



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



**“EVALUACIÓN, SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DEL
SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO URBANO EN LA
LOCALIDAD DE ILAVE, PROVINCIA DEL COLLAO, REGIÓN
PUNO-2020”**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. EDILBERTO MAMANI CUTISACA

Bach. PAULO JHENRY PALOMINO QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

A mis queridos padres Benedicto y Sabina por el apoyo incondicional.

Así como a mis queridos hermanos Edith, Fredy y Omar.

También a mi novia y a todos mis amigos, por permitir en mi vida un viaje más feliz.

Edilberto Mamani Cutisaca



DEDICATORIA

A mi familia, por la confianza y el apoyo incondicional que he recibido en todo momento a lo largo de mi desarrollo y formación profesional, por buscar en mí una persona de permanente superación, compromiso y trabajo.

Paulo Jhenry Palomino Quispe



AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por darnos fuerzas para permitirnos desarrollar y culminar el presente trabajo.

A nuestra alma mater Universidad Nacional del Altiplano – Puno, nuestra institución, y en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por habernos dado la oportunidad de conocer este maravilloso mundo de la ingeniería y así poder escalar un peldaño más en el campo del conocimiento.

Al honorable jurado compuesto por él M.Sc.Ing . Zenón Mellado Vargas, M.Sc.Ing. Nestor Eloy Gonzales Sucasaire y el D.Sc.Ing. Félix Rojas Chahuares por el veredicto sapiente y justiciero.

A nuestro director de tesis Ing. Guillermo Nestor Fernandez Sila por las orientaciones, recomendaciones y sobre todo por su confianza.

A nuestra querida familia, de la cual estamos muy orgullosos, gracias a ellos estamos cumpliendo un paso más de lograr nuestro propósito en nuestra vida.

A nuestros compañeros de aula, amigos que cultivamos en nuestra vida universitaria, de ustedes nos llevamos grandes recuerdos inolvidables y les agradecemos profundamente.

Edilberto Mamani y Jhenry Palomino



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

RESUMEN 12

ABSTRACT..... 13

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 14

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... 16

1.2.1. Problema general..... 16

1.2.2. Problemas específicos 16

1.3. JUSTIFICACIÓN..... 16

1.4. OBJETIVOS 17

1.4.1. Objetivo general 17

1.4.2. Objetivos específicos 17

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES..... 18

2.2. MARCO TEÓRICO..... 23

2.2.1. Sistema de alcantarillado..... 23

2.2.2. Condición actual de la red de alcantarillado 28

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN..... 40

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA 40



3.2.1. Población.....	40
3.2.2. Muestra.....	40
3.3. TÉCNICA E INSTRUMENTO	41
3.4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO	41
3.5. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO.....	44
3.6. MATERIALES Y EQUIPOS	44
3.6.1. Equipos Utilizados	44
3.6.2. Reconocimiento del software SewerCAD	48
3.7. PROCEDIMIENTO	50
3.7.1. Investigación en campo.....	50
3.7.2. Investigación en Gabinete	53
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. RESULTADOS	74
4.1.1. Resultados del estado estructural de las tuberías	74
4.1.2. Resultados del análisis del comportamiento hidráulico	76
4.1.3. Resultados de la propuesta de mejora (optimización).....	102
4.2. DISCUSIÓN.....	120
V. CONCLUSIONES	122
VI. RECOMENDACIONES	123
VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	124
ANEXOS.....	129

TEMA: Alcantarillado Sanitario

ÁREA: Hidráulica

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Hidráulica y Medio Ambiente

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 26 de agosto del 2022



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Esquema de un sistema unitario de recolección de aguas servidas y aguas de lluvia.....	24
Figura 2	Esquema de un sistema separado de recolección de aguas servidas y aguas de lluvia.	25
Figura 3	Relación tirante sobre diámetro en colector y emisor	39
Figura 4	Ubicación de la localidad de Ilave.....	42
Figura 5	Ubicación de los tres colectores principales.....	44
Figura 6	Robot EJ-2021	45
Figura 7	Principales elementos del software Sewercad	48
Figura 8	Metodología y utilización del software SewerCAD.....	49
Figura 9	Representación gráfica de la población por varios métodos	58
Figura 10	Plano de redes de alcantarillado existente de la localidad de Ilave.....	64
Figura 11	Polígonos de Thiessen de los colectores de la red principal.....	65
Figura 12	Áreas de drenaje de cada buzón para realizar el aporte de caudales en Arcmap	66
Figura 13	Algunas características de la tubería en SewerCAD	69
Figura 14	Algunas características de buzón en SewerCAD	69
Figura 15	Tirante de agua (H) en conducto circular	71
Figura 16	Resultado de SewerCAD de la tubería T04-01	72
Figura 17	Resultados del estado estructural de tuberías de la red principal de alcantarillado	74
Figura 18	Perfil hidráulico colector principal de Perú BIRF al año cero	83
Figura 19	Perfil hidráulico de colector principal de Caymahui al año cero.	84
Figura 20	Perfil hidráulico de colector principal Santa Rosa al año cero.....	85



Figura 21	Perfil hidráulico de colector principal Perú BIRF al año 20.	96
Figura 22	Perfil hidráulico de colector principal Caymahui al año 20	97
Figura 23	Perfil hidráulico colector principal Santa Rosa al año 20.	98
Figura 24	Perfil hidráulico colector principal Perú BIRF al año 20 (mejora).	110
Figura 25	Perfil hidráulico colector principal Caymahui al año 20 (mejora)	111
Figura 26	Perfil hidráulico de colector principal Santa Rosa al año 20 (mejora)....	112
Figura 27	Comparación de velocidades entre los años cero, 20 y el 20 (mejora) ...	117
Figura 28	Comparación de tirante sobre diámetro entre los años cero, 20 y el 20 (mejora) en la red.....	118
Figura 29	Comparación de tensión tractiva entre los años cero, 20 y el 20 (mejora)	119



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Caudales de Infiltración	31
Tabla 2	Coeficientes de rugosidad (n)	35
Tabla 3	Coeficiente de rugosidad en laboratorio y campo.....	35
Tabla 4	Velocidad Máxima.....	36
Tabla 5	Tensión tractiva mínima por diferentes autores.....	38
Tabla 6	Coordenadas UTM de la localidad de Ilave.....	41
Tabla 7	Coordenadas UTM de inicio y fin de los colectores principales alcantarillado	43
Tabla 8	Calles intervenidas en la red principal	43
Tabla 9	Coordenadas U.T.M. WGS84-Puntos de Control Geodésico.....	51
Tabla 10	Indicadores, calificación e índices de medida de las inspecciones televisivas	53
Tabla 11	Cálculo de razón de crecimiento por método aritmético	54
Tabla 12	Cálculo de razón de crecimiento por método geométrico	55
Tabla 13	Cálculo de tasa de crecimiento promedio por método logarítmico	56
Tabla 14	Cálculo de tasa de crecimiento promedio por método Wappus.....	57
Tabla 15	Población proyectada por varios métodos y promedios	58
Tabla 16	Longitud total de tuberías y números de buzones de localidad de Ilave.....	59
Tabla 17	Caudales en año cero (2020) por áreas de drenaje.....	61
Tabla 18	Longitud total de tuberías y números de buzones en Ilave	62
Tabla 19	Caudales en el año 20 (2040) por áreas de drenaje.....	63
Tabla 20	Aportes de caudales por bombeo a áreas de drenaje año 0.....	66
Tabla 21	Aportes de caudales por bombeo a áreas de drenaje año 20.....	67
Tabla 22	Diámetro interno de tubería	68



Tabla 23	Características de los buzones para el contraste de cálculo manual	71
Tabla 24	Comparación de datos de tubería manual con SewerCAD	72
Tabla 25	Resultados del estado estructural de las tuberías de la red principal de alcantarillado sanitario de la localidad de Ilave.	75
Tabla 26	Resultados de la simulación al año cero (2020).....	77
Tabla 27	Evaluación del comportamiento hidráulico al año cero.....	86
Tabla 28	Resultados de la simulación al año 20 (2040).	90
Tabla 29	Evaluación del comportamiento hidráulico al año 20.....	99
Tabla 30	Resultados de la simulación al año 20 (mejora)	104
Tabla 31	Comparación de características principales de la tubería	113



ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AD	: Área de drenaje.
Bz	: Buzón o cámara de inspección.
CCTV	: Circuito Cerrado de Televisión
CSN	: Concreto simple normalizado
DN	: Diámetro nominal
EBAR	: Estación de bombeo de agua residual
NTP	: Norma Técnica Peruana
PVC	: Policloruro de vinilo
RNE	: Reglamento Nacional de Edificaciones
UGASS	: Unidad de Gestión Administrativa de Servicios de Saneamiento de Ilave.
T	: Tubería



RESUMEN

La investigación se realizó con el propósito de evaluar la condición actual del sistema de alcantarillado sanitario en la localidad de Ilave, región Puno-2020. La indagación es de enfoque cuantitativo, según su finalidad es aplicada, de nivel descriptivo, transeccional o transversal y de diseño no experimental. Como técnica de la investigación, se tomó en cuenta la observación y como instrumentos se utilizaron la información documental proporcionada por parte de UGASS-Ilave, el robot EJ-2021, las fichas técnicas de inspección y los equipos topográficos. La población es 85 700.20 metros de tubería y la muestra es la red principal, que comprende 7 767.60 metros. Los resultados de la investigación son los siguientes: el estado estructural de las tuberías es regular y que existen tramos de la red que no cumplen con el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070. Por lo tanto, se propone la mejora de la red, considerando una población futura de 49 061 habitantes al año 2040, efectuando el cambio de material y diámetro de las tuberías en diferentes tramos de la red.

Palabras clave: Alcantarillado sanitario, estado estructural, evaluación, inspección televisiva.



ABSTRACT

The research was carried out with the purpose of evaluating the current condition of the sanitary sewer system in the town of Ilave, Puno region-2020. The inquiry has a quantitative approach, depending on its purpose is applied, at a descriptive, transactional or cross-sectional level, and with a non-experimental design. As a research technique, observation was taken into account and the documentary information provided by UGASS-Ilave, the EJ-2021 robot, the technical inspection sheets and the topographic equipment were used as instruments. The population is 85,700.20 meters of pipeline and the sample is the main network, which comprises 7,767.60 meters. The results of the investigation are the following: the structural state of the pipes is regular and that there are sections of the network that do not comply with the National Building Regulations OS.070. Therefore, the improvement of the network is proposed, considering a future population of 49,061 inhabitants in the year 2040, changing the material and diameter of the pipes in different sections of the network.

Keywords: Sanitary sewer, structural condition, evaluation, television inspection.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, a nivel mundial se vienen ejecutando una gran cantidad de sistemas de alcantarillado sanitario, estas obras son de gran importancia, ya que; nos permiten desaguar las aguas servidas provenientes de las viviendas, centros comerciales, centros educativos, centros hospitalarios, industrias, etc., evitando la afectación al medio ambiente y previniendo diversas enfermedades que pueden afectar a los pobladores de las zonas donde aún no se tiene este tipo de obras. (Porta, 2021)

El objetivo de la ONU en el 2008 fue reducir a la mitad la cantidad de personas sin acceso al agua y desagüe para el 2015, sin embargo, no se cumplió con la meta y si no se ponen a trabajar para reducir la brecha, esta meta no se cumplirá hasta 2026; se resalta que aún existen alrededor de 2.4 mil millones de personas en el mundo que no tienen los servicios básicos de saneamiento según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (Chalco & Jesús, 2019).

En América Latina (Ensink & Cairncross, 2012) afirman que la cobertura deficiente de saneamiento y los desperfectos en la recolección del alcantarillado pueden provocar la contaminación a gran escala del medio ambiente (p.15).

En el Perú uno de los problemas de saneamiento es el sistema de alcantarillado sanitario debido al desgaste de las tuberías, la antigüedad de uso (aproximadamente 30 años, pero si la descarga es agresiva esta se reduce a 10 años) y la descarga de aguas servidas de las plantas industriales. La norma establece que las industrias deben tratar sus aguas residuales antes de descargarlas al alcantarillado. (Chalco & Jesús, 2019)



El servicio de desagüe, en la localidad de Ilave a nivel general resulta ser limitado; porque el 39% de la población tiene desagüe dentro de su vivienda, este servicio se encuentra consolidado mayormente en la zona urbana y en menor medida en la zona rural y urbano-marginal. (MPCI-PIP, 2016)

Por otro lado, la situación actual del sistema de alcantarillado sanitario en la localidad de Ilave, se encuentra en condiciones imperfectas, debido a que presenta constantes fallas (colapsos, atoros y obstrucciones) en las redes de alcantarillado en diferentes puntos de la localidad. Entre los principales problemas que lo generan se resalta la ausencia de un sistema de drenaje pluvial eficiente, la falta de educación sanitaria de los pobladores de la localidad y la antigüedad que presentan las tuberías (más de 30 años) según (EMSAPUNO, 2012, p. 75).

La situación que presenta la zona urbana en la localidad de Ilave del total de predios ocupados que son 9167, se sabe que 6880 (75.05%) cuenta con el servicio de alcantarillado y 2287 (24.95%) no cuenta con este servicio. También se sabe que las primeras instalaciones de la red de alcantarillado son de tubería de concreto. (MPCI, 2016)

Tomando en cuenta que la situación actual continúe en las mismas condiciones, esto provocará la contaminación de las fuentes de agua y también afectará la salud de la población con la proliferación de enfermedades entéricas.

Por lo tanto, frente a la problemática presentada se realizó la presente investigación, con el objetivo de evaluar el sistema de alcantarillado sanitario actual en la localidad de Ilave, y establecer una propuesta de mejora (optimización).



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la condición actual del sistema del alcantarillado sanitario en la localidad de Ilave, región Puno-2020?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el estado estructural de las tuberías de la red principal de alcantarillado sanitario?
- ¿Cuál es el comportamiento hidráulico de la red principal de alcantarillado sanitario?
- ¿Qué acciones se debe proponer para mejorar la red principal del alcantarillado sanitario?

1.3. JUSTIFICACIÓN

En los últimos años, la población de la localidad de Ilave viene creciendo desproporcionadamente, generando el incremento del caudal en la red principal y ocasionando que el servicio de alcantarillado sanitario sea deficiente. Esto trae como efecto la contaminación de las fuentes de agua (ríos y riachuelos que atraviesan la localidad) y la proliferación de enfermedades entéricas; deteriorando la calidad de vida de la población y el descenso del nivel socioeconómico. Motivo por el cual esta investigación permite conocer, cuáles son las deficiencias del sistema de alcantarillado sanitario en la localidad de Ilave y una vez identificadas dar una propuesta de mejora (optimización) de manera que cumpla con las exigencias mínimas establecidas por el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070.



1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la condición actual del sistema de alcantarillado sanitario en la localidad de Ilave, región Puno-2020.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el estado estructural de las tuberías de la red principal de alcantarillado sanitario.
- Analizar el comportamiento hidráulico de la red principal de alcantarillado sanitario.
- Proponer la mejora de la red principal de alcantarillado sanitario.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES

Internacional

Villafuerte (2022) realizó la indagación con el objetivo de elaborar una metodología de catastro en inspecciones televisivas, mediante un formato de registro catastral eficiente y confiable para diagnosticar con precisión y rapidez los daños que presenta las redes de alcantarillado y así minimizar los gastos innecesarios, reducir el impacto ambiental y social que esto genera. La metodología de la investigación fue de nivel exploratorio. Obtuvo como resultado, la recolección de datos de tres tramos de la red de alcantarillado, analizando los daños detectados, los problemas más relevantes fueron: permeabilidad, oquedad, separación en junta, desviación puntual, grietas, todas estas patologías produzcan afectaciones ambientales y una pérdida de la capacidad hidráulica de la tubería. En la conclusión determinó que la elaboración del catastro que consiste en el levantamiento y actualización de los planos de las redes de agua potable y/o alcantarillado, a partir de la recopilación de datos técnicos en las condiciones actuales de las redes (diámetro de tubería, materiales, profundidades de los tubos, estado de las tuberías, etc.)

Diaz & Heredia (2021) efectuaron la investigación, con el objetivo de conocer la información sobre los métodos actuales de inspección que se realizan a los sistemas de alcantarillado. Obtuvieron como resultado la obtención de diferentes métodos de inspecciones clasificándolas en dos grupos (directos e indirectos). En la conclusión sugieren informar a la comunidad sobre los métodos actuales de inspecciones, que se



realiza a las redes de alcantarillado en diferentes países. Así mismo, proporcionan información sobre la importancia de las inspecciones en las redes de alcantarillado, de este modo permitirá conocer el estado de las redes y saber las zonas donde se requiere intervención.

Castro & Rivera (2021) investigaron con el objetivo de desarrollar una herramienta que muestre la relación costo - beneficio en la toma de decisiones para la selección de técnicas de rehabilitación por falla estructural para los alcantarillados de Bogotá. Obtuvieron como resultado los reportes de CCTV, donde se analizaron 160 fallas reportadas en estado crítico, es decir, con calificación 4 o 5. Con el software R, se encuentra que la falla de fisuras, grietas y fracturas es la más frecuente con un 58% del total de las fallas, seguida de la deformación y rotura o colapso con un 11% y finalmente las juntas desplazadas 10%. Concluyeron, que a partir de la información de los reportes de CCTV y de la base de datos, se determinaron las fallas estructurales, los diámetros, las profundidades y los materiales de las tuberías presentes en el sistema de alcantarillado de Bogotá.

Regalado (2019) efectuó la investigación, con el objetivo de evaluar las condiciones de funcionamiento de los componentes del sistema de alcantarillado y proponer un plan de mejoras mediante la recopilación de información y de inspecciones visuales. Obtuvo como resultado, que los diámetros existentes cumplen con los diámetros obtenidos en la hoja de cálculo diseñados con las normas correspondientes. En el cálculo se tuvieron que adoptar los diámetros mínimos en todos los colectores secundarios y diámetros de 250 mm para los colectores primarios. Concluyó que la red de alcantarillado sanitario del sector tiene un funcionamiento poco aceptable, debido a que en varios tramos la velocidad no es la óptima y por ello es importante un buen plan de mantenimiento y limpieza.



Macas (2019) efectuó la investigación con el objetivo de evaluar la red del sistema de alcantarillado sanitario en el Sector la Chala Parroquia Letamendi cantón Guayaquil, realizando inspecciones de campo, de las condiciones actuales y proponer mejoras al sistema. La metodología de la investigación fue de diseño experimental, de nivel descriptivo. Obtuvo como resultado que colectores del sistema de alcantarillado se encuentran en condiciones de regulares a malos, debido a la antigüedad que presentan y su asentamiento. En la conclusión determinó, que las tuberías principales y secundarias ya inspeccionadas del sistema de alcantarillado, se encuentran en muy mal estado, en la topografía se halló pendientes de (2/1000) y también se encontraron tramos a contrapendiente.

Núñez (2018) indagó con el objetivo de realizar la modelación, simulación, diagnóstico, y determinación de la capacidad hidráulica de la red principal del sistema de alcantarillado de la Zona Urbana del Cantón Crnl. Marcelino Maridueña; mediante el software de análisis y diseño SewerCAD para detectar y prevenir los posibles problemas presentes y futuros de la red. Obtuvo como resultado, que el actual sistema no satisface la demanda proyectada de caudales al cual fue sujeto en su evaluación, pese a que, en el diagnóstico de velocidades mínimas, máximas, fuerza tractiva (propiedad de auto limpieza) tiene buenos resultados. En conclusión, dio una propuesta de mejora que el sistema de alcantarillado requiere sujeto a una proyección de utilidad de 25 años (2042) que implica realizar el cambio de las tuberías existentes.

Vera (2021) indagó con el objetivo realizar un diagnóstico y evaluar la red de alcantarillado sanitario del Barrio Carmen Buchelli donde se detalla cómo está estructurado el sistema de saneamiento y determinar si cumple con los parámetros establecidos en la Norma CO (10.07-601). Obtuvo como resultado la caracterización de varios elementos que conforman el sistema sanitario como: la estación de bombeo, línea



de impulsión, cámara de las ventosas y desagües, cajas de inspección, tirantes y las lagunas de estabilización de las aguas residuales. Concluye que el sistema de alcantarillado cumple con los parámetros de diseño, las tuberías son las adecuadas para las conexiones intradomiciliarias, terciarias, tirantes, colectores y tubería de impulsión.

Nacional

Chalco & Jesús (2019) investigaron, con el objetivo de determinar la evaluación del sistema hidráulico de la red de alcantarillado de la urbanización Ama Kella -San Martín de Porres. La metodología de la investigación es no experimental de corte transversal, de nivel descriptivo, de tipo aplicada y enfoque cuantitativo. Obtuvo como resultado que la evaluación de la pendiente de la red de alcantarillado son deficientes debido a que la velocidad no cumple la velocidad mínima (0.6 m/s) exigida por RNE-OS70. En la conclusión sugiere que los tramos a cambiar son en su totalidad tuberías de CSN de diámetros 200 mm y 300 mm que funcionan como redes secundarias, los cuales tienen una antigüedad superior a 20 años y es necesario su cambio.

Porta (2021) consumo la indagación con el objetivo de determinar el comportamiento del sistema de alcantarillado sanitario del anexo Ancalahuata en estado crítico. La metodología de investigación fue de diseño no experimental de corte transversal, de nivel descriptivo-explicativo, de tipo aplicada y enfoque cuantitativo. Obtuvo como resultado que el comportamiento del sistema de alcantarillado del anexo Ancalahuata en su estado crítico, es deficiente debido a que en la evaluación de menor utilidad se cuenta que los parámetros de diseño en algunos tramos no superan las condiciones mínimas de la norma OS.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones. En la conclusión determinó, que el sistema de alcantarillado es deficiente debido a que no



cumple con las exigencias mínimas establecidas por el Reglamento Nacional de Edificaciones.

