125
2	0.003	2	0.0030	2	0.015	2	0.0140
3	0.002	3	0.0020	3	0.013	3	0.0125
4	0.002	4	0.0020	4	0.011	4	0.0140
5	0.001	5	0.0030	5	0.010	5	0.0110
6	0.001	6	0.0020	6	0.011	6	0.0145
7	0.001	7	0.0010	7	0.013	7	0.0145
8	0.005	8	0.0010	8	0.015	8	0.0140
9	0.002	9	0.0020	9	0.015	9	0.0140
10	0.003	10	0.0050	10	0.012	10	0.0140
11	0.003	11	0.0040	11	0.015	11	0.0135
12	0.004	12	0.0040	12	0.015	12	0.0130
13	0.003	13	0.0030	13	0.013	13	0.0140
14	0.002	14	0.0020	14	0.014	14	0.0120
15	0.001	15	0.0020	15	0.012	15	0.0140
16	0.002	16	0.0020	16	0.014	16	0.0140
17	0.001	17	0.0010	17	0.013	17	0.0140
18	0.001	18	0.0010	18	0.011	18	0.0140
Tramo Representativo 7: BZ-6A al BZ-7A				Tramo Representativo 8: BZ-12A al BZ-13A			
Día 1		Día 2		Día 1		Día 2	
N.º	Tirante (d) (m)	N.º	Tirante (d) (m)	N.º	Tirante (d) (m)	N.º	Tirante (d) (m)
1	0.009	1	0.0090	1	0.011	1	0.0100
2	0.010	2	0.0100	2	0.012	2	0.0100
3	0.010	3	0.0100	3	0.013	3	0.0110
4	0.010	4	0.0100	4	0.013	4	0.0120
5	0.009	5	0.0110	5	0.012	5	0.0105
6	0.008	6	0.0100	6	0.010	6	0.0140
7	0.008	7	0.0100	7	0.013	7	0.0120
8	0.009	8	0.0090	8	0.011	8	0.0120
9	0.008	9	0.0120	9	0.013	9	0.0140
10	0.013	10	0.0130	10	0.013	10	0.0130
11	0.012	11	0.0110	11	0.013	11	0.0110
12	0.011	12	0.0105	12	0.012	12	0.0120
13	0.010	13	0.0100	13	0.013	13	0.0135
14	0.013	14	0.0120	14	0.013	14	0.0140
15	0.010	15	0.0110	15	0.012	15	0.0140
16	0.009	16	0.0090	16	0.012	16	0.0130
17	0.012	17	0.0100	17	0.014	17	0.0130
18	0.008	18	0.0080	18	0.014	18	0.0110

Caudal Tramo Representativo 9: BZ-16A al BZ-44				Caudal Tramo Representativo 10: BZ-43 al BZ-44			
Día 1		Día 2		Día 1		Día 2	
N.º	Tirante (d) (m)	N.º	Tirante (d) (m)	N.º	Tirante (d) (m)	N.º	Tirante (d) (m)
1	0.014	1	0.0100	1	0.017	1	0.0090
2	0.016	2	0.0100	2	0.014	2	0.0080
3	0.011	3	0.0140	3	0.013	3	0.0150
4	0.010	4	0.0180	4	0.014	4	0.0080
5	0.009	5	0.0100	5	0.013	5	0.0120
6	0.010	6	0.0100	6	0.012	6	0.0110
7	0.015	7	0.0100	7	0.012	7	0.0130
8	0.012	8	0.0110	8	0.014	8	0.0160
9	0.015	9	0.0110	9	0.014	9	0.0130
10	0.018	10	0.0100	10	0.014	10	0.0160
11	0.014	11	0.0120	11	0.014	11	0.0160
12	0.014	12	0.0150	12	0.016	12	0.0160
13	0.013	13	0.0180	13	0.015	13	0.0150
14	0.017	14	0.0140	14	0.011	14	0.0130
15	0.019	15	0.0100	15	0.011	15	0.0140
16	0.018	16	0.0090	16	0.010	16	0.0100
17	0.013	17	0.0110	17	0.012	17	0.0120
18	0.014	18	0.0100	18	0.011	18	0.0130
Tramo Representativo 11: BZ-48 al BZ-49							
Día 1		Día 2		Día 1		Día 2	
N.º	Tirante (d) (m)	N.º	Tirante (d) (m)	N.º	Tirante (d) (m)	N.º	Tirante (d) (m)
1	0.016	1	0.011	1	0.016	1	0.011
2	0.016	2	0.016	2	0.016	2	0.016
3	0.015	3	0.013	3	0.013	3	0.013
4	0.014	4	0.016	4	0.016	4	0.016
5	0.011	5	0.011	5	0.011	5	0.011
6	0.012	6	0.016	6	0.016	6	0.016
7	0.012	7	0.012	7	0.012	7	0.012
8	0.011	8	0.016	8	0.016	8	0.016
9	0.011	9	0.011	9	0.011	9	0.011
10	0.012	10	0.011	10	0.011	10	0.011
11	0.012	11	0.012	11	0.012	11	0.012
12	0.016	12	0.013	12	0.013	12	0.013
13	0.016	13	0.016	13	0.016	13	0.016
14	0.015	14	0.016	14	0.016	14	0.016
15	0.016	15	0.013	15	0.013	15	0.013
16	0.016	16	0.012	16	0.012	16	0.012
17	0.016	17	0.012	17	0.012	17	0.012
18	0.012	18	0.011	18	0.011	18	0.011