Belito (2018) investigó con el objetivo de realizar el modelamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario para mejorar la evacuación y tratamiento adecuada de las aguas residuales, en la ciudad de Huancavelica, provincia y departamento de Huancavelica. La metodología de la investigación fue de nivel descriptivo-correlacional, de corte transversal, de tipo aplicada y enfoque cuantitativo. Obtuvo como resultado que el comportamiento hidráulico de las redes de alcantarillado sanitario en el barrio San Cristóbal se encuentra en buen estado de funcionamiento hidráulico. Concluye que los parámetros hidráulicos como: caudal, velocidad, tensión tractiva, diámetro, relación tirante/diámetro y profundidades de las cámaras de inspección, cumplen con las condiciones indicadas en el RNE.OS.070.



2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Sistema de alcantarillado

Según (Cualla, 2000), señala que el sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, irremesibles para recibir y evacuar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial procedente por la lluvia (p.265).

2.2.1.1. *Sistema de alcantarillado sanitario*

(Cualla, 2000), afirma que el sistema de alcantarillado sanitario es de recolección, diseñado para llevar únicamente aguas residuales domésticas e industriales. (p.266)

Asimismo (CEPIS, 2005) afirma que:

El sistema de alcantarillado sanitario consignado a acarrear y recolectar aguas residuales, utilizando redes de corta profundidad que parten de las instalaciones sanitarias del lote y que son diseñadas bajo el criterio de simplificación y minimización de materiales y juicios constructivos. (p.4)

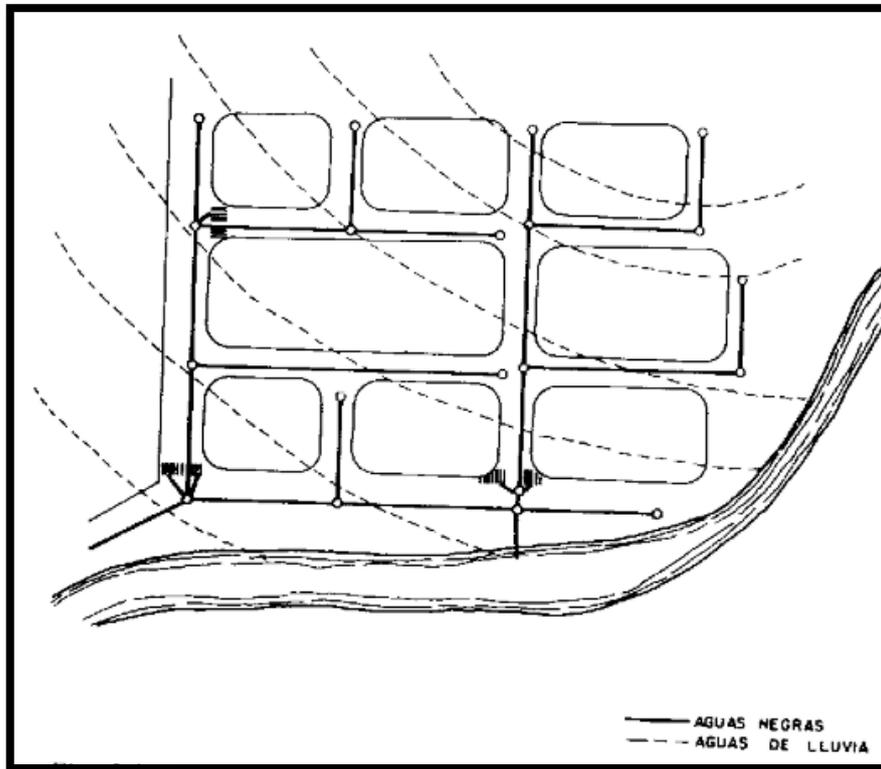
2.2.1.2. *Tipos de sistema de alcantarillado*

a. Sistema unitario

Según (Vierendel, 2009, p.123) afirma que el sistema unitario funciona tanto en el desagüe sanitario y el desagüe fluvial. Además (Arocha, 1983) dice cuando en una zona urbanizada se recogen conjuntamente las aguas negras y las aguas de lluvia, se diseñan y construyen colectores que denominamos sistema unitario, mixto o combinado.

Figura 1

Esquema de un sistema unitario de recolección de aguas servidas y aguas de lluvia



Fuente: (Arocha, 1983)

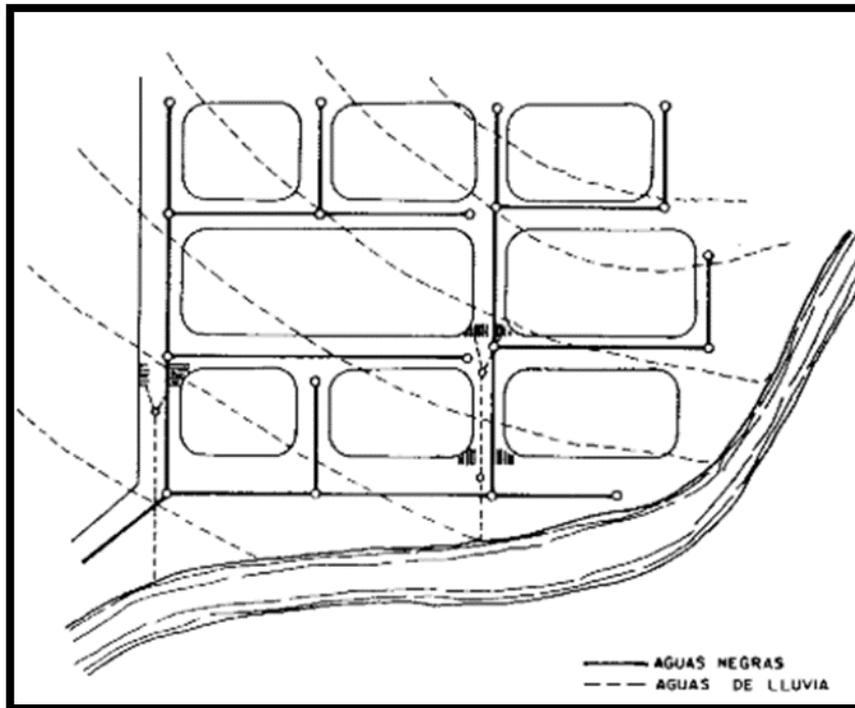
b. Sistema Separado

Los autores (Nogales Soria & Quispe Aricoma, 2009, p.33) afirma que el sistema separado utiliza dos redes íntegramente autónomas de alcantarillado, con cometidos diferentes. Además, (Arocha, 1983) asevera que un sistema separado consigna una red cloacal para conducir las aguas negras y otra red de tuberías, que conjuntamente con las estructuras de recolección, transportarán exclusivamente aguas de lluvia, componiendo así el alcantarillado de aguas pluviales. También el autor (Vierendel, 2009, p.123) dice que el desagüe sanitario y el desagüe pluvial funcionan independientemente.

La localidad de Ilave tiene un sistema de alcantarillado separado. (EMSAPUNO, 2012, p.74)

Figura 2

Esquema de un sistema separado de recolección de aguas servidas y aguas de lluvia.



Fuente: (Arocha, 1983)

2.2.1.3. Área de drenaje

Según (SEDAPAR, 2017) define que, el área de drenaje, es aquella, que contribuye sus descargas de aguas residuales a un determinado colector y está delimitado por los puntos más altos. Además, (Alfaro Melgar, Carranza Cisneros, & Gonzales Reyes, 2012) afirman que el área de drenaje usualmente está compuesta de sub-áreas o subcuencas de diferentes características superficiales. (p.45)

2.2.1.4. Red colectores

Según (Vierendel, 2009, p.123) son los constituidos por tuberías que reciben las descargas de aguas servidas por el alcantarillado de servicio local. En los colectores no se podrá realizar conexiones prediales, además (Arocha, 1983) afirma que la red está constituida por todo el conjunto de tramos; y en ella podemos definir a un colector principal, el cual recibe los aportes de una serie de colectores secundarios que, de acuerdo



de topografía, sirven a diversos sectores de la zona Urbanizada. También, (Pérez Carmona, 2013) asevera que conduce los caudales de los tramos secundarios hasta el sitio de vertimiento o tratamiento. (p.5)

2.2.1.4.1. Tubería

Ubicación

Según el (RNE OS.070, 2016, p.06) considera los siguientes ítems:

- En las calles de 20 m. de ancho o menos se proyectará una línea de alcantarillado de preferencia en el eje de la calle.
- En las calles o avenidas de más de 20 m. de ancho, se proyectarán dos líneas de alcantarillado, una a cada lado de la vía, salvo el caso de que se justifique la instalación de una sola línea.
- Si el ancho de la vereda lo permite y no hay interferencia con otros servicios públicos, la tubería de alcantarillado podrá ubicarse en ella, pero la distancia entre la línea de propiedad y el plano vertical tangente al tubo, deberá ser como mínimo 2,0 m.
- La distancia mínima a cables eléctricos, telefónicos u otras instalaciones, será de 1,0 m. medido entre planos verticales tangentes.
- En vías peatonales, se puede reducir la distancia entre tuberías y entre estas y los límites de propiedad, siempre y cuando se siga las recomendaciones.

Profundidad mínima

Según (RNE OS0.70, 2016, p.183):



- El recubrimiento sobre las tuberías no debe ser menor de 1.0 m en las vías vehiculares y de 0.30 m en las vías peatonales y/o en zonas rocosas, debiéndose verificar para cualquier profundidad adoptada, la deformación (deflexión) de la tubería generada por cargas externas.

Profundidad máxima

La profundidad máxima según los autores (Nogales Soria & Quispe Aricoma, 2009) la excavación de la red alcantarillado sanitario es de 5m (p.214). Además, (CEPIS, 2005) afirma que la profundidad máxima es aquella que no ofrezca dificultades constructivas, de acuerdo al tipo de suelo y que no obligue al tendido de alcantarillas auxiliares. La profundidad máxima admisible recomendada, será de 5,0 m.

2.2.1.4.2. Cámara de inspección

Consideraciones de cámara de inspección según (RNE OS0.70, 2016, p.183):

- Los buzones de inspección se usarán cuando la profundidad sea mayor de 1.0 m sobre la clave de la tubería.
- El diámetro interior de los buzones será de 1.20 m para tuberías de hasta 800 mm de diámetro y de 1.50 m para las tuberías de hasta 1,200 mm. Para tuberías de mayor diámetro las cámaras de inspección serán de diseño especial. Los techos de los buzones contarán con una tapa de acceso de 0.60 m de diámetro.
- En los cambios de diámetro, debido a variaciones de pendiente o aumento de caudal, las buzonetas y/o buzones se diseñarán de manera tal que las tuberías coincidan en la clave, cuando el cambio sea de menor a mayor diámetro y en el fondo cuando el cambio sea de mayor a menor diámetro.



Separación máxima

Separación máxima según el (RNE OS0.70, 2016, p.184) entre las cámaras de inspección será:

- Para tuberías de 150 mm : 60 m.
- Para tuberías de 200 mm : 80 m.
- Para tuberías de 250 a 300 mm : 100 m.
- Para tuberías de mayores diámetros : 150 m

2.2.2. Condición actual de la red de alcantarillado

Según (Stein, 2001) citado por (Chávez Pullas, 2014) la determinación de la condición actual es la investigación estructural e investigación hidráulica.

Además (Chávez Pullas, 2014) sostiene que el diagnóstico de la condición actual comprende el estudio de la red tanto en su aspecto estructural, hidráulico y ambiental.
(p.8)

2.2.2.1. Estado estructural de las tuberías

Considerando la condición estructural actual de la red de alcantarillado, esta puede ser evaluada de manera cualitativa o cuantitativa, ya sea a través de procesos ópticos o mediciones respectivamente (Stein D., 2001) citado por (Chávez Pullas, 2014, p.8) Además, afirma la norma colombiana (NS-058, 2010) que para verificar el estado de las tuberías debe realizarse un proceso de inspección visual, utilizando los equipos y recursos humanos adecuados. (p.5)



2.2.2.1.1. Fisura

Uno de los parámetros de medida del estado estructural de tuberías de alcantarillado es la fisura, la cual se define como: Separación superficial (cerrada) de una tubería; que no supera el 50% del espesor del tubo. (NS-058, 2010, p. 04)

2.2.2.1.2. Grietas

Las grietas son frecuentes en las tuberías de alcantarillado debido al exceso de cargas externas. Pueden provocarse de forma longitudinal o transversal, y se muestran como una línea que supera el 40% del espesor del tubo. (Villafuerte, 2021, p. 16)

2.2.2.1.3. Fractura

Se define como fractura cuando la grieta no se localiza a tiempo, pueden provocar fallas más graves como fracturas, que son separaciones en forma de línea que superan en su totalidad el espesor del tubo. (Villafuerte, 2021, p. 17)

2.2.2.1.4. Rotura o colapso

Otro de los parámetros estructurales de la tubería es el colapso, que se define como: destrucción total de la tubería. Requiere reemplazo de carácter obligatorio. (Villafuerte, 2021, p. 17)

2.2.2.1.5. Daños superficiales

a. Corrosión

Dentro de los daños superficiales, podemos encontrar, una en particular, la cual denominamos como corrosión: se originan debido al contacto de las paredes internas del tubo con los gases tóxicos originados de las aguas residuales. Se muestran con manchas



marrones y desprendimientos del material, siendo crítico en las tuberías de hormigón armado. (Villafuerte, 2021, p. 17)

b. Descascaramiento

Según la RAE dicho de una cosa levantarse o caerse su superficie o cáscara.

c. Rugosidad

Según (COON, 1998) la rugosidad es una medida de la resistencia fraccional ejercido por sobre un canal de flujo.

2.2.2.2. Comportamiento hidráulico

El comportamiento hidráulico comprende determinar la capacidad de transporte en las tuberías, velocidades excesivas y el tiempo que la tubería pasa con capacidad restringida. (Chávez Pullas, 2014, p.40)

2.2.2.2.1. Caudal

a. Coeficiente de retorno ©

El coeficiente de retorno según (Nogales Soria & Quispe Aricoma, 2009) es la relación que existe entre el caudal medio de aguas residuales domésticas y el caudal medio de agua que consume la población, además, debe ser entre el 60 % y 80 % de la dotación de agua potable (p.71). También el caudal de contribución al alcantarillado debe ser calculado con un coeficiente de retorno © del 80 % del caudal de agua potable consumida (RNE OS0.70, 2016, p. 182). Así mismo el autor (Cualla, 2000) sostiene que el coeficiente de retorno, estadísticamente fluctúa entre 65% y 85%.

Para la presente investigación se ha considerado un coeficiente de retorno del 80%.

b. Caudal de infiltración (Q_i)

Según (CEPIS, 2005, p.20) es el agua del subsuelo que ingresa a la red de alcantarillado, a través de las paredes de tuberías imperfectas, uniones de tuberías, conexiones, buzón, cajas de paso, terminales de limpieza, etc. También, el (RNE OS0.70, 2016, p.185) afirma que las infiltraciones están condicionadas por temas como el nivel de acuífero, naturaleza del subsuelo, material de tubería y tipo de junta que varía entre 0.05 a 1.00 lt/(s.km), sin embargo la normativa boliviana presenta la siguiente Tabla 1 considerando el nivel freático. Además (Vierendel, 2009, p.124) afirma que varía entre 0.2 a 0.8 lt/km/s el caudal de infiltración.

Es el agua del subsuelo que ingresa a la red de alcantarillado, a través de las paredes de tuberías imperfectas, uniones de tuberías, conexiones, buzón, cajas de paso, terminales de limpieza, etc.

Tabla 1
Caudales de Infiltración

	Caudales de Infiltración (l/s/km)							
	Tubo de cemento		Tubo de arcilla		Tubo de arcilla vitrificada		Tubo de P.V.C.	
Unión	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma	Cemento	Goma
Nivel Freático bajo	0.5	0.2	0.5	0.1	0.2	0.1	0.1	0.05
Nivel Freático alto	0.8	0.2	0.7	0.1	0.3	0.1	0.15	0.5

Fuente: (NB 688, 2007, p.48)

En la presente investigación para el caudal de infiltración en las tuberías se consideró según la normativa Boliviana, por la razón que este considera el nivel freático, material y tipo de unión. Por otro lado, en cuanto al caudal de infiltración por buzones, se consideró 380 lt/buzón/día. (García Trisolini, 2009, p.9)



c. Caudal por conexiones erradas (Q_e)

Son las conexiones erradas de las aguas de lluvia que se realizan por desconocimiento y conexiones ilegales. (Cualla, 2000, p.296)

El caudal por conexiones erradas puede ser del 5% al 10% del caudal máximo horario de aguas residuales (CEPIS, 2005, p.21). Asimismo, los autores (Nogales Soria & Quispe Aricoma, 2009) afirman que debe ser del 5 % al 10 % del caudal máximo horario de aguas residuales domésticas. Pero (Cualla, 2000, p.296) asevera que se puede estimar del 20% del caudal máximo horario o entre 1 y 3 lt/s.Ha.

Para la presente investigación se ha considerado el 10%, ya que muchos usuarios en la localidad de Ilave realizan sus conexiones de agua de lluvia (patios y techos) hacia la red.

d. Caudales concentrados (Q_c)

Los caudales concentrados, son aportes de conexiones no domiciliarias que presentan un gasto bastante superior al consumo familiar, son caudales correspondientes a descargas de industrias pequeñas o de centros comerciales. (CEPIS, 2005, p.21)

e. Variaciones de Consumo

Según el (RNE OS.100, 2016, p.212) considera los siguientes coeficientes:

- Máximo anual de la demanda diaria (k_1): 1.3
- Máximo anual de la demanda horaria (k_2): 1.8 a 2.5

Para la presente investigación se ha considerado el coeficiente de demanda máxima horaria (k_2) igual a 2.0.



- **Caudal medio**

Según (CEPIS, 2005, p.22) el caudal medio se determina con la siguiente formula:

$$Q_{med} = \frac{C * P * Dot}{86400}$$

Donde:

Q= Caudal medio.

C= Coeficiente de retorno.

P= Población que puede ser de acuerdo al cálculo del caudal máximo o mínimo.

Pi= Población al iniciar el funcionamiento del sistema.

Pf= Población para el alcance del proyecto.

Dot= Consumo promedio de agua, en litros por persona por día.

- **Caudal máximo horario**

$$Q_{mh} = K2 * Q_{med}$$

Donde:

Qmh = Caudal máximo horario

Qmed = Caudal medio

K2= Coeficiente de máximo anual de la demanda horaria.

- **Cauda de diseño**

Según (CEPIS, 2005, p.22) el caudal de diseño se determina con la siguiente formula:

$$Q_d = Q_{mh} + Q_i + Q_e + Q_c$$

Donde:



Q_{mh} = Caudal máximo horario.

Q_i = Caudal de infiltración.

Q_e = Caudal por conexiones erradas.

Q_c = Caudal concentrado en un punto de las redes.

2.2.2.2.2. *Pendiente*

Según (CEPIS, 2005) afirma que el diseño usual del alcantarillado convencional, considera que la pendiente mínima que tendrá una alcantarilla viene dada por el declive de la tubería con la cual se logrará mantener la velocidad mínima de 0,6 m/s, trasladando el caudal máximo con un nivel de agua del 75% (0,75 D) del diámetro.

La pendiente mínima de las redes simplificadas y condominales, deberá calcularse para una tensión tractiva media mínima de $\tau=1$ Pa y para un coeficiente de Manning de 0.013, la relación aproximada que satisface esta condición, de acuerdo a la norma brasileña de alcantarillado, es la siguiente:

$$S_{min} = 0.0055Q_i^{-0.47}$$

Donde:

S_{min} = Pendiente (m/m)

Q_i = Flujo máximo de diseño (l/s)

2.2.2.2.3. *Velocidad*

Según (RNE OS0.70, 2016) la expresión recomendada para el cálculo hidráulico es la Fórmula de Manning. (p.182)

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$



Donde:

V= Velocidad (m/s)

n = Coeficiente de rugosidad (adimensional)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

Tabla 2

Coeficientes de rugosidad (n)

Tipo de tubería	N
Concreto, cemento liso	0.013
Policloruro de vinilo (PVC)	0.010
Acero	0.015
Polietileno	0.010

Fuente: (CEPIS, 2005)

Tabla 3

Coeficiente de rugosidad en laboratorio y campo

Autor	Material	D (pulg)	Resultado	Tipo de estudio
Straub et al. (1960)	Concreto	24	n = 0,01094 - 0,0116	Laboratorio
		36	n = 0,01083 - 0,01166	
Tullis, P. (1986)	Concreto	12	n = 0,0098 - 0,0102	Laboratorio
		8 y 18	n = 0,0099 - 0,0103	
		18	n = 0,0082 - 0,0090	
	PVC	9	n = 0,0097 - 0,0100	
		10	n = 0,0098 - 0,0102	
Bishop y Jeppson	PVC	18	n = 0,0097 - 0,0103	Campo
		8	n = 0,0088 ± 0,0006	
Gerard R. et al. (1986)	PVC	8	n = 0,018	Campo
		10	n = 0,019	
		12	n = 0,017	
	Concreto	8	n = 0,018	
		10	n = 0,016	
		12	n = 0,018	

Fuente: Fisher C. (2004) citado por (Torres, Zarruk Serrano, & Lara Borrero, 2009, 86)

Según los autores (Torres, Zarruk Serrano, & Lara Borrero, 2009) que realizaron su investigación en alcantarillado en funcionamiento, obtuvieron que el coeficiente de Manning es 0.009, 0.0198 en PVC y concreto respectivamente.

En la presente investigación se ha utilizado como coeficientes de rugosidad de Manning de 0.01 y 0.018 en PVC y concreto simple normalizado respectivamente.

a. Velocidad mínima

La velocidad mínima según Waring Jr. (1879) citado por (Núñez Rivadeneira, Ullauri, & Barzola Montes, 2018) en su libro Alcantarillado y desagüe de tierras, considera que la velocidad mínima no debe ser menor a 0.45 o 0.5m/s en las tuberías de alcantarillado sanitario. (p.90)

Sin embargo (Cualla, 2000) afirma que la velocidad mínima de 0.6 m/s (p.279), además (Vierendel, 2009) coinciden en que la velocidad mínima es de 0.6 m/s para flujo correspondientes al 50% de caudal máximo. (p.124)

b. Velocidad máxima

En su libro (Cualla, 2000) afirma que la velocidad máxima no debe sobrepasar el límite de 5.0 m/s. En la *Tabla 4* se muestra la velocidad máxima que es dependiente del material de la tubería.

Tabla 4
Velocidad Máxima

Material	Velocidad máxima (m/s)
Cerámica vitrificada	5
Asbesto cemento y PVC	3
Fofo o acero	3
Concreto	3

Fuente. (Vierendel, 2009, p.125)



2.2.2.2.4. *Tensión tractiva*

Según (Nogales Soria & Quispe Aricoma, 2009) es la fuerza de arrastre que representa un valor medio de la tensión a lo largo del perímetro mojado de la sección transversal estimada (p.150). Además, en cuanto a la tensión tractiva, (CEPIS, 2005) sostiene que 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. También, el (RNE OS0.70, 2016) sostiene que, es el esfuerzo tangencial unitario asociado al escurrimiento por gravedad en la tubería de alcantarillado, ejercido por el líquido sobre el material depositado. (p.182)

El valor de tensión tractiva mínima según (SEDAPAL, 2005, p.24) y (RNE OS0.70, 2016, p.182) es de 1 Pa. Por otro lado, existen otros valores como se aprecia en la tabla 5. Para determinar la tensión tractiva se usa la siguiente formula:

$$\tau = \rho * g * R * S$$

Donde:

τ = Tensión tractiva (N/m², pa)

ρ = Densidad del flujo (kg/m³)

g = Gravedad (m/s²)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente (m/m)

Tabla 5

Tensión tractiva mínima por diferentes autores

Autor	Tensión tractiva
Gustatsson	1.0-1.5
Schultz	1.5-2.0
Lynse	2.0-3.9
Paintal	3.9
Yao	1.0-2.0
Mara	1.5

Fuente: Universidad de Sao Paulo (s.f.) citado por (Machado Medina, 2021, p.71)

En la presente investigación se consideró la tensión tractiva mínima de 1 Pa de acuerdo al RNE.

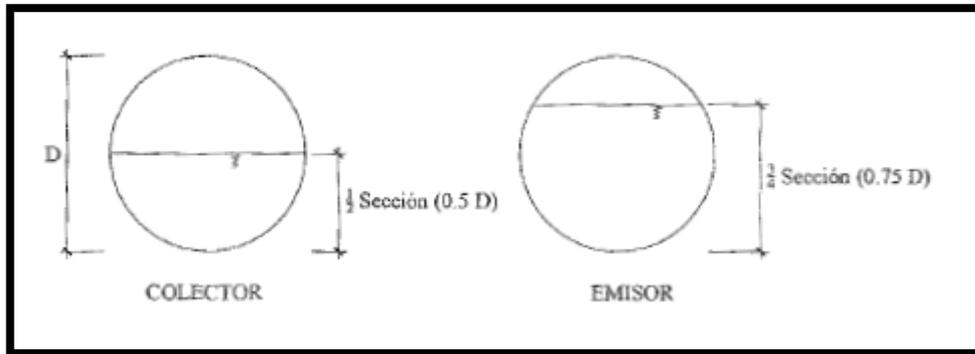
2.2.2.2.5. Relación tirante sobre diámetro (H/D)

Según (RNE OS0.70, 2016) la relación tirante sobre diámetro debe ser siempre calculada considerando un régimen de flujo uniforme y permanente, siendo el valor máximo para el caudal final (Q_f), igual o inferior a 75% del diámetro del colector (p.182).

Además, (Vierendel, 2009, p.126) afirma que la relación tirante sobre diámetro (H/D) en los colectores deben ser al 50% y en líneas emisoras al 75%, como se aprecia en la Figura 3.

Figura 3

Relación tirante sobre diámetro en colector y emisor



Fuente: (Vierendel, 2009, p.126)

En la presente investigación se ha considerado la relación tirante sobre diámetro menor igual al 75%.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La presente investigación es de enfoque cuantitativo. Además, según la finalidad, es aplicada de nivel descriptivo, transeccional o transversal, de diseño no experimental.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. Población

Para Hernández (2014), una población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones (p. 174). Para el presente estudio, la población, está conformado por el sistema de alcantarillado sanitario de la ciudad de Ilave, que comprende 85 700.20 metros de tubería, de diámetro nominal que varía de 160mm a 350mm.

3.2.2. Muestra

La muestra es no probabilística por conveniencia, según Carrasco (2005) considera que el investigador selecciona sobre la base de su propio criterio las unidades de análisis. (p. 243)

En el presente trabajo de investigación, la muestra está conformada por la red principal de alcantarillado sanitario, que consta de tres colectores principales con una longitud total de 7 767.6 metros.

3.3. TÉCNICA E INSTRUMENTO

La técnica que se utilizó es la observación, según Nuñez (2008) sostiene que es el registro sistemático y válido de datos e informaciones de los hechos observados. Los instrumentos utilizados son la información documental proporcionada por parte de UGASS-Ilave, el robot EJ-2021, las fichas técnicas de inspección (anexo: 4) y los equipos topográficos.

3.4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

La red principal de alcantarillado sanitario en estudio, se encuentra ubicado en la región Puno, provincia El Collao, distrito Ilave, localidad de Ilave. Como se aprecia en la figura 4, además se presentan las coordenadas UTM del centro de la localidad en la Tabla 6.

Tabla 6

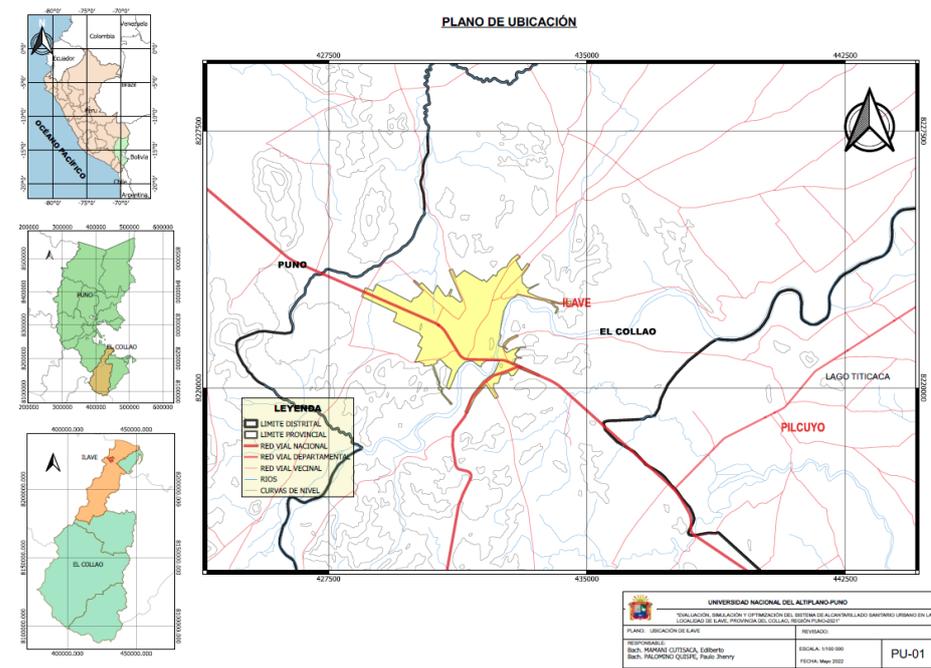
Coordenadas UTM de la localidad de Ilave

COORDENADAS UTM: ZONA 19 South			
Descripción del sitio	Norte	Este	Altura geoidal
Localidad de Ilave	8221747.038	431875.737	3889.56

Fuente: Elaboración propia

Figura 4

Ubicación de la localidad de Ilave



Fuente: Elaboración propia

El esquema hidráulico existente de la localidad de Ilave se presenta en el anexo: 08 (plano ALC-GEN-02), que consta de los siguientes componentes dos lagunas de oxidación, cinco estaciones de bombeo de agua residual (EBAR) y redes de alcantarillado sanitario.

En la localidad de Ilave se tiene siete áreas de drenaje que se aprecia en el anexo:08 (plano ALC-GEN-01), los colectores principales Perú BIRF, Caymahui y Santa Rosa pertenecen a las áreas de drenaje 01, 03 y 04 respectivamente.

Las vías intervenidas y la identificación de las características geométricas de la red principal, se detallan en la Figura 5, Tabla 7, Tabla 8 y el anexo:08.



Tabla 7

Coordenadas UTM de inicio y fin de los colectores principales alcantarillado

COORDENADAS UTM: ZONA 19 South				
Colector		Norte	Este	Altura Geoidal
Caymahui	Inicio (Buzón)	8220789.613	430271.720	3834.01
	Fin (EBAR)	430587.511	431287.983	3839.36
Perú BIRF	Inicio (Buzón)	8221695.31	431287.983	3839.36
	Fin (EBAR)	8222473.897	432672.346	3825.10
Santa Rosa	Inicio (Buzón)	8222104.918	431620.712	3839.05
	Fin (PTAR)	8222820.175	432979.931	3828.01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8

Calles intervenidas en la red principal

Colector	Calles intervenidas
Caymahui	Inicia con Jr. Sin nombre 2, Sin nombre 4, Av. Floral, Jr. Los pinos, los olivos, Av. Héroes de Cenepa y Jr. Los olivos.
Perú BIRF	Inicia con Jr. El Collao, Av. Jesús, Av. Panamericana, Jr. San Sebastián, Jr. 28 de Julio, Av. Ejército, Jr. Alberto Andrade y Av. Alberto Andrade.
Santa Rosa	Inicia con Av. América, Av. 200 Millas, Jr. 9 de Octubre, Jr. Laycacota, Jr. 3 de May, Av. La República, Av. Enrique Gallegos, Jr. El Altiplano, Av. Atahualpa, Jr. Perú BIRF y Jr. Anicho.

Fuente: elaboración propia

Figura 5

Ubicación de los tres colectores principales



Fuente: Google Earth

3.5. PERIODO DE DURACIÓN DEL ESTUDIO

En la presente investigación el tiempo de estudio es transeccional o transversal porque se llevó a cabo en un tiempo único. La recolección de datos se realizó en el mes de diciembre del 2021.

3.6. MATERIALES Y EQUIPOS

3.6.1. Equipos Utilizados

a. De protección personal

Los equipos de protección personal que se usaron en las inspecciones televisivas son:

- 02 overoles
- 02 mascarillas
- Guantes quirúrgicos

- Sombreros
- Equipos para la evaluación
- Pico grande

b. Instrumento para Inspección de tuberías

Se utilizó el equipo robot EJ-2021 elaborado por el bachiller Royher Yerson Chura Valdez egresado de carrera de Ingeniería en Energías Renovables de la Universidad Nacional de Juliaca, que consta de:

- Robot EJ-2021.
- Cámara fotográfica acuática modelo DJI OSMO ACTION, transmite el video por WiFi.
- Cable de batería de 60 metros de longitud.
- Batería de 12V 18^a.
- Control remoto de Robot.
- Monitor para recibir el video de la cámara.
- Linternas led.

Figura 6

Robot EJ-2021



Fuente: Elaboración propia



c. Ficha técnica de observación

La ficha técnica de observación, fue elaborada tomando como referencia la norma colombiana NS-058, que considera la inspección de una red para la revisión del estado estructural de las mismas, con el fin de evaluar fisuras, grietas, deterioros, obstrucciones, conexiones clandestinas y otras alteraciones en las redes o estructuras, utilizando para ello métodos y equipos aprobados por la E.A.A.B (Empresa de Acueductos y Alcantarillado de Bogotá).

También se realizó la aprobación de la ficha técnica de observación por parte de tres expertos en el área, para su valides.



		ANEXO N.º			
PROYECTO DE TESIS:					
FACULTAD :			No. Registro:		
ESCUELA :			FECHA:		
INSPECCIÓN TELEVISIVA					
DATOS DEL TRAMO A INSPECCIONAR:					
ÁREA DE DRENAJE		LÁMINA DE REFERENCIA		TRAMO N°	
UBICACIÓN:					
Bz. Ag. ARRIBA:		Bz. Ag. ABAJO:		LONGITUD TUBERÍA:	
ALT. Bz. Ag. ARRIBA(m):		ALTURA Bz. Ag. Abajo(m):		MATERIAL TUBERÍA EXISTENTE:	
DIÁMETRO TUBERÍA (mm):		TIPO DE VÍA:		ESTADO:	
DATOS DE LA INSPECCIÓN REALIZADA					
LONGITUD INSPECCIONADA:			NIVEL DEL FLUJO:		
SENTIDO DE INSPECCIÓN REALIZADA:			PRESENTA SEDIMENTACIÓN:		
INFORME DE UBICACIÓN					
INFORME DE ANOMALÍAS					
ITEM	DIMENSIÓN	INDICADOR		CALIFICACIÓN	ÍNDICE
1	FISURA/GRIETA/ FRACTURA	Fisura: Separación superficial <=50%.			BUENO (menor a 6) REGULAR (6-14) MALO (Mayor igual a 14)
2		Grieta: Separación superficial <50%y<100%			
3		Fractura: Rotura >= 100%			
4	ROTURA O COLAPSO	Hueco, abertura o partes ausentes en la pared de la tubería.			
5		Pérdida completa de la integridad de la estructura			
6	DAÑOS SUPERFICIALES	Corrosión			
7		Descascaramiento			
8		Rugosidad			
9		Agregado visible			
10		Agregado saliendo de la superficie			
		TOTAL			

Formato N.º 01: Ficha técnica de observación para tuberías.

3.6.2. Reconocimiento del software SewerCAD

3.6.2.1. Funcionamiento del programa

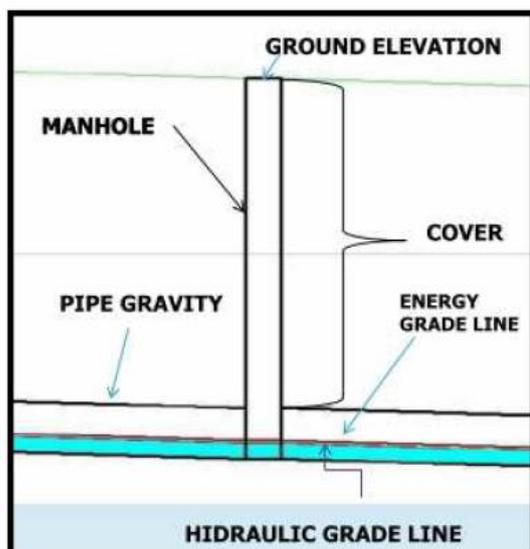
El programa SewerCAD utiliza para su procesamiento de la información dos opciones de cálculo, la primera es por el principio de flujo gradualmente variado y la segunda interviene los algoritmos de capacidad de análisis. (Alarcón Barrera, 2008)

3.6.2.2. Principales elementos del programa Sewercad

- **Ground elevation.-** Cota de terreno o cota de tapa del buzón.
- **Cover.-** Es la profundidad, recubrimiento de cota terreno a la clave de tubería.
- **Manhole. -** Buzón o cámara de inspección.
- **Pipe gravity.-** Tubería que funciona a gravedad.
- **Energy grade line. -** Línea que muestra el gradiente de energía.
- **Hydraulic grade line. -** Línea que muestra el flujo.

Figura 7

Principales elementos del software Sewercad



Fuente: (Alarcón Barrera, 2008)

3.6.2.3. *Funcionamiento del programa*

La secuencia que se ha tenido para simular los colectores fue según el siguiente gráfico:

Figura 8

Metodología y utilización del software SewerCAD

METODOLOGÍA Y UTILIZACIÓN	
MODELO	Creación de nuevo proyecto Guardado y etiquetado
UNIDADES Y OPCIONES DE DIBUJO	Unidades en el sistema internacional SI Escalas de dibujo, texto y detalles.
DEFINICIÓN DE PROTOTIPOS	Tuberías (Conduit) Cajas de revisión (Manhole) Importar librerías
CATÁLOGO DE COLECTORES	Definir propiedades físicas (concreto, PVC)
TRAZADO	
REFERENCIA Y DIBUJO	Importar trazado guía desde AutoCAD en formato DXF Dibujar cajas de revisión y tubería en relación a la referencia implantada
PROPIEDADES DE ANÁLISIS Y DISEÑO	
TUBERÍAS (CONDUIT)	Diámetros Tipo de material (PVC)
CAJAS DE REVISIÓN (MANHOLE)	Diámetros Cotas de terreno (tapa) Cotas de invert (fondo)
CARGAS DE APORTACIÓN	Caudales en Manhole (buzones)
EVALUACIÓN HIDRÁULICA	
SIMULACIÓN	Verificación de datos ingresados Validación de la información Calcular
VALIDACIÓN DE RESULTADOS	
REPORTE EN TUBERÍAS (CONDUIT)	Velocidades Capacidad hidráulica Fuerza tractiva
CREACIÓN DE PERFILES	Tuberías, cajas, de revisión y flujo
VALIDACIÓN	Velocidad, capacidad hidráulica, fuerza tractiva.

Fuente: (Doroteo Calderón, 2017)



3.7. PROCEDIMIENTO

3.7.1. Investigación en campo

a. Información proporcionada por UGASS

La Unidad de Gestión Administrativa de Servicios de Saneamiento (UGASS - Ilave), nos proporcionó la siguiente información:

- Números de usuarios de la localidad de Ilave (9883 conexiones).
- Planos del sistema de alcantarillado sanitario existente de la localidad de Ilave.

b. Información proporcionada por la municipalidad.

De la municipalidad provincial de El Collao se obtuvieron los siguientes datos:

- Densidad poblacional
- Puntos geodésicos

c. Inspección televisiva para determinar el estado estructural de tuberías

Para el desarrollo de esta tarea, fue necesario concebir una técnica de investigación, prever instrumentos de recolección de datos y realizar una programación de visitas de campo.

- Procedimiento

Para la recolección de datos se realizó la delimitación de la zona de trabajo en el plano de ubicación de la red principal de alcantarillado sanitario que se adjunta en el anexo:08 (ALC-GEN-04). Posteriormente de acuerdo al cronograma de trabajo previamente establecido, se dirigió a la zona de estudio con los equipos de protección personal y el instrumento de inspección televisiva; en el lugar se ubica un tramo de la red,

donde se procede a abrir la tapa de los buzones en cada uno de los extremos, esperando de 20 a 30 minutos para su ventilación, seguidamente se realizó el ingreso a uno de ellos conjuntamente con el equipo robot EJ-2021 previamente preparado, por último se realizó la inspección con el equipo a lo largo de todo el tramo de tubería. Obtuvo como resultado un video con el cual se determinó el estado estructural de la tubería.

Además, se recogió la información de las características de la tubería (diámetro, material, etc.) y la profundidad de los buzones.

d. Nivelación topográfica

En el presente trabajo de investigación se realizó la nivelación geométrica cerrada para obtener las cotas de cada uno de los buzones de la red principal de alcantarillado sanitario, para ello se utilizaron dos puntos geodésicos, que se muestra en la Tabla 9.

Tabla 9

Coordenadas U.T.M. WGS84-Puntos de Control Geodésico

FICHA	PCG	PCG	COORDENADAS U.T.M.		COTA
	Código Interno	Código IGN	NORTE	ESTE	ORTO MÉTRIC A
01	MCI-005	PUN05006	8221407.35 1	432224.830	3871.725
02	MCI-006	PUN05007	8222419.09 4	430154.653	3833.113

Fuente: UGASS – Ilave

Las características topográficas de las calles de la localidad de Ilave son de terreno plano con pendientes transversales al eje de la vía menores o iguales al 7% y sus pendientes longitudinales son por lo general menores al 3%.



- **Nivelación topográfica colector principal “PERÚ BIRF”**

El colector principal “Perú BIRF” cuenta con 49 buzones existentes, el estudio de nivelación topográfica inicia en el punto geodésico “MCI-005, PUN05006” ubicado en el cerro Santa Barbara de la localidad de Ilave, y finaliza en la estación de bombeo de agua residual “Perú BIRF”, en el trabajo de campo se realizó 61 estaciones del equipo topográfico (nivel de ingeniero) obteniéndose de esta forma las cotas tapa de los buzones existentes, los resultados de la nivelación se muestran en el anexo:7.

- **Nivelación topográfica colector principal “Caymahui”**

El colector principal “Caymahui” cuenta con 44 buzones existentes, el estudio de nivelación topográfica inicia en el punto geodésico “MCI-006, PUN05007” ubicado en el Parque del Niño y finaliza en la estación de bombeo de agua residual “Caymahui”, en el trabajo de campo fueron necesarios 19 estaciones del equipo topográfico, obteniéndose de esta forma las cotas tapa de los buzones existentes, los resultados de la nivelación se muestran en el anexo:7.

- **Nivelación topográfica colector principal “Santa Rosa”**

El colector principal “Santa Rosa” cuenta con 28 buzones existentes, el estudio de nivelación topográfica inicia en el punto de control “AD01-Bz:49” ubicado en las coordenadas UTM, E:432641.100; N:8222404.224; Z:3825.690 y finaliza en la laguna de oxidación Chojojahuira, en el trabajo de campo fueron necesarios 18 estaciones del equipo topográfico, obteniéndose de esta forma las cotas tapa de los buzones existentes, los resultados de la nivelación se muestran en el anexo:7.

3.7.2. Investigación en Gabinete

3.7.2.1. *Determinación del estado estructural de la red principal*

Para determinar el estado estructural de las tuberías, de la red principal de alcantarillado sanitario en la localidad de Ilave, se realizaron los siguientes procesos de análisis y cuantificación de los datos acopiados a través de las inspecciones televisadas ejecutadas en campo.