Anexo 5: Ensayos químicos instrumentales- fisicoquímicos- microbiológicos

INFORME DE ENSAYO N° IE 01240026

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre	VASQUEZ TIRADO WILTON MANUEL MERCEDES		
Dirección	-		
Persona de contacto	VASQUEZ TIRADO WILTON MANUEL MERCEDES	Correo electrónico	wvasquezt04@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo	12.01.24	Hora de Muestreo	7:00 a 7:30
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	02		
Ensayos solicitados	Químicos Instrumentales- Físicoquímicos- Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación		
Referencia de la Muestra:	San Marcos		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	SC-026	Cadena de Custodia	CC - 0026 - 24
Fecha y Hora de Recepción	12.01.24	15:05	Inicio de Ensayo 12.01.24 15:14
Reporte Resultado	23.01.24	16:40	

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 23 de Enero de 2024

INFORME DE ENSAYO N° IE 01240026

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos					
Código de la Muestra			PTAR Shirac Entrada- PTAR	PTAR Shirac Punto de Descarga	-	-	-	-
Código Laboratorio			01240026-01	01240026-02	-	-	-	-
Matriz			Residual	Residual	-	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Distrito Jose Manuel Quiroz	Distrito Jose Manuel Quiroz	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos					
pH a 25°C	<i>pH</i>	NA	8.100	7.610	-	-	-	-
Sólidos Suspendidos Totales	<i>mg/L</i>	2.5	78.0	7.2	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	<i>mg O2/L</i>	2.6	68.4	13.9	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	<i>mg O2/L</i>	8.3	153.3	47.8	-	-	-	-
Aceites y Grasas	<i>mg/L</i>	1.7	21.7	5.8	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 23 de Enero de 2024

INFORME DE ENSAYO N° IE 01240026

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			PTAR Shirac Entrada- PTAR	PTAR Shirac Punto de Descarga	-	-	-	-
Código Laboratorio			01240026-01	01240026-02	-	-	-	-
Matriz			Residual	Residual	-	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	-	-	-	-
Localización de la Muestra			Distrito Jose Manuel Quiroz	Distrito Jose Manuel Quiroz	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	17 x 10⁶	54 x 10⁵	-	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Cajamarca, 23 de Enero de 2024

INFORME DE ENSAYO N° IE 01240026

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 24 th Ed. 2023: pH Value. Electrometric Method
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A, D, 24 th Ed. 2023: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105 °C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material by Extraction and Gravimetry.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(°) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua . Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditacion otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 23 de Enero de 2024

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

Anexo 6: Certificados de Puntos Geodésicos.



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

SUBDIRECCIÓN DE CERTIFICACIONES



CERTIFICADO DE PUNTO GEODÉSICO

Visto el informe de procesamiento del punto geodésico **CAJ10163** y habiendo verificado el resultado obtenido por la **MUNICIPALIDAD DISTRITAL JOSE MANUEL QUIROZ**, el Instituto Geográfico Nacional procede a certificar la calidad del resultado obtenido, el cual cumple con los requisitos establecidos según Norma Técnica Geodésica, de acuerdo a las siguientes características:

CÓDIGO DEL PUNTO GEODÉSICO		CAJ10163	
COORDENADAS WGS-84			
UTM		GEODÉSICAS	
ESTE	825985.385 m	LATITUD	07°20'57.58736" S
NORTE	9186558.563 m	LONGITUD	78°02'51.43193" O
ZONA	17 Sur	ALT. ELIPSOIDAL	2795.945 m

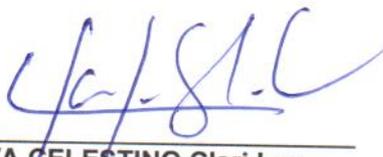
Datos Generales:

- ORDEN: "C"
- UBICACIÓN (Prov. – Dpto.): SAN MARCOS - CAJAMARCA
- ESTACIÓN GNSS BASE: CAJAMARCA (CJ01) - 2020
- ÉPOCA DE OBSERVACIÓN: ABRIL 2023
- NÚM. CORRELATIVO: 2425 – 2023/IGN/DIG/SDCERTIF



Lima, 01 de junio de 2023




SILVA CELESTINO Clari Luz
TTE EP
Subdirectora de Certificaciones

EVALUADO POR: SO2 EP YAKELIN PORTUGENO HUAMANGUILLA

COMPETENCIA

La certificación del punto geodésico no certifica ni define límites territoriales de propiedad, posesión jurisdiccional ni política-administrativa.

Los resultados de la evaluación son eminentemente de gabinete, no se han realizado trabajos de campo.



INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL

SUBDIRECCIÓN DE CERTIFICACIONES



CERTIFICADO DE PUNTO GEODÉSICO

Visto el informe de procesamiento del punto geodésico **CAJ10164** y habiendo verificado el resultado obtenido por la **MUNICIPALIDAD DISTRITAL JOSE MANUEL QUIROZ**, el Instituto Geográfico Nacional procede a certificar la calidad del resultado obtenido, el cual cumple con los requisitos establecidos según Norma Técnica Geodésica, de acuerdo a las siguientes características:

CÓDIGO DEL PUNTO GEODÉSICO		CAJ10164	
COORDENADAS WGS-84			
UTM		GEODÉSICAS	
ESTE	825875.514 m	LATITUD	07°21'03.87527" S
NORTE	9186365.941 m	LONGITUD	78°02'54.96960" O
ZONA	17 Sur	ALT. ELIPSOIDAL	2753.811 m

Datos Generales:

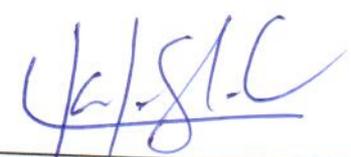
- ORDEN: "C"
- UBICACIÓN (Prov. - Dpto.): SAN MARCOS - CAJAMARCA
- ESTACIÓN GNSS BASE: CAJAMARCA (CJ01) - 2020
- ÉPOCA DE OBSERVACIÓN: MAYO 2023
- NÚM. CORRELATIVO: 2221 - 2023/IGN/DIG/SDCERTIF



*DISCO BRABADO EN EL MES DE ABRIL 2023

Lima, 23 de mayo de 2023




SILVA CELESTINO Clari Luz
TTE EP
Subdirectora de Certificaciones

EVALUADO POR: SO2 EP YAKELIN PORTUGENO HUAMANGUILLA

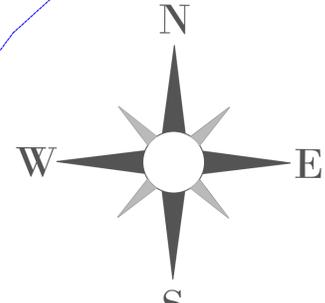
COMPETENCIA

La certificación del punto geodésico no certifica ni define límites territoriales de propiedad, posesión jurisdiccional ni política-administrativa.

Los resultados de la evaluación son eminentemente de gabinete, no se han realizado trabajos de campo.

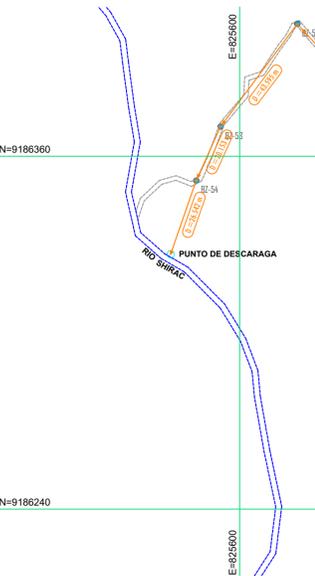
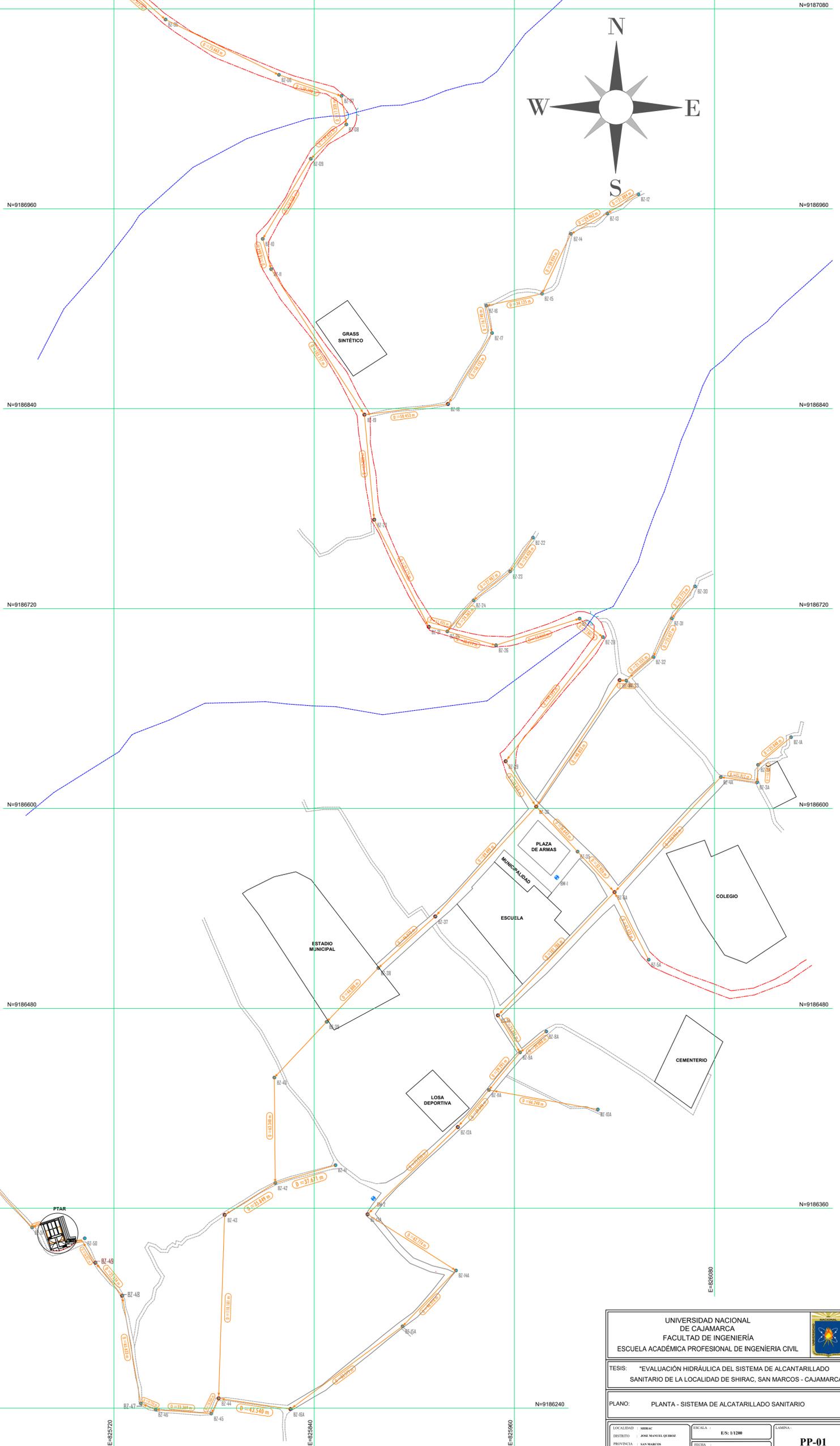
Anexo 7: Planos.