3.7.2.1.1. *Método de análisis de información*

El método de análisis de la información, de las inspecciones televisadas se realizó mediante 10 indicadores que se aprecia en la Tabla 10, estos serán calificadas de acuerdo a la severidad de daños que presenten, posteriormente se realizó la suma total de las calificaciones, el cual indica en qué estado estructural se encuentra la tubería.

El desarrollo de la determinación del estado estructural de las tuberías de la red principal de alcantarillado sanitario se encuentra en el anexo:04.

Tabla 10

Indicadores, calificación e índices de medida de las inspecciones televisivas

Indicadores	Calificación	Índice o unidad de medida
1. Fisura: Separación superficial $\leq 50\%$.	1	BUENO (menor a 6)
2. Grieta: Separación superficial $< 50\%$ y $< 100\%$	2	
3. Fractura: Rotura $\geq 100\%$	3	
4. Hueco, abertura o partes ausentes en la pared de la tubería.	5	REGULAR (6-14)
5. Pérdida completa de la integridad de la estructura.	10	
6. Corrosión	No presenta:0	MALO (Mayor igual a 14)
7. Descascaramiento	Leve:1	
8. Rugosidad	Moderada:2	
9. Agregado visible	Alta:3	
10. Agregado saliendo de la superficie		

Fuente: Elaboración propia

3.7.2.2. Análisis del comportamiento hidráulico

3.7.2.2.1. Determinación de la población existente y futura

Para obtener la población futura, se utilizó la información proporcionada por Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y de la Unidad de Gestión Administrativa de Servicios de Saneamiento (UGASS-Ilave), quien nos proporcionó el número de usuarios (9 883 conexiones) al año 2020 y la densidad poblacional (3.19 hab./viv).

a. Método aritmético

Este método se emplea cuando la población se encuentra en franco crecimiento. (Vierendel, 2009, p.11).

$$P = P_0 + r(t - t_0)$$

Donde:

P = Población a calcular

P_0 = Población inicial

r = Razón de crecimiento

t = Tiempo futuro

t_0 = Tiempo inicial

Tabla 11

Cálculo de razón de crecimiento por método aritmético

CENSO	POBLACIÓN	r
1951	4 278	
1972	6 379	100.05
1981	10 334	439.44
1993	14 253	326.58



2007	22 153	564.29
2017	21 838	-31.50
	PROMEDIO=	279.77

Fuente: INEI

b. Método geométrico

La población crece en forma semejante a un capital puesto a un interés compuesto.

(Vierendel, 2009, p15)

$$P = P_0 * r^{(t-t_0)}$$

$$r = \sqrt[t_{i+1}-t]{\frac{P_{i+1}}{P_i}}$$

Donde:

P = Población a calcular

P_0 = Población inicial

r = factor de cambio de las poblaciones

t = Tiempo en que se calcula la población

t_0 = Tiempo final

Tabla 12

Cálculo de razón de crecimiento por método geométrico

CENSO	POBLACIÓN	r
1951	4 278	
1972	6 379	1.02
1981	10 334	1.06
1993	14 253	1.03
2007	22 153	1.03
2017	21 838	1.00
	PROMEDIO=	1.03

Fuente: Elaboración propia

c. Método logarítmico

$$Pf = Puc * e^{k(Tf-Tcu)}$$

$$K = \frac{\ln(Pu) - \ln(Pci)}{Tcu - Tci}$$

Donde:

Puc= Población del último censo

Pci = Población del censo inicial

K= tasa de crecimiento promedio

Tci= Año del censo inicial

Tcu= Año del último censo

Tabla 13

Cálculo de tasa de crecimiento promedio por método logarítmico

CENSO	POBLACIÓN	r
1951	4 278	
1972	6 379	0.02
1981	10 334	0.05
1993	14 253	0.03
2007	22 153	0.03
2017	21 838	0.00
	PROMEDIO=	0.03

Fuente: Elaboración propia

d. Método Wappus

$$Pf = Pci * \left[\frac{200 + i(Tf - Tci)}{200 - i(Tf - Tci)} \right]$$

$$i = \frac{200 * (Puc - Pci)}{(Tcu - Tci)(Puc + Pci)}$$

Donde:

Puc= Población del último censo

Pci = Población del censo inicial

i= tasa de crecimiento en %



Tci= Año del censo inicial

Tcu= Año del último censo

Tf= Año futuro

Tabla 14

Cálculo de tasa de crecimiento promedio por método Wappus.

CENSO	POBLACIÓN	r
1951	4 278	
1972	6 379	0.02
1981	10 334	0.05
1993	14 253	0.03
2007	22 153	0.03
2017	21 838	0.00
	PROMEDIO=	0.03

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15

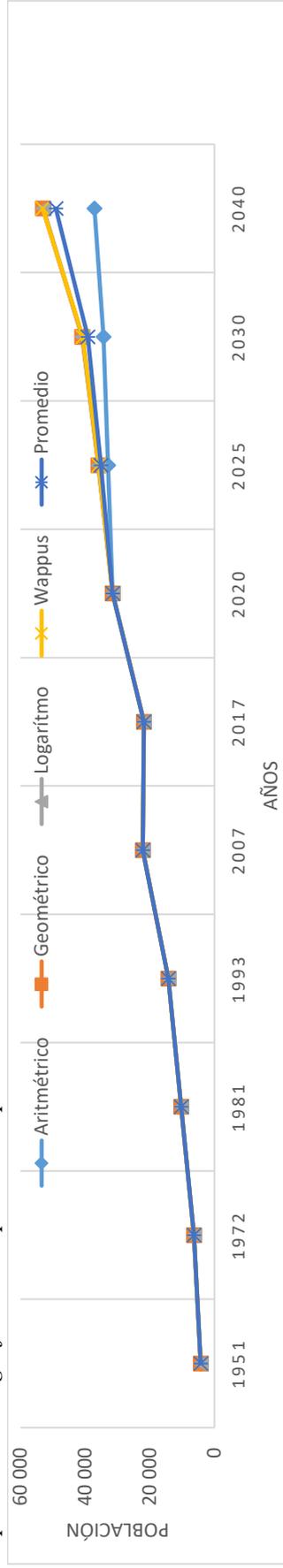
Población proyectada por varios métodos y promedios

Método	Año									
	1951	1972	1981	1993	2007	2017	2020	2025	2030	2040
Aritmético	4 278	6 379	10 334	14 253	22 153	21 838	31 527	32 926	34 325	37 122
Geométrico	4 278	6 379	10 334	14 253	22 153	21 838	31 527	35 914	40 912	53 090
Logaritmo	4 278	6 379	10 334	14 253	22 153	21 838	31 527	35 886	40 847	52 921
Wappus	4 278	6 379	10 334	14 253	22 153	21 838	31 527	35 820	40 741	53 108
Promedio	4 278	6 379	10 334	14 253	22 153	21 838	31 527	35 136	39 206	49 061

Fuente: elaboración propia

Figura 9

Representación gráfica de la población por varios métodos



Fuente: Elaboración propia

La población actual al año cero (2020) es de 31 527 habitantes y para la población futura al año 20 (2040) se consideró el promedio de los cuatro métodos analizados, obteniendo 49 061 habitantes.

3.7.2.2.2. Determinación de caudales para el año cero (2020)

a. Caudal máximo horario

$$Q_{med} = \frac{C * P * Dot}{86400}$$

$$Q_{med} = 35.03 \text{ l/s}$$

$$Q_{mh} = K * Q_{med}$$

$$Q_{mh} = 70.06 \text{ l/s}$$

Donde:

Q_{mh}= Caudal máximo horario

K= Coeficiente de flujo máximo (K=2) fuente RNE OS.100

b. Caudal de infiltración (Q_i)

El colector principal Perú BIRF, Caymahui y Santa Rosa pertenecen a las áreas de drenaje 01, 03 y 04 respectivamente.

Tabla 16

Longitud total de tuberías y números de buzones de localidad de Ilave

ÁREAS DE DRENAJE	Longitud total de red (m)	Número de Buzones de la red (und)
AD-01	28,008.50	528
AD-02	16,027.00	296
AD-03	14,346.40	291
AD-04	21,618.30	394
AD-05	1,067.50	22
AD-06	2,356.50	48
AD-07	2,276.00	42
Total	85,700.20	1,621.00

Fuente: Elaboración propia



$$Q1 = kt * L$$

$$Q2 = kb * B$$

$$Q1 = 8.57 \text{ l/s}$$

$$Q2 = 7.13 \text{ l/s}$$

Donde:

Q1= Caudal de infiltración en las tuberías

Q2= Caudal de infiltración en buzones

kt= Tasa de contribución en tuberías (0.1 l/s/Km)

kb= Tasa de contribución en buzón (380 l/buz/día)

L= Longitud de tubería (km)

B= Numero de buzones (und)

c. Caudal por conexiones erradas (Qe)

$$Qe = 0.1 * Qmh$$

$$Qe = 7.006 \text{ l/s}$$

d. Caudal de diseño

$$Qd = Qmh + Qi + Qe$$

$$Qd = 92.77 \text{ l/s}$$



Tabla 17

Caudales en año cero (2020) por áreas de drenaje

ÁREAS DE DRENAJE	Longitud total de red (m)	Caudal (L/s)	%
AD-01	28,008.50	44.33	32.69
AD-02	16,027.00	25.36	18.70
AD-03	14,346.40	22.70	16.74
AD-04	21,618.30	34.21	25.22
AD-05	1,067.50	1.69	1.25
AD-06	2,356.50	3.73	2.75
AD-07	2,276.00	3.60	2.65
	85,700.20	135.62	100.00

Fuente: Elaboración propia

3.7.2.2.3. Determinación de caudales para año 20 (2040)

a. Caudal máximo horario

Determinación del caudal promedio:

$$Q_{med} = \frac{C * P * Dot}{86400}$$

$$Q_{med} = 54.51 \text{ l/s}$$

Determinación del caudal máximo horario:

$$Q_{mh} = K * Q_{med}$$

$$Q_{mh} = 109.02 \text{ l/s}$$

b. Caudal de infiltración (Q_i)

Tabla 18

Longitud total de tuberías y números de buzones en llave

ÁREAS DE DRENAJE	Longitud total de red (m)	Número de Buzones de la red (und)
AD-01	28,008.50	528
AD-02	16,027.00	296
AD-03	14,346.40	291
AD-04	21,618.30	394
AD-05	1,067.50	22
AD-06	2,356.50	48
AD-07	2,276.00	42
Total	85,700.20	1,621.00

Fuente: Elaboración propia

$$Q_1 = kt * L$$

$$Q_2 = kb * B$$

$$Q_1 = 8.57 \text{ l/s}$$

$$Q_2 = 7.13 \text{ l/s}$$

c. Caudal de conexión erradas (Q_e)

$$Q_e = 0.1 * Q_{mh}$$

$$Q_e = 10.90 \text{ l/s}$$

d. Caudal de diseño

$$Q_d = Q_{mh} + Q_i + Q_e$$

$$Q_d = 135.62 \text{ l/s}$$

$$Q_u = \frac{Q_{mh}}{L}$$



Tabla 19

Caudales en el año 20 (2040) por áreas de drenaje

ÁREAS DE DRENAJE	Longitud total de red (m)	Caudal (L/s)	%
AD-01	28,008.50	44.33	32.69
AD-02	16,027.00	25.36	18.70
AD-03	14,346.40	22.70	16.74
AD-04	21,618.30	34.21	25.22
AD-05	1,067.50	1.69	1.25
AD-06	2,356.50	3.73	2.75
AD-07	2,276.00	3.60	2.65
	85,700.20	135.62	100.00

Fuente: Elaboración propia

3.7.2.2.4. Simulación en el software SewerCAD

a. Trazado de buzones

A través de los planos obtenidos de parte de la municipalidad provincial de El Collao Ilave se realizaron los trazos de la red principal de alcantarillado sanitario en el software SewerCAD.

Figura 10

Plano de redes de alcantarillado existente de la localidad de Ilave



Fuente: UGGAS-Ilave

b. Caudales en buzones

Para cargar los caudales al programa, se realizó mediante el método de polígonos de Thiessen en el software SewerCAD como se aprecia en la **Figura 11**. Posteriormente con el programa ArcGIS se genera los caudales aportantes en los buzones.

Asimismo, se tomó en cuenta los aportes de caudales de las áreas de drenaje circundantes al colector en estudio. De acuerdo a lo mencionado anteriormente se sabe que el colector principal Perú BIRF tiene el aporte de caudales de dos áreas de drenaje (AD-05 y AD-06) y el colector principal Santa Rosa tiene el aporte de caudales de tres áreas de drenaje (AD-01, AD-02 y AD-03), como se aprecia en la **Tabla 20**.

Figura 11

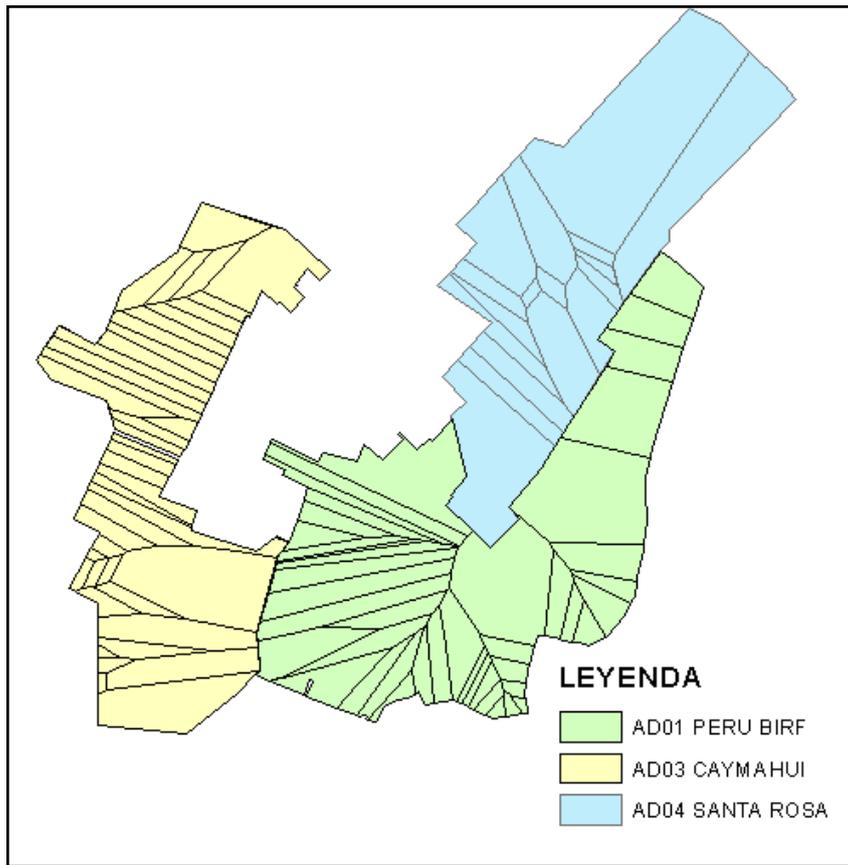
Polígonos de Thiessen de los colectores de la red principal



Fuente: elaboración propia

Figura 12

Áreas de drenaje de cada buzón para realizar el aporte de caudales en Arcmap



Fuente: elaboración propia

Tabla 20

Aportes de caudales por bombeo a áreas de drenaje año 0

Áreas de drenaje	Nombre	Caudal (L/s)	%	Aportantes	Caudal en EBAR (l/s)	Buzón donde Aportan
AD-01	PERU BIRF	30.32	32.68	AD05, AD06	34.03	AD01-Bz36, AD01-Bz16
AD-02	SAN FRANCISCO	17.35	18.70	-	17.35	-
AD-03	CAYMAHUI	15.53	16.74	-	15.53	-
AD-04	SANTA ROSA	23.40	25.22	AD01, AD02, AD03	90.31	AD04-Bz01, AD04-Bz01, AD04-Bz22
AD-05	RIO BLANCO	1.16	1.25	-	1.16	-
AD-06	28 DE JULIO	2.55	2.75	-	2.55	-
AD-07	BALSABE	2.46	2.65	-	2.46	-
		92.77	100.00			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21*Aportes de caudales por bombeo a áreas de drenaje año 20*

Áreas de drenaje	Nombre	Caudal l (l/s)	%	Aportes	Caudal en EBAR (l/s)	Buzón donde Aportan
AD-01	PERU BIRF	44.33	32.69	AD05, AD06	49.75	AD01-Bz36, AD01-Bz16
AD-02	SAN FRANCISCO	25.36	18.70	-	25.36	-
AD-03	CAYMAHUI	22.70	16.74	-	22.70	-
AD-04	SANTA ROSA	34.21	25.22	AD01, AD02, AD03	132.02	AD04-Bz01, AD04-Bz01, AD04-Bz22
AD-05	RIO BLANCO	1.69	1.25	-	1.69	-
AD-06	28 DE JULIO	3.73	2.75	-	3.73	-
AD-07	BALSABE	3.60	2.65	-	3.60	-
		135.62	100.00			

Fuente: Elaboración propia

c. Cota en buzones

Con la información de los resultados de la nivelación topográfica, se realizó el cargado de datos de cota tapa y fondo en los buzones.

d. Serie de la tubería

Para la simulación de la red principal de alcantarillado sanitario se utilizó la serie S-25 o SDR-51, según la Norma Técnica Peruana NTP- ISO 4435 de tubos y conexiones de Policloruro de vinilo PVC-U no plastificado, que se aprecia en la Tabla 22.

Tabla 22*Diámetro interno de tubería*

DIÁMETRO NOMINAL EXTERIOR DN (mm)	ESPEJOR (mm)	DIÁMETRO INTERIOR (mm)	ESPEJOR (mm)	DIÁMETRO INTERIOR (mm)	ESPEJOR (mm)	DIÁMETRO INTERIOR (mm)
	SDR 51 - SN2 (S-25)		SDR 41 - SN4 (S-20)		SDR 34 - SN (S-16.7)	
110			3.20	103.60	3.20	103.60
160	3.20	153.60	4.00	152.00	4.70	150.60
200	3.90	192.20	4.90	190.20	5.90	188.20
250	4.90	240.00	6.20	237.60	7.30	235.40
315	6.20	302.60	7.70	299.60	9.20	296.60
355	7.00	341.00	8.70	337.60	10.40	334.20
400	7.90	384.40	9.80	380.40	11.70	376.60
450	8.80	432.40	11.00	428.00	13.20	423.60
500	9.80	480.40	12.30	475.40	14.60	470.80
630	12.30	605.40	15.40	599.20	18.40	593.20

Fuente: NTP ISO 4435

e. Apilamiento de la red existente, proyectada

La simulación de la red principal de alcantarillado sanitario se realizó en el programa SewerCAD, mediante la opción de cálculo (Calculation type: análisis). Debiendo previamente definir las características de las tuberías y buzones como se aprecia en la *Figura 13* y *Figura 14* respectivamente.

Para la simulación de la red existente en el programa SewerCAD, los datos incorporados al programa concerniente a las tuberías son el diámetro, material y rugosidad de Manning (n); en cuanto a los buzones se cargó la información de las cotas tapa y fondo, seguidamente se ejecuta el programa mediante la opción de cálculo “análisis” obteniendo de esta forma los resultados del comportamiento hidráulico.

Figura 13

Algunas características de la tubería en SewerCAD

Physical	
Conduit Type	Catalog Conduit
Catalog Class	Circle - PVC
Size	450 mm
Size (Display)	450 mm
Section Type	Circle
Material	PVC
Diameter (mm)	432.4
Wall Thickness (cm)	0.0
Number of Barrels	1
Manning's n	0.010
Use Local Conduit Description?	False
Conduit Description	Circle - 432.4 mm
Set Invert to Start?	True
Invert (Start) (m)	3,826.36
Set Invert to Stop?	True
Invert (Stop) (m)	3,826.30
Has User Defined Length?	False
Length (Scaled) (m)	56.1
Length (Unified) (m)	56.1
Slope (Calculated) (m/m)	0.001
Has User Defined Bend Angle?	False
Bend Angle (Calculated) (degrees)	0.00

Fuente: SewerCAD

Figura 14

Algunas características de buzón en SewerCAD

Notes	
GIS-IDs	<Collection: 0 items>
<Geometry>	
X (m)	431,620.71
Y (m)	8,222,104.92
Station (Calculated) (m)	19+53
Active Topology	
Is Active?	True
Inflow (Sanitary Loading)	
Sanitary Loads	<Collection: 0 items>
Inflow (Wet)	
Inflow (Wet) Collection	<Collection: 0 items>
Physical	
Update Ground Elevation from Terrain	True
Elevation (Ground) (m)	3,839.05
Set Rim to Ground Elevation?	True
Elevation (Rim) (m)	3,839.05
Elevation (Invert) (m)	3,837.65
Structure Type	Circular Structure
Diameter (mm)	1,200.0
Bolted Cover?	False

Fuente: SewerCAD



f. Apilamiento de la red mejorada.

La simulación al año 20 (propuesta de mejorada) se ha realizado en el programa SewerCAD. Considerando las cotas tapas y el trazo de la red principal existente, posteriormente una vez cargado todos los datos al programa se ejecuta mediante la opción de cálculo “desing” obteniendo como resultado la propuesta de mejora cumpliendo con lo exigido por la norma OS.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones

3.7.2.2.5. Contraste de cálculo manual

Para determinar los parámetros del comportamiento hidráulico en un tramo de tubería es necesario determinar el ángulo theta (θ) según las siguientes ecuaciones:

$$A = \left(\frac{\theta - \sin \theta}{8} \right) * D^2$$

$$P = \frac{\theta * D}{2}$$

$$Rh = \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right) * \frac{D}{4}$$

$$Q = \frac{1}{n} * A * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

Donde:

A= Área

P=Perímetro mojado

D= Diámetro

Θ = Angulo

Rh= Radio hidráulico

Q= Caudal

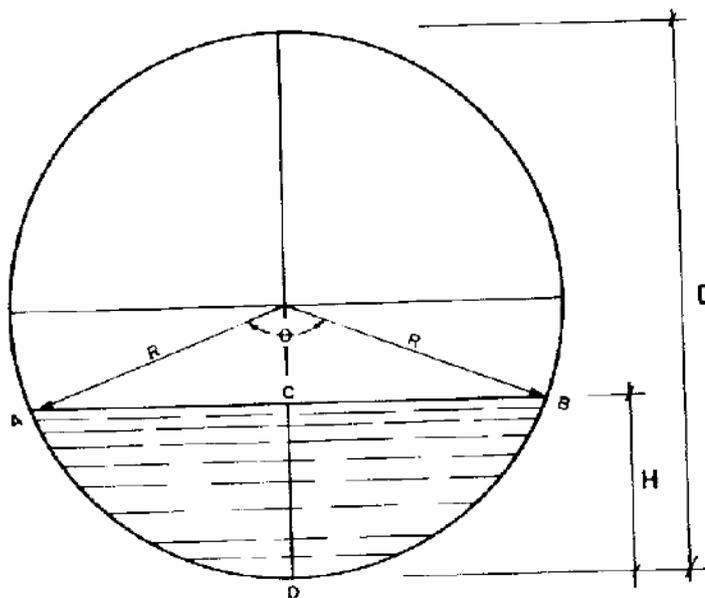
S= Pendiente.

n = Coeficiente de Manning

El contraste de cálculo manual se realizó mediante una hoja de cálculo que se presenta en el Anexo 6, en el que se efectuó el análisis entre los buzones AD04-Bz01 y AD04-Bz02, considerando los siguientes datos: diámetro interno (240mm), material (CSN), coeficiente de Manning ($n=0.018$), longitud (61.3metros) y caudal (32.88 l/s). Asimismo, se tiene, los datos de los buzones que se aprecian en la Tabla 23.

Figura 15

Tirante de agua (H) en conducto circular



Fuente: (Arocha, 1983, p.57)

Tabla 23

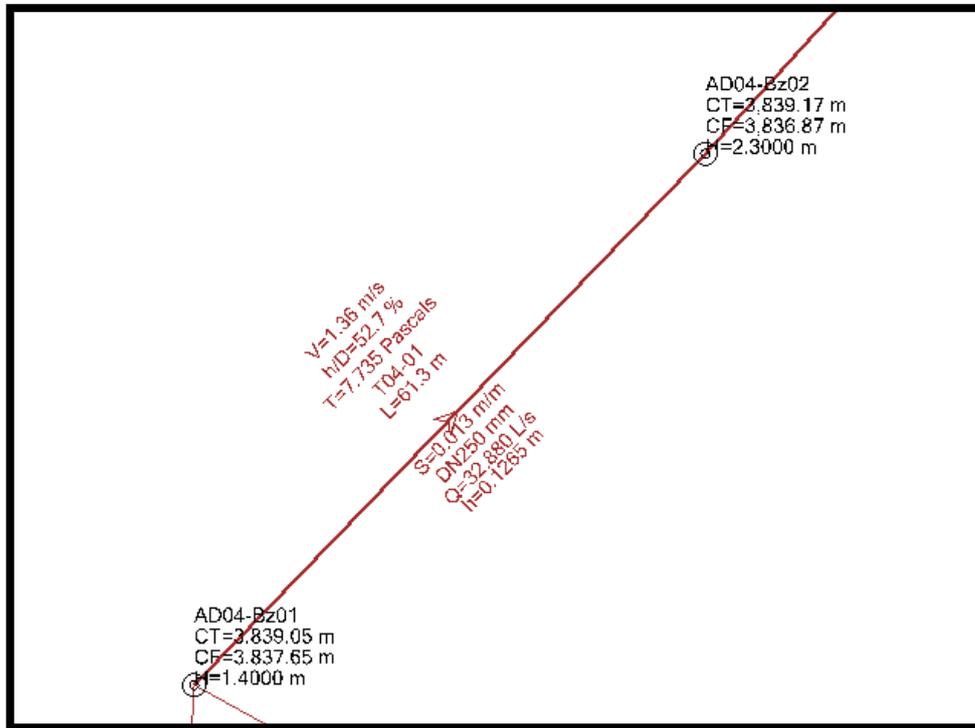
Características de los buzones para el contraste de cálculo manual

Buzón	Cota tapa (msnm)	Cota fondo (msnm)	Altura de buzón (m)
AD04-Bz01	3839.05	3837.65	1.40
AD04-Bz02	3839.17	3836.87	2.30

Fuente: elaboración propia.

Figura 16

Resultado de SewerCAD de la tubería T04-01



Fuente: Elaboración propia.

El contraste realizado de los resultados obtenido del programa SewerCAD mediante el cálculo manual de los parámetros de comportamiento hidráulico (velocidad, tensión tractiva y relación tirante diámetro), se aprecia en la Tabla 24, en el cual se muestra la diferencia que existe.

Tabla 24

Comparación de datos de tubería manual con SewerCAD

Tubería (T04-01)	Manual	Software SewerCAD	Diferencia
Velocidad (m/s)	1.359	1.360	-0.001
Tensión tractiva (Pa)	7.740	7.735	0.005
Relación tirante sobre diámetro (%)	52.723	52.700	0.023

Fuente: elaboración propia.



3.7.2.3. Desarrollo de la propuesta de mejora (optimización) de la red principal

En el desarrollo de la propuesta de mejora se realizará la simulación al año 20, en caso de que se requiera y debe cumplir el comportamiento hidráulico que es la velocidad, relación tirante sobre diámetro y tensión tractiva que exige la normativa OS.070.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

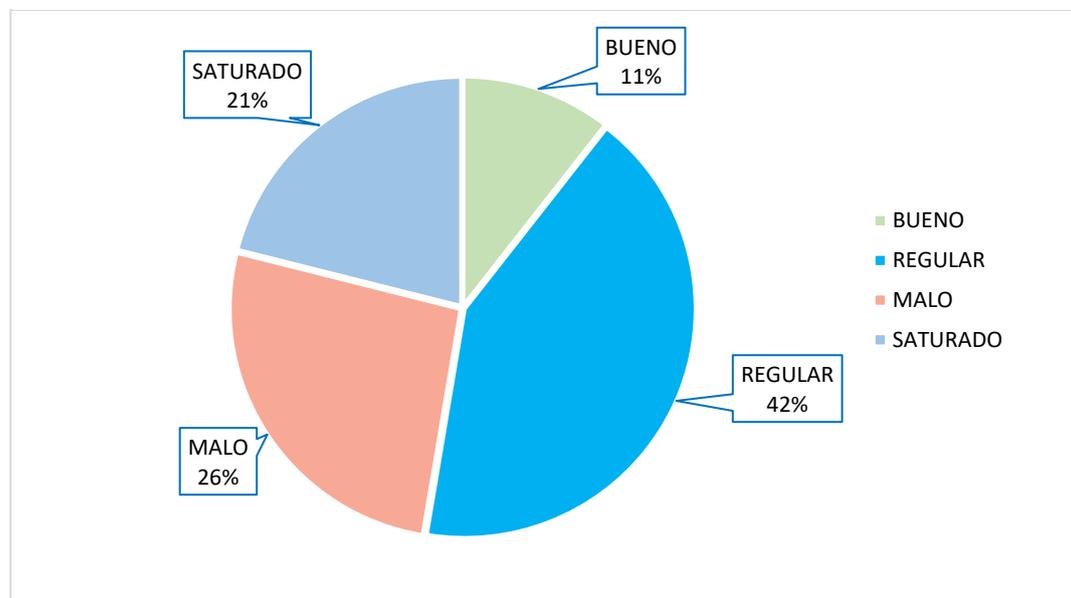
4.1. RESULTADOS

4.1.1. Resultados del estado estructural de las tuberías

Realizado el análisis de las fichas técnicas de observación (anexo:04), se elaboró la Tabla 25, en el que muestra el estado estructural de los 19 tramos intervenidos de la red principal de alcantarillado sanitario mediante las inspecciones televisivas. Obteniéndose los siguientes resultados: el 10.53% se encuentra en buen estado, el 42.11% se encuentra en estado regular, el 26.31% se encuentra en estado malo y el 21.05% se encuentra saturado. A continuación, se muestra la figura 17 que evidencia de forma gráfica el estado estructural de las tuberías de alcantarillado.

Figura 17

Resultados del estado estructural de tuberías de la red principal de alcantarillado



Fuente: Elaboración propia

Tabla 25

Resultados del estado estructural de las tuberías de la red principal de alcantarillado sanitario de la localidad de Ilave.

Dirección, avenida, y/o Jirón	N° de Tramo	Bz : Aguas arriba	Bz : Aguas abajo	Longitud del Tramo (m)	Material	Estado estructural	Diámetro (mm)	Colector
Jr. Sin Nombre N° 02	01	001	002	69,6	PVC	regular	250	Caymahui
Jr. Sin Nombre N° 02	02	004	005	61,5	PVC	regular	250	Caymahui
Jr. Los Libertadores	03	013	015	81,7	PVC	bueno	250	Caymahui
Jr. Los Pinos	04	019	020	62,5	PVC	bueno	250	Caymahui
Jr. Los Pinos	05	030	031	55,35	PVC	saturado	250	Caymahui
Jr. Los Pinos	06	038	040	102,05	PVC	malo saturado	250	Caymahui
Av. Héroes del Cenepa	07	042	043	68,3	PVC	malo saturado	250	Caymahui
Jr. El Collao	08	001	002	54,8	CSN	malo	250	Perú BIRF
Av. Jesús	09	012	013	70,6	CSN	malo	250	Perú BIRF
Av. Jesús	10	027	028	57,7	PVC	regular	250	Perú BIRF
Jr. 28 de Julio	11	033	034	70,20	PVC	regular	300	Perú BIRF
Av. Ejército	12	040	041	92,6	PVC	regular	300	Perú BIRF
Jr. Los Pinos	13	044	045	126,76	CSN	malo saturado	350	Perú BIRF
Av. Héroes del Cenepa	14	048	049	101,1	CSN	saturado	400	Perú BIRF
Av América	15	001	003	138,40	PVC	regular	200	Santa rosa
Jr. 09 de Octubre	16	008	010	94,40	PVC	regular	250	Santa rosa
Av. República	17	015	017	94,50	PVC	regular	250	Santa rosa
Jr. Perú BIRF	18	020	021	82,90	PVC	saturado	300	Santa rosa
Jr. Anicho	19	025	027	102,40	PVC	saturado	400	Santa rosa

Fuente: Elaboración propia



4.1.2. Resultados del análisis del comportamiento hidráulico

4.1.2.1. Resultados de comportamiento hidráulico para el año cero (2020)

En la Tabla 26 y Tabla 27 se muestra las características principales del comportamiento hidráulico de la red principal. También, se aprecia el perfil longitudinal en la Figura 18, Figura 19 y Figura 20 de los colectores, Perú BIRF, Caymahui y Santa Rosa respectivamente. En los siguientes ítems, se realizó el análisis comparativo del comportamiento hidráulico de las tuberías con la norma OS.070.

4.1.2.1.1. Velocidad en la red

Como se puede apreciar en la Tabla 27, 43 tramos de 121 no cumplen con la velocidad mínima (0.60 m/s) según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070, en consecuencia, estos son propensos a presentar sedimentación, por otro lado, también se determinó que ninguno de los tramos supera la velocidad máxima de 3.0m/s. El rango de velocidades que presenta la red es de 0.21 a 1.85 m/s.

4.1.2.1.2. Relación tirante sobre diámetro (H/D)

Considerando la Tabla 27, 21 tramos de 121 superan la relación de tirante sobre diámetro según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070. El colector principal Santa Rosa es el que presenta en mayor medida este problema.

4.1.2.1.3. Tensión tractiva

Como se puede apreciar en la Tabla 27, 36 tramos de 121, no cumplen con la tensión tractiva mínima (1 Pascal), según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070. Este valor varía entre los rangos de 0.179 Pa. a 12.386 Pa.

Tabla 26

Resultados de la simulación al año cero (2020)

Nombre	Bz Ag. Arriba	Bz Ag. Abajo	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Material	Manning' s n	Pendiente e (m/m)	Cauda l (L/s)	Velocidad (m/s)	H/D (%)	Tensión tractiva (Pascals)
T01-01	AD01-Bz01	AD01-Bz02	52.3	250	Concrete	0.018	0.017	2.398	0.72	20.1	3.209
T01-02	AD01-Bz02	AD01-Bz03	54.7	250	Concrete	0.018	0.002	3.302	0.34	29.2	0.591
T01-03	AD01-Bz03	AD01-Bz04	16.3	250	Concrete	0.018	0.001	3.81	0.32	35.7	0.499
T01-04	AD01-Bz04	AD01-Bz05	92.8	250	Concrete	0.018	0.001	4.321	0.25	32	0.274
T01-05	AD01-Bz05	AD01-Bz06	30.7	250	Concrete	0.018	0.003	4.741	0.47	24.2	1.086
T01-06	AD01-Bz06	AD01-Bz07	62.8	250	Concrete	0.018	0.009	5.115	0.72	22.8	2.719
T01-07	AD01-Bz07	AD01-Bz08	11.8	250	Concrete	0.018	0.014	5.458	0.84	23.3	3.814
T01-08	AD01-Bz08	AD01-Bz09	10.1	250	Concrete	0.018	0.011	5.578	0.78	23.9	3.266
T01-09	AD01-Bz09	AD01-Bz10	54.9	250	Concrete	0.018	0.011	6.036	0.82	26.7	3.508
T01-10	AD01-Bz10	AD01-Bz11	89.4	250	Concrete	0.018	0.004	7.002	0.59	43.9	1.684
T01-11	AD01-Bz11	AD01-Bz12	82.1	250	Concrete	0.018	0.0001	8.264	0.21	47.8	0.179
T01-12	AD01-Bz12	AD01-Bz13	70.6	250	Concrete	0.018	0.003	9.39	0.57	34.2	1.466
T01-13	AD01-Bz13	AD01-Bz14	27.4	250	Concrete	0.018	0.044	9.963	1.51	32.4	12.386
T01-14	AD01-Bz14	AD01-Bz15	64.8	250	Concrete	0.018	0.01	11.018	0.91	41.8	3.95
T01-15	AD01-Bz15	AD01-Bz16	67.1	250	Concrete	0.018	0.001	11.627	0.47	47.6	0.917
T01-16	AD01-Bz16	AD01-Bz17	58.3	250	Concrete	0.018	0.003	13.664	0.64	42.2	1.757
T01-17	AD01-Bz17	AD01-Bz18	60.4	250	Concrete	0.018	0.005	14.117	0.78	39.1	2.676
T01-18	AD01-Bz18	AD01-Bz19	71.6	250	Concrete	0.018	0.018	14.576	1.23	47.8	7.193
T01-19	AD01-Bz19	AD01-Bz20	81.5	250	Concrete	0.018	0.002	14.755	0.51	48.1	1.057
T01-20	AD01-Bz20	AD01-Bz21	64.1	250	Concrete	0.018	0.006	15.067	0.86	45.3	3.274

Nombre	Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Diámetro(mm)	Material	Manning's n	Pendiente (m/m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	H/D (%)	Tensión tractiva (Pascals)
T01-21	AD01-Bz21	AD01-Bz22	88.7	250	Concrete	0.018	0.002	15.553	0.61	48.2	1.547
T01-22	AD01-Bz22	AD01-Bz23	20.5	250	Concrete	0.018	0.004	16.403	0.77	43	2.505
T01-23	AD01-Bz23	AD01-Bz24	26.4	250	Concrete	0.018	0.013	16.511	1.13	44.2	5.927
T01-24	AD01-Bz24	AD01-Bz25	31.9	250	Concrete	0.018	0.004	16.641	0.73	44.4	2.225
T01-25	AD01-Bz25	AD01-Bz26	50.7	250	Concrete	0.018	0.015	16.814	1.21	44.7	6.732
T01-26	AD01-Bz26	AD01-Bz27	50.7	250	Concrete	0.018	0.004	16.953	0.73	52	2.235
T01-27	AD01-Bz27	AD01-Bz28	57.9	250	Concrete	0.018	0.002	17.033	0.6	48.9	1.474
T01-28	AD01-Bz28	AD01-Bz29	54.3	250	Concrete	0.018	0.013	17.116	1.16	50	6.156
T01-29	AD01-Bz29	AD01-Bz30	49.1	250	Concrete	0.018	0.002	17.168	0.58	54.5	1.362
T01-30	AD01-Bz30	AD01-Bz31	75.5	250	Concrete	0.018	0.003	17.275	0.69	63	1.968
T01-31	AD01-Bz31	AD01-Bz32	68.9	250	Concrete	0.018	0.001	17.474	0.46	78.2	0.849
T01-32	AD01-Bz32	AD01-Bz33	90.5	250	Concrete	0.018	0.001	17.771	0.36	63.8	0.406
T01-33	AD01-Bz33	AD01-Bz34	76	250	Concrete	0.018	0.01	20.783	1.09	46.6	5.212
T01-34	AD01-Bz34	AD01-Bz35	57.2	250	Concrete	0.018	0.014	21.291	1.26	47	7.101
T01-35	AD01-Bz35	AD01-Bz36	47.2	250	Concrete	0.018	0.007	21.516	0.97	65.5	3.952
T01-36	AD01-Bz36	AD01-Bz37	53.5	250	Concrete	0.018	0.001	24.316	0.5	75.8	0.801
T01-37	AD01-Bz37	AD01-Bz38	77.7	350	Concrete	0.018	0.001	24.316	0.53	50.4	1.073
T01-38	AD01-Bz38	AD01-Bz39	110	350	Concrete	0.018	0.001	24.316	0.47	48.1	0.809
T01-39	AD01-Bz39	AD01-Bz40	103.3	350	Concrete	0.018	0.002	24.781	0.61	38.3	1.443
T01-40	AD01-Bz40	AD01-Bz41	93	350	Concrete	0.018	0.008	25.082	1.04	43.5	4.584

Nombre	Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Diámetro(mm)	Material	Manning's n	Pendiente (m/m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	H/D (%)	Tensión tractiva (Pascals)
T01-41	AD01-Bz41	AD01-Bz42	205.9	350	Concrete	0.018	0.001	25.894	0.49	44.9	0.874
T01-42	AD01-Bz42	AD01-Bz43	134.2	350	Concrete	0.018	0.008	29.442	1.1	34	5.078
T01-43	AD01-Bz43	AD01-Bz44	116.5	350	Concrete	0.018	0.006	29.442	1	38.5	4.106
T01-44	AD01-Bz44	AD01-Bz45	127	350	Concrete	0.018	0.003	29.442	0.79	43.5	2.424
T01-45	AD01-Bz45	AD01-Bz46	131.9	350	Concrete	0.018	0.002	29.442	0.68	43.5	1.78
T01-46	AD01-Bz46	AD01-Bz47	139.3	350	Concrete	0.018	0.004	31.5	0.85	48.2	2.796
T01-47	AD01-Bz47	AD01-Bz48	155.4	350	Concrete	0.018	0.001	32.371	0.59	55.9	1.289
T01-48	AD01-Bz48	AD01-Bz49	101.3	350	Concrete	0.018	0.001	33.204	0.59	50	1.275
T01-49	AD01-Bz49	EBAR-PERÚ	76.4	350	Concrete	0.018	0.004	34.034	0.85	41.1	2.762
BIRF											
T03-01	AD03-Bz01	AD03-Bz02	81.3	240	PVC	0.01	0.009	0.596	0.45	9.1	0.923
T03-02	AD03-Bz02	AD03-Bz03	23.2	240	PVC	0.01	0.005	0.99	0.42	11.1	0.706
T03-03	AD03-Bz03	AD03-Bz04	61.1	240	PVC	0.01	0.002	1.008	0.33	11.3	0.406
T03-04	AD03-Bz04	AD03-Bz05	61.3	240	PVC	0.01	0.006	1.046	0.47	11	0.874
T03-05	AD03-Bz05	AD03-Bz06	29.5	240	PVC	0.01	0.003	1.062	0.37	11.3	0.518
T03-06	AD03-Bz06	AD03-Bz07	54.3	240	PVC	0.01	0.006	1.187	0.49	15.4	0.929
T03-07	AD03-Bz07	AD03-Bz08	66.9	240	PVC	0.01	0.001	1.584	0.25	17.7	0.208
T03-08	AD03-Bz08	AD03-Bz09	28.4	240	PVC	0.01	0.002	1.584	0.34	16.2	0.404
T03-09	AD03-Bz09	AD03-Bz10	60.4	240	PVC	0.01	0.001	1.584	0.32	16.8	0.356
T03-10	AD03-Bz10	AD03-Bz11	63.6	240	PVC	0.01	0.001	1.665	0.32	15.5	0.349
T03-11	AD03-Bz11	AD03-Bz12	45.2	240	PVC	0.01	0.004	1.762	0.46	15.6	0.766