PLANO GENERAL DEL SISTEMA DE SANEAMIENTO SANITARIO DE LA LOCALIDAD DE SHIRAC



ESTE	NORTE	COTA	DESCRIP.
825584.056	9187133.415	2832.354	BZ-01
825640.532	9187141.110	2829.831	BZ-02
825672.090	9187115.783	2827.655	BZ-03
825722.556	9187098.346	2824.914	BZ-04
825750.875	9187073.650	2822.957	BZ-05
825818.845	9187040.410	2819.725	BZ-06
825856.361	9187027.764	2818.886	BZ-07
825859.216	9187010.673	2817.689	BZ-08
825837.952	9186990.048	2815.829	BZ-09
825809.162	9186941.957	2812.316	BZ-10
825814.158	9186923.767	2811.431	BZ-11
826034.236	9186968.754	2872.337	BZ-12
826015.649	9186957.202	2864.782	BZ-13
825993.894	9186944.962	2856.079	BZ-14
825976.526	9186909.003	2846.124	BZ-15
825946.568	9186885.439	2835.335	BZ-17
825943.164	9186901.829	2836.554	BZ-16
825920.135	9186842.818	2824.001	BZ-18
825870.095	9186836.379	2809.128	BZ-19
825875.974	9186773.333	2806.735	BZ-20
825908.690	9186708.999	2805.428	BZ-21
825971.087	9186762.568	2819.566	BZ-22
825957.428	9186742.316	2813.519	BZ-23
825935.470	9186724.963	2810.386	BZ-24
825919.803	9186706.306	2804.462	BZ-25
825948.944	9186698.010	2803.537	BZ-26
825999.027	9186713.964	2802.726	BZ-27
826013.012	9186702.854	2802.261	BZ-28
825954.740	9186628.338	2799.289	BZ-29
826068.231	9186733.323	2829.364	BZ-30
826054.236	9186714.106	2822.381	BZ-31
826043.207	9186690.974	2816.690	BZ-32
826026.966	9186676.802	2812.960	BZ-33
826023.073	9186676.970	2812.562	BZ-34
825997.829	9186574.104	2798.036	BZ-35
825973.069	9186601.116	2798.423	BZ-36
825912.557	9186535.174	2780.868	BZ-37
825878.421	9186504.231	2769.194	BZ-38
825847.429	9186471.870	2766.902	BZ-39
825816.113	9186438.459	2753.946	BZ-40
825852.761	9186385.857	2753.600	BZ-41
825816.652	9186375.121	2746.225	BZ-42
825786.330	9186355.997	2736.030	BZ-43
825782.755	9186245.874	2720.990	BZ-44
825778.300	9186236.694	2720.003	BZ-45
825745.012	9186239.024	2717.047	BZ-46
825736.032	9186242.780	2713.664	BZ-47
825724.947	9186307.470	2698.432	BZ-48
825708.825	9186327.271	2691.726	BZ-49
825700.605	9186341.057	2687.552	BZ-50
826125.798	9186642.806	2836.824	BZ-1A
826106.016	9186626.169	2823.658	BZ-2A
826105.388	9186615.686	2820.588	BZ-3A
826083.702	9186618.825	2813.761	BZ-4A
826040.429	9186509.181	2800.874	BZ-5A
826020.001	9186549.762	2798.070	BZ-6A
825950.111	9186475.763	2779.515	BZ-7A
825979.049	9186466.103	2781.805	BZ-8A
825963.367	9186453.581	2778.209	BZ-9A
826009.962	9186419.316	2775.388	BZ-10A
825944.746	9186430.965	2772.057	BZ-11A
825926.065	9186408.724	2765.796	BZ-12A
825872.013	9186356.362	2751.604	BZ-13A
825924.956	9186322.634	2744.806	BZ-14A
825892.978	9186289.126	2734.690	BZ-15A
825825.810	9186239.395	2723.063	BZ-16A
825670.931	9186348.454	2681.421	BZ-51
825619.583	9186405.007	2671.856	BZ-52
825593.504	9186370.072	2667.465	BZ-53
825585.231	9186351.695	2664.238	BZ-54
825576.563	9186326.608	2655.892	P. DESCARGA

LEYENDA	
	CARRETERA
	CALLE
	CAMINO
	RIO
	QUEBRADA
	PUENTE
	TUBERIA
	BUZÓN
	TRAMO EVALUADO
	PUNTO DESCARGA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL		
TESIS: "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD DE SHIRAC, SAN MARCOS - CAJAMARCA"		
PLANO: PLANTA - SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO		
LOCALIDAD : SHIRAC DISTRITO : JOSÉ MANUEL QUIROS PROVINCIA : CAJAMARCA REGION : CAJAMARCA	ESCALA : E.S. 1:1200 FECHA : DICIEMBRE 2024	LAMINA : PP-01

TRAMOS EVALUADOS DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

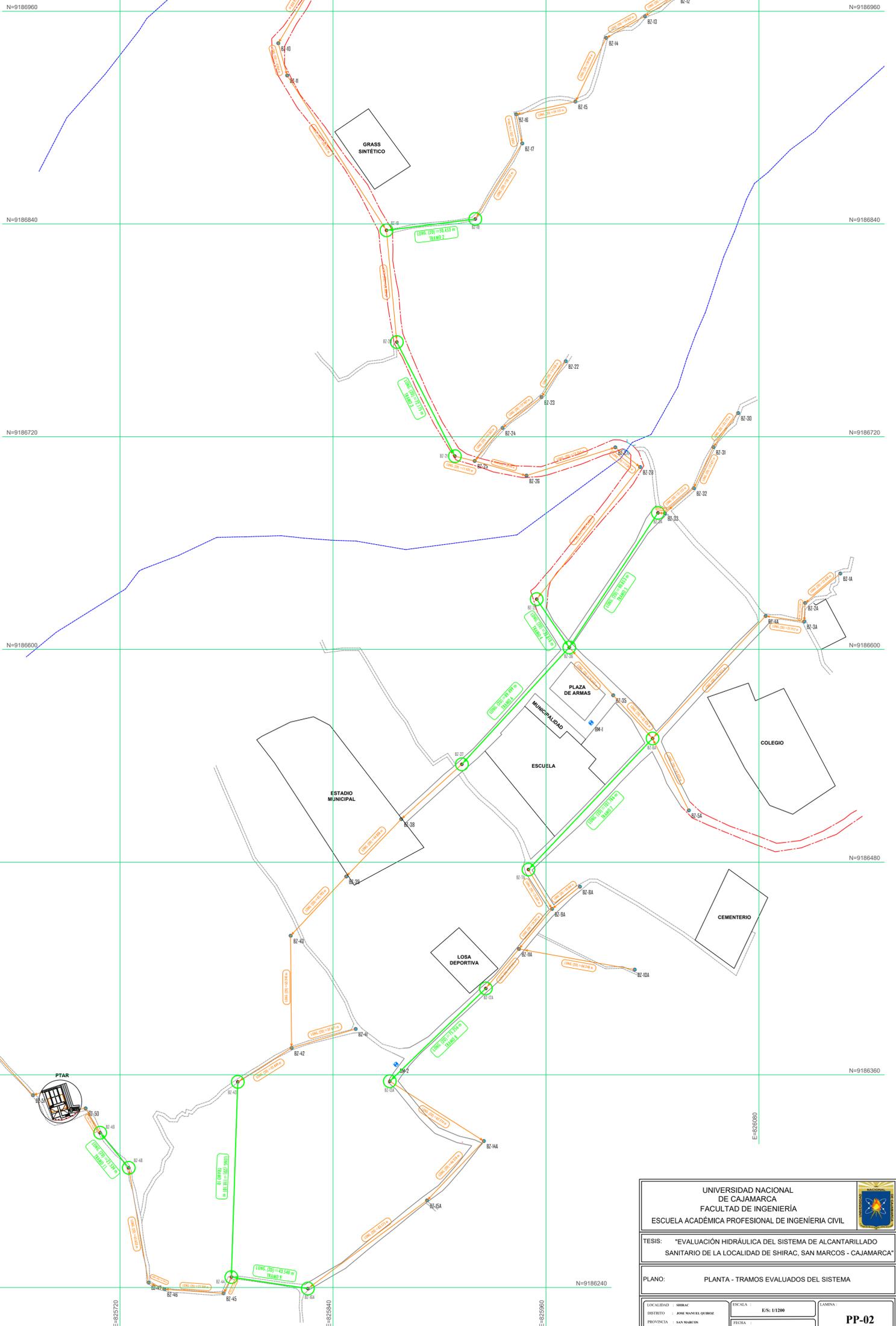
UBICACIÓN DE BUZONES			
DESCRIP.	ESTE	NORTE	COTA
BZ-04	825722.556	9187098.346	2824.914
BZ-05	825750.875	9187073.650	2822.957
BZ-18	825920.135	9186842.818	2824.001
BZ-19	825870.095	9186836.379	2809.128
BZ-20	825875.974	9186773.333	2806.735
BZ-21	825908.690	9186708.999	2805.428
BZ-29	825954.740	9186628.338	2799.289
BZ-34	826023.073	9186676.970	2812.562
BZ-36	825973.069	9186601.116	2798.423
BZ-37	825912.557	9186535.174	2780.868
BZ-43	825786.330	9186355.997	2736.030
BZ-44	825782.755	9186245.874	2720.990
BZ-48	825724.947	9186307.470	2698.432
BZ-49	825708.825	9186327.271	2691.726
BZ-6A	826020.001	9186549.762	2798.070
BZ-7A	825950.111	9186475.763	2779.515
BZ-12A	825926.065	9186408.724	2765.796
BZ-13A	825872.013	9186356.362	2751.604
BZ-16A	825825.810	9186239.395	2723.063