Nombre	Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Diámetro(mm)	Material	Manning's n	Pendiente (m/m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	H/D (%)	Tensión tractiva (Pascals)
T03-12	AD03-Bz12	AD03-Bz13	45.7	240	PVC	0.01	0.012	2.759	0.8	17.3	2.305
T03-13	AD03-Bz13	AD03-Bz14	38	240	PVC	0.01	0.01	2.791	0.76	17.4	2.05
T03-14	AD03-Bz14	AD03-Bz15	46.9	240	PVC	0.01	0.005	2.824	0.58	21.3	1.121
T03-15	AD03-Bz15	AD03-Bz16	45.1	240	PVC	0.01	0.001	2.862	0.32	22.9	0.307
T03-16	AD03-Bz16	AD03-Bz17	45.6	240	PVC	0.01	0.002	2.879	0.43	20.3	0.576
T03-17	AD03-Bz17	AD03-Bz18	72.9	240	PVC	0.01	0.002	2.918	0.45	19.1	0.66
T03-18	AD03-Bz18	AD03-Bz19	79.5	240	PVC	0.01	0.004	3.05	0.55	20.7	0.979
T03-19	AD03-Bz19	AD03-Bz20	59.5	240	PVC	0.01	0.002	3.225	0.4	21.5	0.492
T03-20	AD03-Bz20	AD03-Bz21	23.3	240	PVC	0.01	0.003	3.225	0.51	21.7	0.839
T03-21	AD03-Bz21	AD03-Bz22	46.5	240	PVC	0.01	0.002	3.303	0.4	22.1	0.495
T03-22	AD03-Bz22	AD03-Bz23	62.5	240	PVC	0.01	0.003	3.438	0.51	20	0.837
T03-23	AD03-Bz23	AD03-Bz24	54.6	240	PVC	0.01	0.006	3.535	0.69	19.7	1.579
T03-24	AD03-Bz24	AD03-Bz25	45.6	240	PVC	0.01	0.006	3.618	0.67	19.9	1.499
T03-25	AD03-Bz25	AD03-Bz26	39.2	240	PVC	0.01	0.004	3.662	0.58	21	1.073
T03-26	AD03-Bz26	AD03-Bz27	38.3	240	PVC	0.01	0.003	3.804	0.51	22.2	0.81
T03-27	AD03-Bz27	AD03-Bz28	44.2	240	PVC	0.01	0.003	3.959	0.52	23.8	0.85
T03-28	AD03-Bz28	AD03-Bz29	28.3	240	PVC	0.01	0.002	4.087	0.45	29.4	0.616
T03-29	AD03-Bz29	AD03-Bz30	42.3	240	PVC	0.01	0.017	10.123	1.33	33.9	5.436
T03-30	AD03-Bz30	AD03-Bz31	48.9	240	PVC	0.01	0.005	10.497	0.88	38.8	2.193
T03-31	AD03-Bz31	AD03-Bz32	49.3	240	PVC	0.01	0.002	10.9	0.58	39.4	0.866

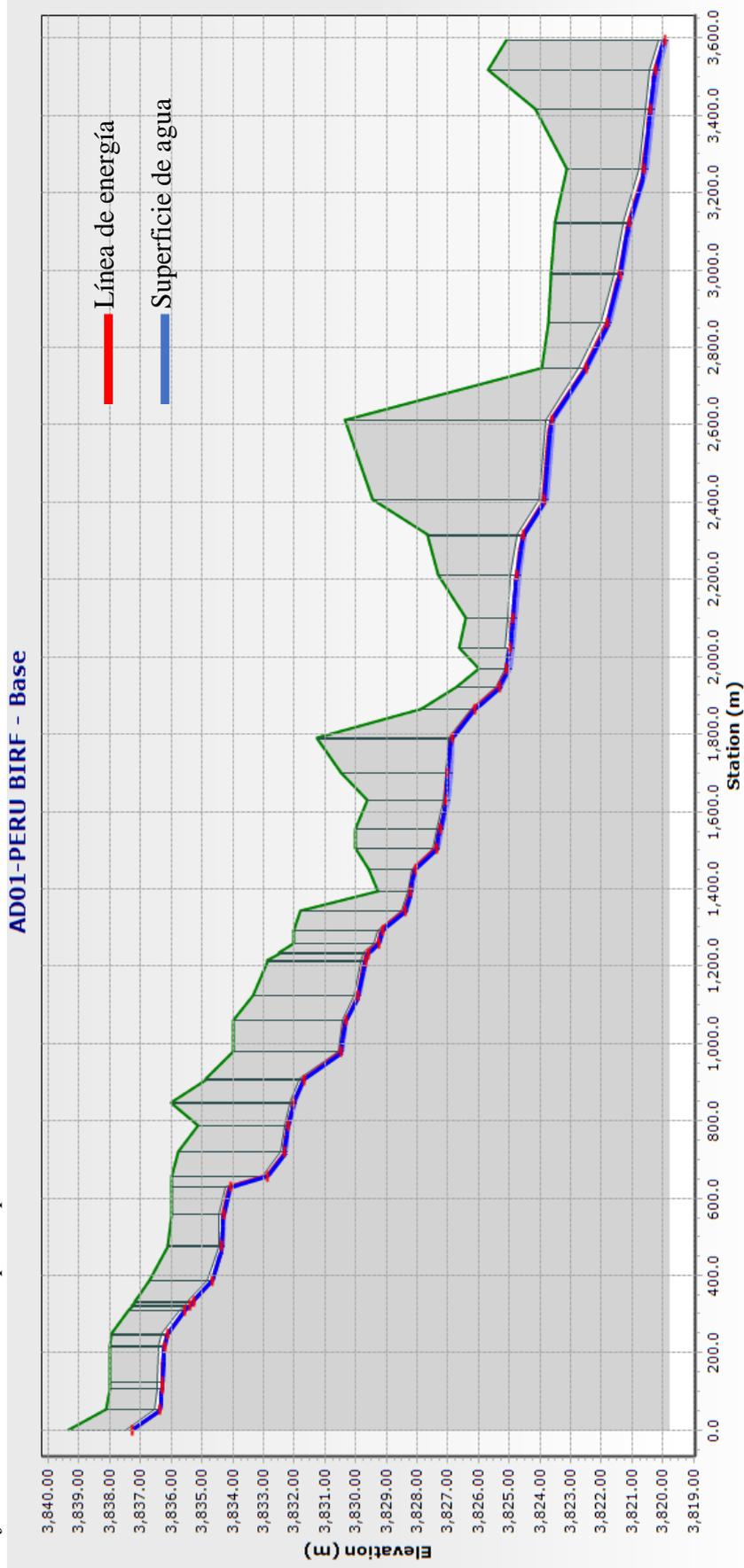
Nombre	Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Diámetro(mm)	Material	Manning's n	Pendiente (m/m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	H/D (%)	Tensión tractiva (Pascals)
T03-32	AD03-Bz32	AD03-Bz33	45.7	240	PVC	0.01	0.004	11.278	0.82	39.3	1.86
T03-33	AD03-Bz34	AD03-Bz33	58.4	240	PVC	0.01	0.002	11.614	0.62	40.1	1.002
T03-34	AD03-Bz35	AD03-Bz34	49.5	240	PVC	0.01	0.003	11.913	0.78	39	1.634
T03-35	AD03-Bz36	AD03-Bz35	51.9	240	PVC	0.01	0.003	12.212	0.7	39.2	1.284
T03-36	AD03-Bz37	AD03-Bz36	48.8	240	PVC	0.01	0.005	12.482	0.91	41.8	2.29
T03-37	AD03-Bz38	AD03-Bz37	56.5	240	PVC	0.01	0.002	12.71	0.62	42.1	0.987
T03-38	AD03-Bz39	AD03-Bz38	53.1	240	PVC	0.01	0.004	12.903	0.84	38.2	1.89
T03-39	AD03-Bz40	AD03-Bz39	49	240	PVC	0.01	0.007	13.049	1.04	40.6	3.036
T03-40	AD03-Bz41	AD03-Bz40	96.6	240	PVC	0.01	0.003	14.235	0.77	41.6	1.534
T03-41	AD03-Bz42	AD03-Bz41	46	240	PVC	0.01	0.014	14.485	1.38	40.6	5.486
T03-42	AD03-Bz43	AD03-Bz42	68.3	240	PVC	0.01	0.01	14.691	1.19	41	3.998
T03-43	AD03-Bz44	AD03-Bz43	85.4	240	PVC	0.01	0.005	15.021	0.95	44.1	2.391
T03-44	EBAR- CAYMAHUI	AD03-Bz44	12	240	PVC	0.01	0.002	15.519	0.74	44.4	1.408
T04-01	AD04-Bz01	AD04-Bz02	61.3	240	PVC	0.01	0.013	32.88	1.66	63.7	7.001
T04-02	AD04-Bz02	AD04-Bz03	77.8	240	PVC	0.01	0.011	36.197	1.58	65.6	6.234
T04-03	AD04-Bz03	AD04-Bz04	62.3	240	PVC	0.01	0.009	36.868	1.5	73	5.592
T04-04	AD04-Bz04	AD04-Bz05	97.5	240	PVC	0.01	0.003	37.64	0.97	86	2.202
T04-05	AD04-Bz05	AD04-Bz06	50	240	PVC	0.01	0.002	38.314	0.85	83.8	1.411
T04-06	AD04-Bz06	AD04-Bz07	73.1	240	PVC	0.01	0.004	38.756	1.06	71.8	2.625
T04-07	AD04-Bz07	AD04-Bz08	75.1	240	PVC	0.01	0.007	39.217	1.37	79	4.541

Nombre	Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Diámetro(mm)	Material	Manning's n	Pendiente (m/m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	H/D (%)	Tensión tractiva (Pascals)
T04-08	AD04-Bz08	AD04-Bz09	48.1	240	PVC	0.01	0.003	40.816	0.9	79.7	1.71
T04-09	AD04-Bz09	AD04-Bz10	48.1	240	PVC	0.01	0.006	40.906	1.31	73	4.089
T04-10	AD04-Bz10	AD04-Bz11	72.1	240	PVC	0.01	0.004	42.357	1.14	75.6	3.061
T04-11	AD04-Bz11	AD04-Bz12	72.1	240	PVC	0.01	0.005	42.546	1.17	78.2	3.244
T04-12	AD04-Bz12	AD04-Bz13	82.1	240	PVC	0.01	0.004	43.851	1.11	76.8	2.877
T04-13	AD04-Bz13	AD04-Bz14	80.3	302.6	PVC	0.01	0.004	44.706	1.18	57.6	3.215
T04-14	AD04-Bz14	AD04-Bz15	19.1	240	PVC	0.01	0.005	44.966	1.2	75.2	3.36
T04-15	AD04-Bz15	AD04-Bz16	54.3	240	PVC	0.01	0.012	45.096	1.75	73	7.5
T04-16	AD04-Bz16	AD04-Bz17	46.8	240	PVC	0.01	0.009	45.278	1.55	77.4	5.795
T04-17	AD04-Bz17	AD04-Bz18	101.8	302.6	PVC	0.01	0.003	52.624	1.07	62.8	2.516
T04-18	AD04-Bz18	AD04-Bz19	100.8	302.6	PVC	0.01	0.012	56.284	1.82	52.6	7.89
T04-19	AD04-Bz19	AD04-Bz20	99.1	302.6	PVC	0.01	0.012	56.284	1.85	80.4	8.225
T04-20	AD04-Bz20	AD04-Bz21	84.1	302.6	PVC	0.01	0.008	56.284	0.78	100	6.146
T04-21	AD04-Bz21	AD04-Bz22	80.1	302.6	PVC	0.01	0.001	56.284	0.78	100	0.833
T04-22	AD04-Bz22	AD04-Bz23	87.4	302.6	PVC	0.01	0.001	90.314	1.26	100	0.933
T04-23	AD04-Bz23	AD04-Bz24	77.7	302.6	PVC	0.01	0.004	90.314	1.26	100	2.673
T04-24	AD04-Bz24	AD04-Bz25	85.1	302.6	PVC	0.01	0.003	90.314	1.26	100	2.353
T04-25	AD04-Bz25	AD04-Bz26	48.1	302.6	PVC	0.01	0.005	90.314	1.26	100	4.868
T04-26	AD04-Bz26	AD04-Bz27	54.1	302.6	PVC	0.01	0.004	90.314	1.26	92.4	2.603
T04-27	AD04-Bz27	AD04-Bz28	25.9	302.6	PVC	0.01	0.005	90.314	1.38	83.1	4.167
T04-28	AD04-Bz28	PTAR	56.1	302.6	PVC	0.01	0.005	90.314	1.44	79.3	4.502

Fuente: elaboración propia

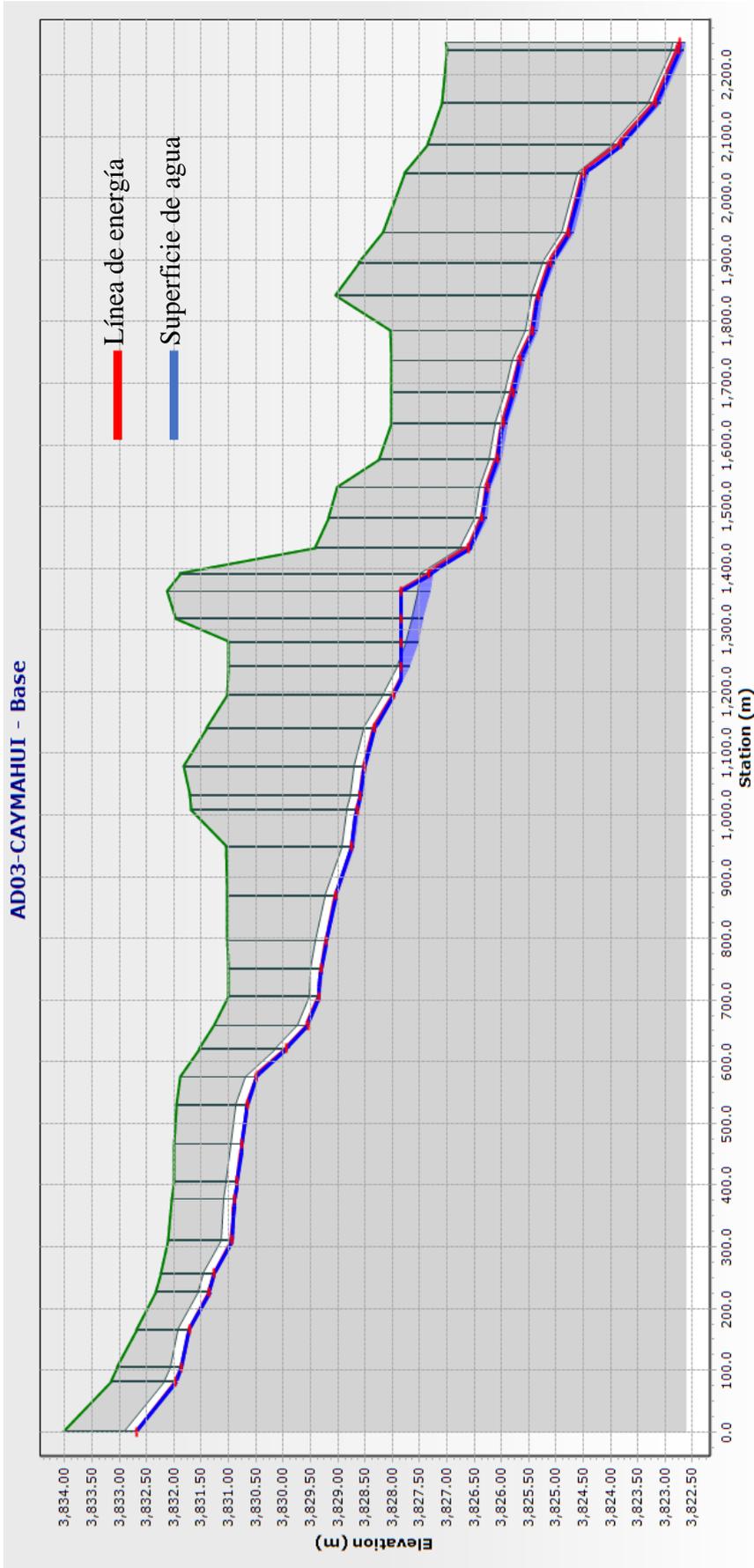
Figura 18

Perfil hidráulico colector principal de Perú BIRF al año cero



Fuente: elaboración propia

Figura 19
Perfil hidráulico de colector principal de Caymahui al año cero.

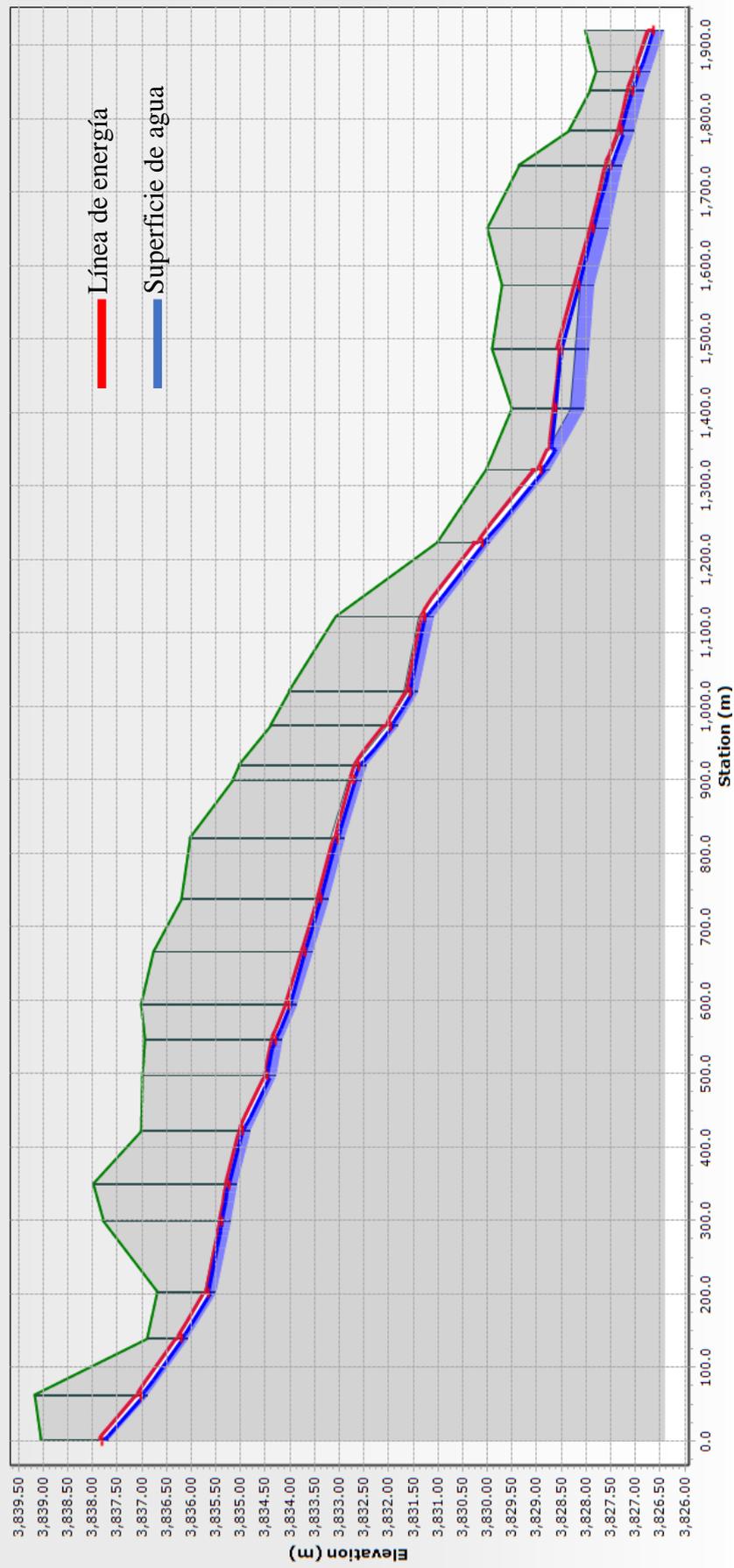


Fuente: Elaboración propia

Figura 20

Perfil hidráulico de colector principal Santa Rosa al año cero.