DIÁMETRO Y LONGITUD DE TUBERÍA				
TRAMO N.º	BUZON INICIAL	BUZON FINAL	DIÁMETRO (mm)	*LONG. 3D (m)
1	BZ-04	BZ-05	200	37.620
2	BZ-18	BZ-19	200	52.605
3	BZ-20	BZ-21	200	72.186
4	BZ-29	BZ-36	200	32.854
5	BZ-34	BZ-36	200	92.063
6	BZ-36	BZ-37	200	90.853
7	BZ-6A	BZ-7A	200	103.455
8	BZ-12A	BZ-13A	200	76.543
9	BZ-16A	BZ-44	250	43.588
10	BZ-43	BZ-44	200	111.042
11	BZ-48	BZ-49	250	26.173

PENDIENTE Y TENSIÓN TRACTIVA				
TRAMO N.º	BUZON INICIAL	BUZON FINAL	PENDIENTE (%)	TENSIÓN TRACTIVA (Pa)
1	BZ-04	BZ-05	4.9%	1.83
2	BZ-18	BZ-19	29.5%	11.04
3	BZ-20	BZ-21	1.8%	1.94
4	BZ-29	BZ-36	4.7%	5.71
5	BZ-34	BZ-36	16.4%	5.12
6	BZ-36	BZ-37	17.5%	15.97
7	BZ-6A	BZ-7A	18.2%	14.49
8	BZ-12A	BZ-13A	18.6%	15.90
9	BZ-16A	BZ-44	4.7%	5.43
10	BZ-43	BZ-44	12.5%	12.92
11	BZ-48	BZ-49	22.5%	22.08

VELOCIDAD Y CAUDAL				
TRAMO N.º	BUZON INICIAL	BUZON FINAL	VELOCIDAD (m/s)	*CAUDAL (L/s)
1	BZ-04	BZ-05	0.34	0.09
2	BZ-18	BZ-19	1.20	0.33
3	BZ-20	BZ-21	0.46	0.64
4	BZ-29	BZ-36	0.67	1.09
5	BZ-34	BZ-36	0.75	0.16
6	BZ-36	BZ-37	1.47	1.57
7	BZ-6A	BZ-7A	1.66	1.43
8	BZ-12A	BZ-13A	1.62	1.56
9	BZ-16A	BZ-44	0.97	1.65
10	BZ-43	BZ-44	1.37	1.76
11	BZ-48	BZ-49	1.93	2.55

LEYENDA	
	CARRETERA
	CALLE
	CAMINO
	RIO
	QUEBRADA
	PUENTE
	TUBERÍA
	BUZÓN
	TRAMO EVALUADO
	PUNTO DESCARGA



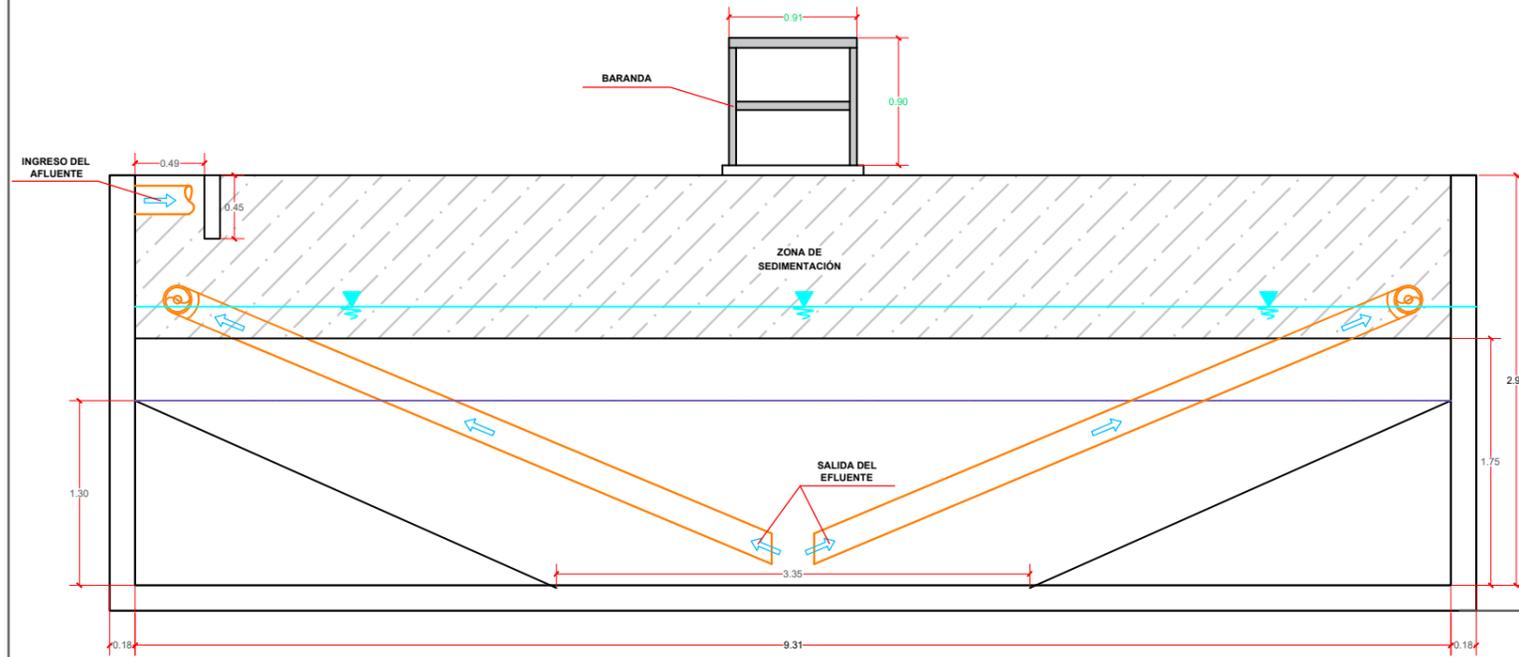
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL				
TESIS: "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD DE SHIRAC, SAN MARCOS - CAJAMARCA"				
PLANO: PLANTA - TRAMOS EVALUADOS DEL SISTEMA				
LOCALIDAD: SHIRAC	ESCALA: E=1:200	CADENA: PP-02		
DISTRITO: JOSE MANUEL QUIROGA	FECHA: DICIEMBRE 2024			
PROVINCIA: SAN MARCOS				
REGION: CAJAMARCA				



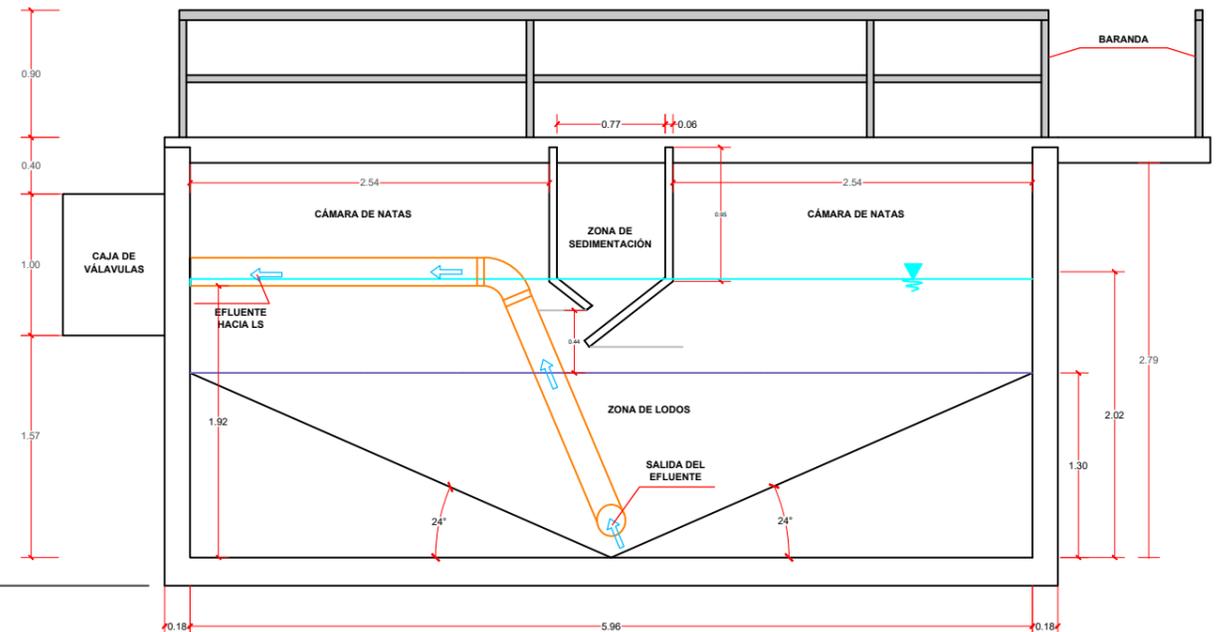
**PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL
VISTA EN PLANTA**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TESIS: "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD DE SHIRAC, SAN MARCOS - CAJAMARCA"		
PLANO: VISTA EN PLANTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL		
LOCALIDAD : SHIRAC DISTRITO : JOSE MANUEL QUIROZ PROVINCIA : SAN MARCOS REGION : CAJAMARCA	ESCALA : E/S: 1/75 FECHA : DICIEMBRE 2024	LAMINA: PA-01