AD04-SANTA ROSA - Base



Fuente: Elaboración propia

Tabla 27

Evaluación del comportamiento hidráulico al año cero

Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Vel. (m/s)	H/D (%)	Tensió n tractiva (Pa.)	Vel. Mín. (0.60m/ s)	Vel. Máx. (3.00 m/s)	H/D (<75%)	Tensió n tractiva mín.
AD01-Bz01	AD01-Bz02	0.72	20.1	3.209	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz02	AD01-Bz03	0.34	29.2	0.591	No	Si	Si	No
AD01-Bz03	AD01-Bz04	0.32	35.7	0.499	No	Si	Si	No
AD01-Bz04	AD01-Bz05	0.25	32	0.274	No	Si	Si	No
AD01-Bz05	AD01-Bz06	0.47	24.2	1.086	No	Si	Si	Si
AD01-Bz06	AD01-Bz07	0.72	22.8	2.719	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz07	AD01-Bz08	0.84	23.3	3.814	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz08	AD01-Bz09	0.78	23.9	3.266	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz09	AD01-Bz10	0.82	26.7	3.508	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz10	AD01-Bz11	0.59	43.9	1.684	No	Si	Si	Si
AD01-Bz11	AD01-Bz12	0.21	47.8	0.179	No	Si	Si	No
AD01-Bz12	AD01-Bz13	0.57	34.2	1.466	No	Si	Si	Si
AD01-Bz13	AD01-Bz14	1.51	32.4	12.386	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz14	AD01-Bz15	0.91	41.8	3.95	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz15	AD01-Bz16	0.47	47.6	0.917	No	Si	Si	No
AD01-Bz16	AD01-Bz17	0.64	42.2	1.757	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz17	AD01-Bz18	0.78	39.1	2.676	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz18	AD01-Bz19	1.23	47.8	7.193	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz19	AD01-Bz20	0.51	48.1	1.057	No	Si	Si	Si
AD01-Bz20	AD01-Bz21	0.86	45.3	3.274	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz21	AD01-Bz22	0.61	48.2	1.547	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz22	AD01-Bz23	0.77	43	2.505	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz23	AD01-Bz24	1.13	44.2	5.927	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz24	AD01-Bz25	0.73	44.4	2.225	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz25	AD01-Bz26	1.21	44.7	6.732	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz26	AD01-Bz27	0.73	52	2.235	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz27	AD01-Bz28	0.6	48.9	1.474	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz28	AD01-Bz29	1.16	50	6.156	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz29	AD01-Bz30	0.58	54.5	1.362	No	Si	Si	Si
AD01-Bz30	AD01-Bz31	0.69	63	1.968	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz31	AD01-Bz32	0.46	78.2	0.849	No	Si	No	No
AD01-Bz32	AD01-Bz33	0.36	63.8	0.406	No	Si	Si	No
AD01-Bz33	AD01-Bz34	1.09	46.6	5.212	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz34	AD01-Bz35	1.26	47	7.101	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz35	AD01-Bz36	0.97	65.5	3.952	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz36	AD01-Bz37	0.5	75.8	0.801	No	Si	No	No
AD01-Bz37	AD01-Bz38	0.53	50.4	1.073	No	Si	Si	Si
AD01-Bz38	AD01-Bz39	0.47	48.1	0.809	No	Si	Si	No
AD01-Bz39	AD01-Bz40	0.61	38.3	1.443	Si	Si	Si	Si



Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Vel. (m/s)	H/D (%)	Tensió n tractiva (Pa.)	Vel. Mín. (0.60m/ s)	Vel. Máx. (3.00 m/s)	H/D (<75%)	Tensió n tractiva mín.
AD01-Bz40	AD01-Bz41	1.04	43.5	4.584	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz41	AD01-Bz42	0.49	44.9	0.874	No	Si	Si	No
AD01-Bz42	AD01-Bz43	1.1	34	5.078	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz43	AD01-Bz44	1	38.5	4.106	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz44	AD01-Bz45	0.79	43.5	2.424	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz45	AD01-Bz46	0.68	43.5	1.78	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz46	AD01-Bz47	0.85	48.2	2.796	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz47	AD01-Bz48	0.59	55.9	1.289	No	Si	Si	Si
AD01-Bz48	AD01-Bz49	0.59	50	1.275	No	Si	Si	Si
AD01-Bz49	EBAR-PERÚ BIRF	0.85	41.1	2.762	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz01	AD03-Bz02	0.45	9.1	0.923	No	Si	Si	No
AD03-Bz02	AD03-Bz03	0.42	11.1	0.706	No	Si	Si	No
AD03-Bz03	AD03-Bz04	0.33	11.3	0.406	No	Si	Si	No
AD03-Bz04	AD03-Bz05	0.47	11	0.874	No	Si	Si	No
AD03-Bz05	AD03-Bz06	0.37	11.3	0.518	No	Si	Si	No
AD03-Bz06	AD03-Bz07	0.49	15.4	0.929	No	Si	Si	No
AD03-Bz07	AD03-Bz08	0.25	17.7	0.208	No	Si	Si	No
AD03-Bz08	AD03-Bz09	0.34	16.2	0.404	No	Si	Si	No
AD03-Bz09	AD03-Bz10	0.32	16.8	0.356	No	Si	Si	No
AD03-Bz10	AD03-Bz11	0.32	15.5	0.349	No	Si	Si	No
AD03-Bz11	AD03-Bz12	0.46	15.6	0.766	No	Si	Si	No
AD03-Bz12	AD03-Bz13	0.8	17.3	2.305	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz13	AD03-Bz14	0.76	17.4	2.05	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz14	AD03-Bz15	0.58	21.3	1.121	No	Si	Si	Si
AD03-Bz15	AD03-Bz16	0.32	22.9	0.307	No	Si	Si	No
AD03-Bz16	AD03-Bz17	0.43	20.3	0.576	No	Si	Si	No
AD03-Bz17	AD03-Bz18	0.45	19.1	0.66	No	Si	Si	No
AD03-Bz18	AD03-Bz19	0.55	20.7	0.979	No	Si	Si	No
AD03-Bz19	AD03-Bz20	0.4	21.5	0.492	No	Si	Si	No
AD03-Bz20	AD03-Bz21	0.51	21.7	0.839	No	Si	Si	No
AD03-Bz21	AD03-Bz22	0.4	22.1	0.495	No	Si	Si	No
AD03-Bz22	AD03-Bz23	0.51	20	0.837	No	Si	Si	No
AD03-Bz23	AD03-Bz24	0.69	19.7	1.579	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz24	AD03-Bz25	0.67	19.9	1.499	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz25	AD03-Bz26	0.58	21	1.073	No	Si	Si	Si
AD03-Bz26	AD03-Bz27	0.51	22.2	0.81	No	Si	Si	No
AD03-Bz27	AD03-Bz28	0.52	23.8	0.85	No	Si	Si	No
AD03-Bz28	AD03-Bz29	0.45	29.4	0.616	No	Si	Si	No
AD03-Bz29	AD03-Bz30	1.33	33.9	5.436	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz30	AD03-Bz31	0.88	38.8	2.193	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz31	AD03-Bz32	0.58	39.4	0.866	No	Si	Si	No



Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Vel. (m/s)	H/D (%)	Tensió n tractiva (Pa.)	Vel. Mín. (0.60m/ s)	Vel. Máx. (3.00 m/s)	H/D(<75 %)	Tensió n tractiva mín.
AD03-Bz32	AD03-Bz33	0.82	39.3	1.86	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz34	AD03-Bz33	0.62	40.1	1.002	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz35	AD03-Bz34	0.78	39	1.634	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz36	AD03-Bz35	0.7	39.2	1.284	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz37	AD03-Bz36	0.91	41.8	2.29	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz38	AD03-Bz37	0.62	42.1	0.987	Si	Si	Si	No
AD03-Bz39	AD03-Bz38	0.84	38.2	1.89	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz40	AD03-Bz39	1.04	40.6	3.036	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz41	AD03-Bz40	0.77	41.6	1.534	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz42	AD03-Bz41	1.38	40.6	5.486	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz43	AD03-Bz42	1.19	41	3.998	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz44	AD03-Bz43	0.95	44.1	2.391	Si	Si	Si	Si
EBAR-CAYMAHUI	AD03-Bz44	0.74	44.4	1.408	Si	Si	Si	Si
AD04-Bz01	AD04-Bz02	1.66	63.7	7.001	Si	Si	Si	Si
AD04-Bz02	AD04-Bz03	1.58	65.6	6.234	Si	Si	Si	Si
AD04-Bz03	AD04-Bz04	1.5	73	5.592	Si	Si	Si	Si
AD04-Bz04	AD04-Bz05	0.97	86	2.202	Si	Si	No	Si
AD04-Bz05	AD04-Bz06	0.85	83.8	1.411	Si	Si	No	Si
AD04-Bz06	AD04-Bz07	1.06	71.8	2.625	Si	Si	Si	Si
AD04-Bz07	AD04-Bz08	1.37	79	4.541	Si	Si	No	Si
AD04-Bz08	AD04-Bz09	0.9	79.7	1.71	Si	Si	No	Si
AD04-Bz09	AD04-Bz10	1.31	73	4.089	Si	Si	Si	Si
AD04-Bz10	AD04-Bz11	1.14	75.6	3.061	Si	Si	No	Si
AD04-Bz11	AD04-Bz12	1.17	78.2	3.244	Si	Si	No	Si
AD04-Bz12	AD04-Bz13	1.11	76.8	2.877	Si	Si	No	Si
AD04-Bz13	AD04-Bz14	1.18	57.6	3.215	Si	Si	Si	Si
AD04-Bz14	AD04-Bz15	1.2	75.2	3.36	Si	Si	No	Si
AD04-Bz15	AD04-Bz16	1.75	73	7.5	Si	Si	Si	Si
AD04-Bz16	AD04-Bz17	1.55	77.4	5.795	Si	Si	No	Si
AD04-Bz17	AD04-Bz18	1.07	62.8	2.516	Si	Si	Si	Si
AD04-Bz18	AD04-Bz19	1.82	52.6	7.89	Si	Si	Si	Si
AD04-Bz19	AD04-Bz20	1.85	80.4	8.225	Si	Si	No	Si
AD04-Bz20	AD04-Bz21	0.78	100	6.146	Si	Si	No	Si
AD04-Bz21	AD04-Bz22	0.78	100	0.833	Si	Si	No	No
AD04-Bz22	AD04-Bz23	1.26	100	0.933	Si	Si	No	No
AD04-Bz23	AD04-Bz24	1.26	100	2.673	Si	Si	No	Si
AD04-Bz24	AD04-Bz25	1.26	100	2.353	Si	Si	No	Si
AD04-Bz25	AD04-Bz26	1.26	100	4.868	Si	Si	No	Si
AD04-Bz26	AD04-Bz27	1.26	92.4	2.603	Si	Si	No	Si
AD04-Bz27	AD04-Bz28	1.38	83.1	4.167	Si	Si	No	Si
AD04-Bz28	PTAR	1.44	79.3	4.502	Si	Si	No	Si
Sumatoria tramos que no cumple =					43	0	21	36

Fuente: elaboración propia



4.1.2.2. Resultados de comportamiento hidráulico para el año 20 (2040)

Se realizó la proyección de la población al año 20 (2040) de 49061 habitantes, con el cual se determinó el caudal de diseño como se aprecia en la Tabla 19, luego se efectuó la simulación de la red principal de alcantarillado sanitario en programa el SewerCAD. Los resultados del comportamiento hidráulico al año 20 se detalla en la Tabla 28 y Tabla 29. También, se presenta el perfil longitudinal en la Figura 21, Figura 22, y Figura 23 de los colectores Perú BIRF, Caymahui y Santa Rosa respectivamente.

4.1.2.2.1. Velocidad en la red

Como se puede apreciar en la Tabla 29, 32 tramos de 121, no cumplen con la velocidad mínima (0.60m/s) según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070, en consecuencia, estos son propensos a presentar sedimentación, por otro lado, también se determinó que ninguno de los tramos supera la velocidad máxima de 3.0m/s. Además, el rango de velocidad varía de 0.12 a 2.0m/s.

4.1.2.2.2. Relación tirante sobre diámetro (H/D)

Considerando la Tabla 29, 37 tramos de 121, superan la relación de tirante sobre diámetro según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070. Originando que las tuberías trabajen a presión.

4.1.2.2.3. Tensión tractiva

Como se puede apreciar en la Tabla 29, 27 tramos de 121, no cumplen con la tensión tractiva mínima (1 Pascal), según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070. Este valor varía entre los rangos de 0.149 Pa. a 14.601Pa.

Tabla 28

Resultados de la simulación al año 20 (2040).

Nombre	Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Diámetro(mm)	Material	Manning's n	Pendiente (m/m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	H/D (%)	Tensión tractiva (Pascals)
T01-01	AD01-Bz01	AD01-Bz02	52.3	250	Concrete	0.018	0.017	3.507	0.8	24.4	3.816
T01-02	AD01-Bz02	AD01-Bz03	54.7	250	Concrete	0.018	0.002	4.828	0.38	35.9	0.696
T01-03	AD01-Bz03	AD01-Bz04	16.3	250	Concrete	0.018	0.001	5.57	0.36	43.8	0.586
T01-04	AD01-Bz04	AD01-Bz05	92.8	250	Concrete	0.018	0.001	6.318	0.28	38.9	0.319
T01-05	AD01-Bz05	AD01-Bz06	30.7	250	Concrete	0.018	0.003	6.931	0.52	29.4	1.277
T01-06	AD01-Bz06	AD01-Bz07	62.8	250	Concrete	0.018	0.009	7.478	0.8	27.7	3.21
T01-07	AD01-Bz07	AD01-Bz08	11.8	250	Concrete	0.018	0.014	7.98	0.94	28.3	4.514
T01-08	AD01-Bz08	AD01-Bz09	10.1	250	Concrete	0.018	0.011	8.155	0.88	29.1	3.856
T01-09	AD01-Bz09	AD01-Bz10	54.9	250	Concrete	0.018	0.011	8.826	0.91	32.5	4.14
T01-10	AD01-Bz10	AD01-Bz11	89.4	250	Concrete	0.018	0.004	10.237	0.66	53.6	1.976
T01-11	AD01-Bz11	AD01-Bz12	82.1	250	Concrete	0.018	0.001	12.083	0.25	58.7	0.149
T01-12	AD01-Bz12	AD01-Bz13	70.6	250	Concrete	0.018	0.003	13.729	0.63	41.9	1.708
T01-13	AD01-Bz13	AD01-Bz14	27.4	250	Concrete	0.018	0.044	14.567	1.7	39.5	14.601
T01-14	AD01-Bz14	AD01-Bz15	64.8	250	Concrete	0.018	0.01	16.109	1.01	52	4.635
T01-15	AD01-Bz15	AD01-Bz16	67.1	250	Concrete	0.018	0.001	16.999	0.51	59.8	1.045
T01-16	AD01-Bz16	AD01-Bz17	58.3	250	Concrete	0.018	0.003	19.972	0.7	52.6	2.025
T01-17	AD01-Bz17	AD01-Bz18	60.4	250	Concrete	0.018	0.005	20.634	0.86	48	3.105
T01-18	AD01-Bz18	AD01-Bz19	71.6	250	Concrete	0.018	0.018	21.305	1.36	60.5	8.437
T01-19	AD01-Bz19	AD01-Bz20	81.5	250	Concrete	0.018	0.002	21.567	0.55	61	1.178
T01-20	AD01-Bz20	AD01-Bz21	64.1	250	Concrete	0.018	0.006	22.024	0.95	56.7	3.807

Nombre	Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Diámetro(mm)	Material	Manning's n	Pendiente (m/m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	H/D (%)	Tensión tractiva (Pascals)
T01-21	AD01-Bz21	AD01-Bz22	88.7	250	Concrete	0.018	0.002	22.733	0.67	61	1.758
T01-22	AD01-Bz22	AD01-Bz23	20.5	250	Concrete	0.018	0.004	23.976	0.84	53.2	2.887
T01-23	AD01-Bz23	AD01-Bz24	26.4	250	Concrete	0.018	0.013	24.134	1.26	54.9	6.919
T01-24	AD01-Bz24	AD01-Bz25	31.9	250	Concrete	0.018	0.004	24.324	0.8	55.1	2.552
T01-25	AD01-Bz25	AD01-Bz26	50.7	250	Concrete	0.018	0.015	24.578	1.34	55.5	7.879
T01-26	AD01-Bz26	AD01-Bz27	50.7	250	Concrete	0.018	0.004	24.781	0.8	66.8	2.561
T01-27	AD01-Bz27	AD01-Bz28	57.9	250	Concrete	0.018	0.002	24.898	0.65	62	1.65
T01-28	AD01-Bz28	AD01-Bz29	54.3	250	Concrete	0.018	0.013	25.018	1.29	67.5	7.186
T01-29	AD01-Bz29	AD01-Bz30	49.1	250	Concrete	0.018	0.002	25.095	0.62	88.7	1.51
T01-30	AD01-Bz30	AD01-Bz31	75.5	250	Concrete	0.018	0.003	25.251	0.75	96.7	2.241
T01-31	AD01-Bz31	AD01-Bz32	68.9	250	Concrete	0.018	0.001	25.542	0.52	100	0.712
T01-32	AD01-Bz32	AD01-Bz33	90.5	250	Concrete	0.018	0.001	25.977	0.53	78.2	0.406
T01-33	AD01-Bz33	AD01-Bz34	76	250	Concrete	0.018	0.01	30.38	1.21	56.8	6.042
T01-34	AD01-Bz34	AD01-Bz35	57.2	250	Concrete	0.018	0.014	31.123	1.4	57.7	8.264
T01-35	AD01-Bz35	AD01-Bz36	47.2	250	Concrete	0.018	0.007	31.452	1.06	79.1	4.542
T01-36	AD01-Bz36	AD01-Bz37	53.5	250	Concrete	0.018	0.001	35.547	0.72	93.1	0.801
T01-37	AD01-Bz37	AD01-Bz38	77.7	350	Concrete	0.018	0.001	35.547	0.58	63.8	1.23
T01-38	AD01-Bz38	AD01-Bz39	110	350	Concrete	0.018	0.001	35.547	0.51	60.3	0.915
T01-39	AD01-Bz39	AD01-Bz40	103.3	350	Concrete	0.018	0.002	36.227	0.67	47.4	1.665
T01-40	AD01-Bz40	AD01-Bz41	93	350	Concrete	0.018	0.008	36.667	1.16	54.9	5.376

Nombre	Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Diámetro(mm)	Material	Manning's n	Pendiente (m/m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	H/D (%)	Tensión tractiva (Pascals)
T01-41	AD01-Bz41	AD01-Bz42	205.9	350	Concrete	0.018	0.001	37.854	0.53	56.7	0.986
T01-42	AD01-Bz42	AD01-Bz43	134.2	350	Concrete	0.018	0.008	43.043	1.23	41.5	5.942
T01-43	AD01-Bz43	AD01-Bz44	116.5	350	Concrete	0.018	0.006	43.043	1.11	47.4	4.795
T01-44	AD01-Bz44	AD01-Bz45	127	350	Concrete	0.018	0.003	43.043	0.87	54.3	2.808
T01-45	AD01-Bz45	AD01-Bz46	131.9	350	Concrete	0.018	0.002	43.043	0.75	54.3	2.048
T01-46	AD01-Bz46	AD01-Bz47	139.3	350	Concrete	0.018	0.004	46.051	0.93	61.3	3.24
T01-47	AD01-Bz47	AD01-Bz48	155.4	350	Concrete	0.018	0.001	47.324	0.64	71.9	1.449
T01-48	AD01-Bz48	AD01-Bz49	101.3	350	Concrete	0.018	0.001	48.542	0.64	63.2	1.425
T01-49	AD01-Bz49	EBAR-PERÚ	76.4	350	Concrete	0.018	0.004	49.757	0.93	50.7	3.189
BIRF											
T03-01	AD03-Bz01	AD03-Bz02	81.3	240	PVC	0.01	0.009	0.871	0.51	11	1.088
T03-02	AD03-Bz02	AD03-Bz03	23.2	240	PVC	0.01	0.005	1.448	0.47	13.4	0.839
T03-03	AD03-Bz03	AD03-Bz04	61.1	240	PVC	0.01	0.002	1.474	0.37	13.6	0.481
T03-04	AD03-Bz04	AD03-Bz05	61.3	240	PVC	0.01	0.006	1.529	0.52	13.3	1.037
T03-05	AD03-Bz05	AD03-Bz06	29.5	240	PVC	0.01	0.003	1.553	0.41	13.7	0.614
T03-06	AD03-Bz06	AD03-Bz07	54.3	240	PVC	0.01	0.006	1.735	0.55	18.6	1.101
T03-07	AD03-Bz07	AD03-Bz08	66.9	240	PVC	0.01	0.001	2.316	0.28	21.4	0.245
T03-08	AD03-Bz08	AD03-Bz09	28.4	240	PVC	0.01	0.002	2.316	0.38	19.5	0.479
T03-09	AD03-Bz09	AD03-Bz10	60.4	240	PVC	0.01	0.001	2.316	0.36	20.3	0.421
T03-10	AD03-Bz10	AD03-Bz11	63.6	240	PVC	0.01	0.001	2.434	0.36	18.7	0.413
T03-11	AD03-Bz11	AD03-Bz12	45.2	240	PVC	0.01	0.004	2.576	0.52	18.8	0.906