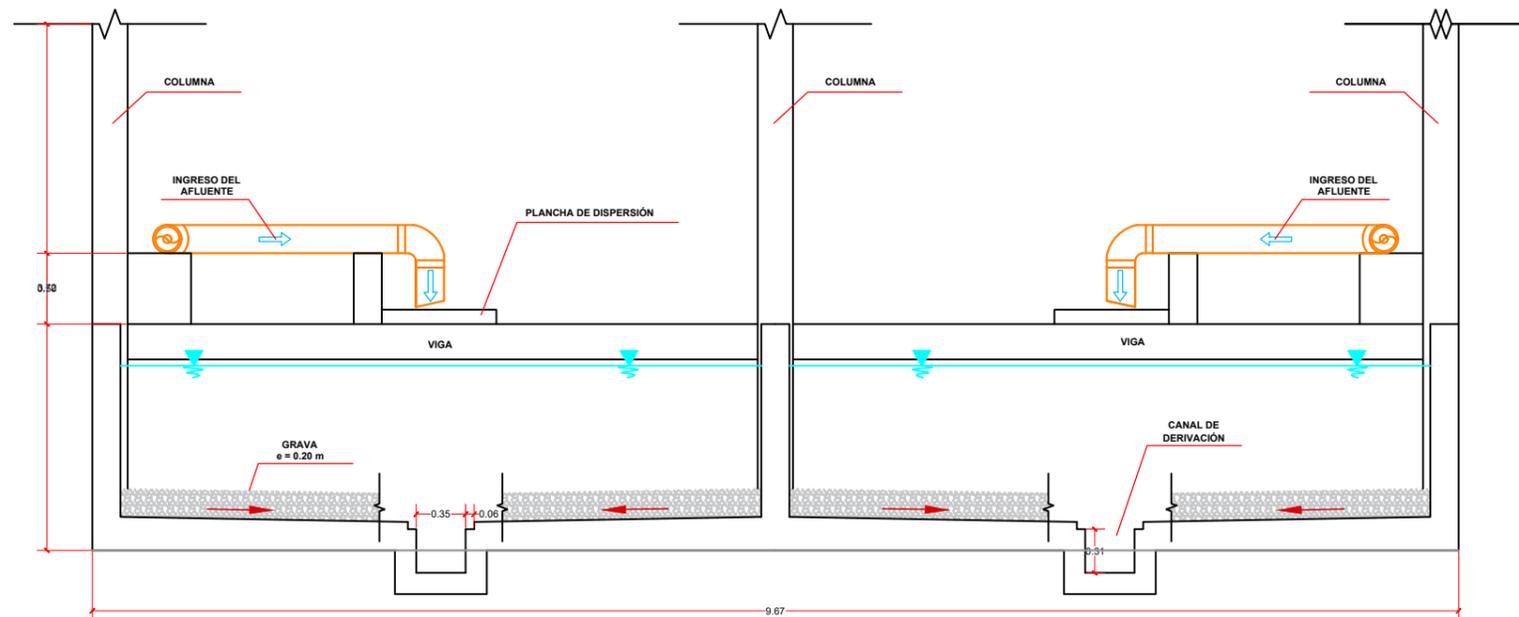
PLANO DE CORTES - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL



CORTE B-B
E/S: 1/50



CORTE A-A
E/S: 1/50



CORTE C-C
E/S: 1/50

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TESIS: "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOCALIDAD DE SHIRAC, SAN MARCOS - CAJAMARCA"		
PLANO: CORTES - PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL		
LOCALIDAD : SHIRAC DISTRITO : JOSE MANUEL QUEROZ PROVINCIA : SAN MARCOS REGION : CAJAMARCA	ESCALA : E/S: 1/50 FECHA : DICIEMBRE 2024	LAMINA PA-02