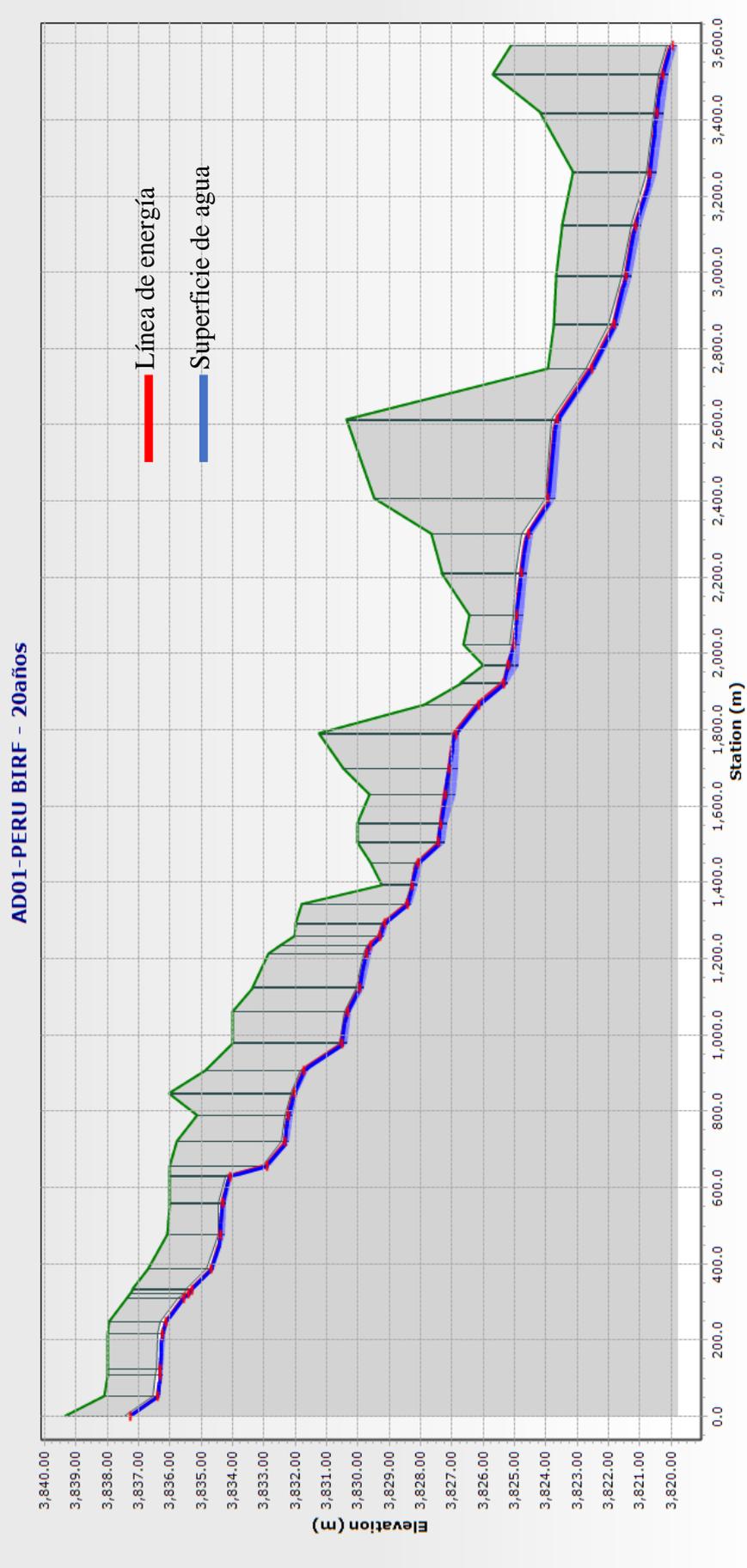
Nombre	Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Diámetro(mm)	Material	Manning's n	Pendiente (m/m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	H/D (%)	Tensión tractiva (Pascals)
T03-12	AD03-Bz12	AD03-Bz13	45.7	240	PVC	0.01	0.012	4.033	0.89	21	2.734
T03-13	AD03-Bz13	AD03-Bz14	38	240	PVC	0.01	0.01	4.08	0.85	21.1	2.429
T03-14	AD03-Bz14	AD03-Bz15	46.9	240	PVC	0.01	0.005	4.127	0.64	25.9	1.326
T03-15	AD03-Bz15	AD03-Bz16	45.1	240	PVC	0.01	0.001	4.184	0.36	27.8	0.361
T03-16	AD03-Bz16	AD03-Bz17	45.6	240	PVC	0.01	0.002	4.208	0.48	24.5	0.68
T03-17	AD03-Bz17	AD03-Bz18	72.9	240	PVC	0.01	0.002	4.265	0.51	23.1	0.78
T03-18	AD03-Bz18	AD03-Bz19	79.5	240	PVC	0.01	0.004	4.458	0.61	25.2	1.157
T03-19	AD03-Bz19	AD03-Bz20	59.5	240	PVC	0.01	0.002	4.714	0.45	26	0.579
T03-20	AD03-Bz20	AD03-Bz21	23.3	240	PVC	0.01	0.003	4.714	0.57	26.2	0.99
T03-21	AD03-Bz21	AD03-Bz22	46.5	240	PVC	0.01	0.002	4.828	0.45	26.7	0.583
T03-22	AD03-Bz22	AD03-Bz23	62.5	240	PVC	0.01	0.003	5.025	0.57	24.3	0.988
T03-23	AD03-Bz23	AD03-Bz24	54.6	240	PVC	0.01	0.006	5.167	0.77	23.9	1.868
T03-24	AD03-Bz24	AD03-Bz25	45.6	240	PVC	0.01	0.006	5.289	0.75	53.5	1.772
T03-25	AD03-Bz25	AD03-Bz26	39.2	240	PVC	0.01	0.004	5.352	0.65	91.5	1.266
T03-26	AD03-Bz26	AD03-Bz27	38.3	240	PVC	0.01	0.003	5.56	0.12	100	0.955
T03-27	AD03-Bz27	AD03-Bz28	44.2	240	PVC	0.01	0.003	5.787	0.13	100	1.002
T03-28	AD03-Bz28	AD03-Bz29	28.3	240	PVC	0.01	0.019	5.974	1.19	33.2	4.727
T03-29	AD03-Bz29	AD03-Bz30	42.3	240	PVC	0.01	0.017	14.796	1.48	41.3	6.41
T03-30	AD03-Bz30	AD03-Bz31	48.9	240	PVC	0.01	0.005	15.343	0.98	47.9	2.569
T03-31	AD03-Bz31	AD03-Bz32	49.3	240	PVC	0.01	0.002	15.932	0.64	48.7	1.001

Nombre	Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Diámetro(mm)	Material	Manning's n	Pendiente (m/m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	H/D (%)	Tensión tractiva (Pascals)
T03-32	AD03-Bz32	AD03-Bz33	45.7	240	PVC	0.01	0.004	16.484	0.91	48.5	2.171
T03-33	AD03-Bz34	AD03-Bz33	58.4	240	PVC	0.01	0.002	16.976	0.69	49.7	1.158
T03-34	AD03-Bz35	AD03-Bz34	49.5	240	PVC	0.01	0.003	17.413	0.86	48.3	1.902
T03-35	AD03-Bz36	AD03-Bz35	51.9	240	PVC	0.01	0.003	17.85	0.77	48.2	1.489
T03-36	AD03-Bz37	AD03-Bz36	48.8	240	PVC	0.01	0.005	18.244	1.01	51.8	2.673
T03-37	AD03-Bz38	AD03-Bz37	56.5	240	PVC	0.01	0.002	18.579	0.68	52.2	1.135
T03-38	AD03-Bz39	AD03-Bz38	53.1	240	PVC	0.01	0.004	18.86	0.93	46.6	2.2
T03-39	AD03-Bz40	AD03-Bz39	49	240	PVC	0.01	0.007	19.074	1.16	50	3.553
T03-40	AD03-Bz41	AD03-Bz40	96.6	240	PVC	0.01	0.003	20.808	0.85	51.3	1.773
T03-41	AD03-Bz42	AD03-Bz41	46	240	PVC	0.01	0.014	21.172	1.53	49.5	6.444
T03-42	AD03-Bz43	AD03-Bz42	68.3	240	PVC	0.01	0.01	21.474	1.33	50	4.677
T03-43	AD03-Bz44	AD03-Bz43	85.4	240	PVC	0.01	0.005	21.956	1.05	54.3	2.781
T03-44	EBAR- CAYMAHUI	AD03-Bz44	12	240	PVC	0.01	0.002	22.684	0.82	54.8	1.616
T04-01	AD04-Bz01	AD04-Bz02	61.3	240	PVC	0.01	0.013	48.06	1.82	87.6	8.065
T04-02	AD04-Bz02	AD04-Bz03	77.8	240	PVC	0.01	0.011	52.91	1.17	100	7.105
T04-03	AD04-Bz03	AD04-Bz04	62.3	240	PVC	0.01	0.009	53.891	1.19	100	6.323
T04-04	AD04-Bz04	AD04-Bz05	97.5	240	PVC	0.01	0.003	55.019	1.22	100	1.81
T04-05	AD04-Bz05	AD04-Bz06	50	240	PVC	0.01	0.002	56.004	1.24	100	1.411
T04-06	AD04-Bz06	AD04-Bz07	73.1	240	PVC	0.01	0.004	56.651	1.25	100	2.172
T04-07	AD04-Bz07	AD04-Bz08	75.1	240	PVC	0.01	0.007	57.324	1.27	100	4.959

Nombre	Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Diámetro(mm)	Material	Manning's n	Pendiente (m/m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	H/D (%)	Tensión tractiva (Pascals)
T04-08	AD04-Bz08	AD04-Bz09	48.1	240	PVC	0.01	0.003	59.662	1.32	100	1.71
T04-09	AD04-Bz09	AD04-Bz10	48.1	240	PVC	0.01	0.006	59.793	1.32	100	3.542
T04-10	AD04-Bz10	AD04-Bz11	72.1	240	PVC	0.01	0.004	61.914	1.37	100	2.527
T04-11	AD04-Bz11	AD04-Bz12	72.1	240	PVC	0.01	0.005	62.191	1.37	100	2.691
T04-12	AD04-Bz12	AD04-Bz13	82.1	240	PVC	0.01	0.004	64.099	1.42	92.9	2.364
T04-13	AD04-Bz13	AD04-Bz14	80.3	302.6	PVC	0.01	0.004	65.349	1.29	83.3	3.65
T04-14	AD04-Bz14	AD04-Bz15	19.1	240	PVC	0.01	0.005	65.729	1.45	93.3	2.77
T04-15	AD04-Bz15	AD04-Bz16	54.3	240	PVC	0.01	0.012	65.92	1.89	93.3	8.417
T04-16	AD04-Bz16	AD04-Bz17	46.8	240	PVC	0.01	0.009	66.186	1.46	100	6.264
T04-17	AD04-Bz17	AD04-Bz18	101.8	302.6	PVC	0.01	0.003	76.926	1.07	84.3	2.185
T04-18	AD04-Bz18	AD04-Bz19	100.8	302.6	PVC	0.01	0.012	82.275	2	86.9	9.094
T04-19	AD04-Bz19	AD04-Bz20	99.1	302.6	PVC	0.01	0.012	82.275	1.14	100	9.489
T04-20	AD04-Bz20	AD04-Bz21	84.1	302.6	PVC	0.01	0.008	82.275	1.14	100	7.035
T04-21	AD04-Bz21	AD04-Bz22	80.1	302.6	PVC	0.01	0.001	82.275	1.14	100	0.833
T04-22	AD04-Bz22	AD04-Bz23	87.4	302.6	PVC	0.01	0.001	132.025	1.84	100	0.933
T04-23	AD04-Bz23	AD04-Bz24	77.7	302.6	PVC	0.01	0.004	132.025	1.84	100	2.673
T04-24	AD04-Bz24	AD04-Bz25	85.1	302.6	PVC	0.01	0.003	132.025	1.84	100	2.353
T04-25	AD04-Bz25	AD04-Bz26	48.1	302.6	PVC	0.01	0.005	132.025	1.84	100	4.008
T04-26	AD04-Bz26	AD04-Bz27	54.1	302.6	PVC	0.01	0.004	132.025	1.84	100	2.603
T04-27	AD04-Bz27	AD04-Bz28	25.9	302.6	PVC	0.01	0.005	132.025	1.84	100	3.435
T04-28	AD04-Bz28	PTAR	56.1	302.6	PVC	0.01	0.005	132.025	1.84	95.1	3.699

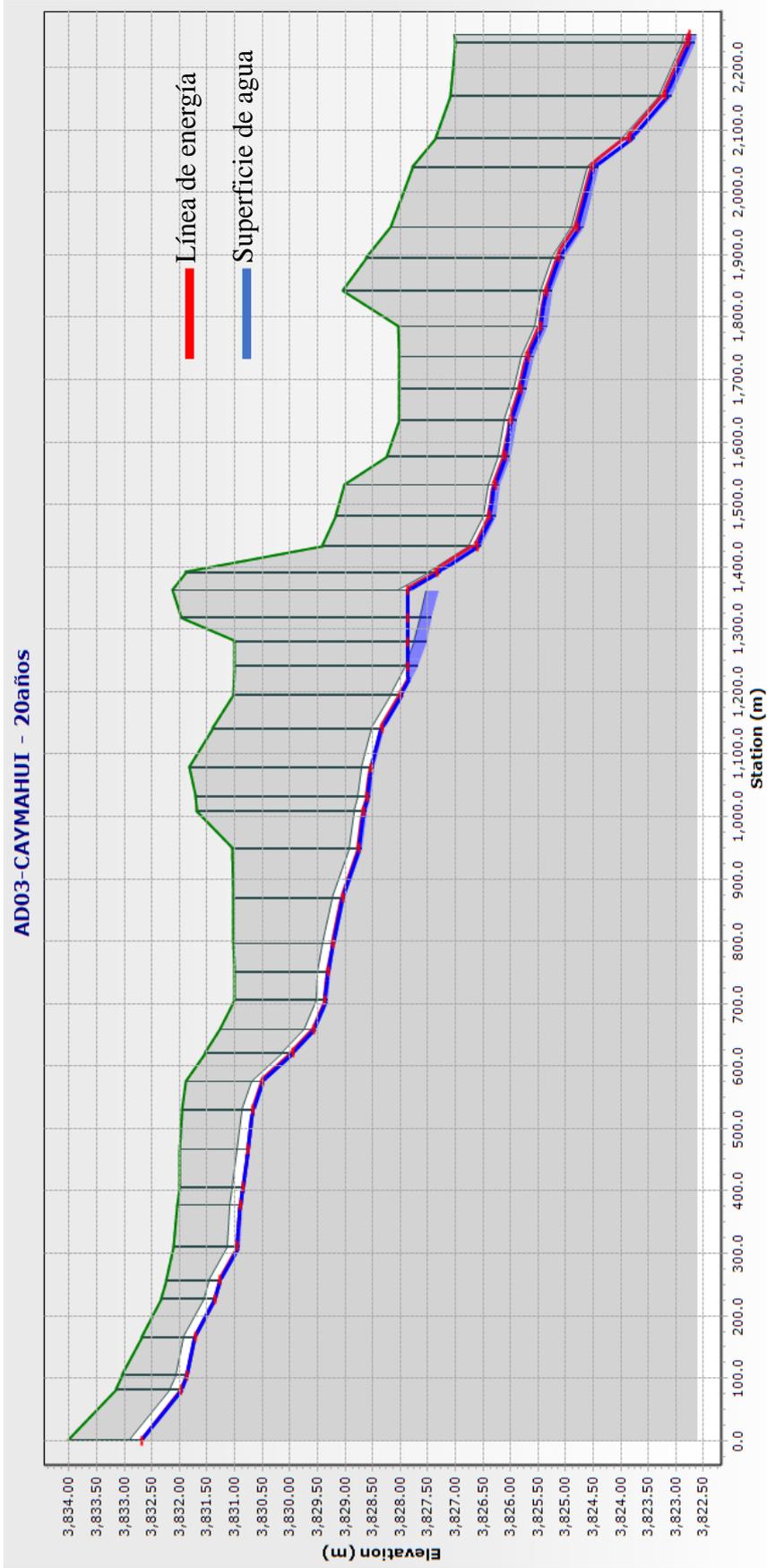
Fuente: elaboración propia

Figura 21
Perfil hidráulico de colector principal Perú BIRF al año 20.



Fuente: elaboración propia

Figura 22
Perfil hidráulico de colector principal Caymahui al año 20

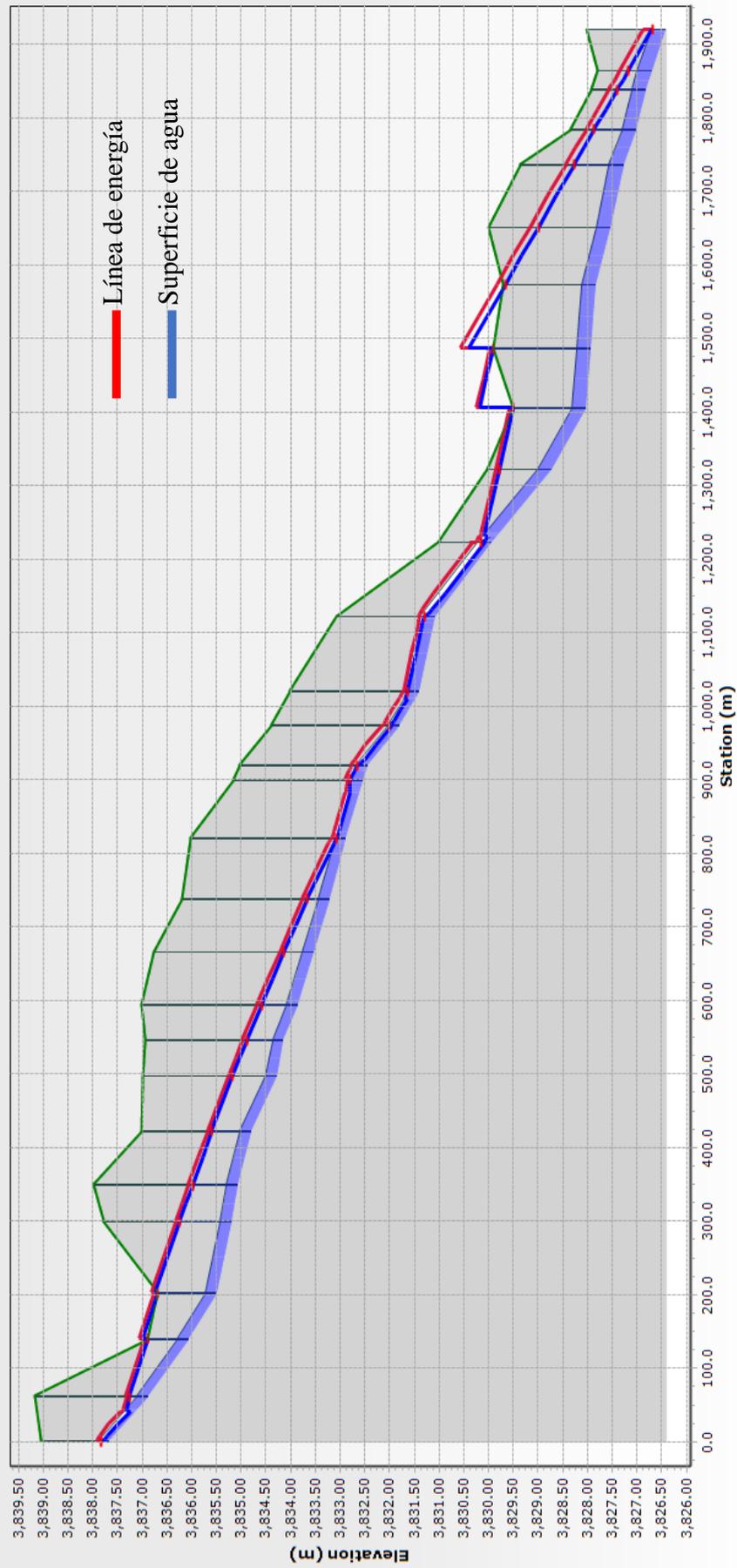


Fuente: Elaboración propia

Figura 23

Perfil hidráulico colector principal Santa Rosa al año 20.

AD04-SANTA ROSA - 20años



Fuente: Elaboración propia



Tabla 29

Evaluación del comportamiento hidráulico al año 20

Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Vel. (m/s)	H/D (%)	Tensió n tractiva (Pa.)	Vel. Mín. (0.60m/s)	Vel. Máx. (3.00 m/s)	H/D(<7 5%)	Tensión tractiva mín. (1pa)
AD01-Bz01	AD01-Bz02	0.8	24.4	3.816	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz02	AD01-Bz03	0.38	35.9	0.696	No	Si	Si	No
AD01-Bz03	AD01-Bz04	0.36	43.8	0.586	No	Si	Si	No
AD01-Bz04	AD01-Bz05	0.28	38.9	0.319	No	Si	Si	No
AD01-Bz05	AD01-Bz06	0.52	29.4	1.277	No	Si	Si	Si
AD01-Bz06	AD01-Bz07	0.8	27.7	3.21	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz07	AD01-Bz08	0.94	28.3	4.514	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz08	AD01-Bz09	0.88	29.1	3.856	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz09	AD01-Bz10	0.91	32.5	4.14	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz10	AD01-Bz11	0.66	53.6	1.976	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz11	AD01-Bz12	0.25	58.7	0.149	No	Si	Si	No
AD01-Bz12	AD01-Bz13	0.63	41.9	1.708	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz13	AD01-Bz14	1.7	39.5	14.601	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz14	AD01-Bz15	1.01	52	4.635	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz15	AD01-Bz16	0.51	59.8	1.045	No	Si	Si	Si
AD01-Bz16	AD01-Bz17	0.7	52.6	2.025	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz17	AD01-Bz18	0.86	48	3.105	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz18	AD01-Bz19	1.36	60.5	8.437	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz19	AD01-Bz20	0.55	61	1.178	No	Si	Si	Si
AD01-Bz20	AD01-Bz21	0.95	56.7	3.807	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz21	AD01-Bz22	0.67	61	1.758	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz22	AD01-Bz23	0.84	53.2	2.887	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz23	AD01-Bz24	1.26	54.9	6.919	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz24	AD01-Bz25	0.8	55.1	2.552	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz25	AD01-Bz26	1.34	55.5	7.879	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz26	AD01-Bz27	0.8	66.8	2.561	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz27	AD01-Bz28	0.65	62	1.65	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz28	AD01-Bz29	1.29	67.5	7.186	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz29	AD01-Bz30	0.62	88.7	1.51	Si	Si	No	Si
AD01-Bz30	AD01-Bz31	0.75	96.7	2.241	Si	Si	No	Si
AD01-Bz31	AD01-Bz32	0.52	100	0.712	No	Si	No	No
AD01-Bz32	AD01-Bz33	0.53	78.2	0.406	No	Si	No	No
AD01-Bz33	AD01-Bz34	1.21	56.8	6.042	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz34	AD01-Bz35	1.4	57.7	8.264	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz35	AD01-Bz36	1.06	79.1	4.542	Si	Si	No	Si
AD01-Bz36	AD01-Bz37	0.72	93.1	0.801	Si	Si	No	No
AD01-Bz37	AD01-Bz38	0.58	63.8	1.23	No	Si	Si	Si
AD01-Bz38	AD01-Bz39	0.51	60.3	0.915	No	Si	Si	No
AD01-Bz39	AD01-Bz40	0.67	47.4	1.665	Si	Si	Si	Si



Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Vel. (m/s)	H/D (%)	Tensió n tractiva (Pa.)	Vel. Mín. (0.60m/s)	Vel. Máx. (3.00 m/s)	H/D (<75%)	Tensión tractiva mín. (1pa)
AD01-Bz40	AD01-Bz41	1.16	54.9	5.376	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz41	AD01-Bz42	0.53	56.7	0.986	No	Si	Si	No
AD01-Bz42	AD01-Bz43	1.23	41.5	5.942	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz43	AD01-Bz44	1.11	47.4	4.795	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz44	AD01-Bz45	0.87	54.3	2.808	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz45	AD01-Bz46	0.75	54.3	2.048	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz46	AD01-Bz47	0.93	61.3	3.24	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz47	AD01-Bz48	0.64	71.9	1.449	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz48	AD01-Bz49	0.64	63.2	1.425	Si	Si	Si	Si
AD01-Bz49	BAR-PERÚ BIRI	0.93	50.7	3.189	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz01	AD03-Bz02	0.51	11	1.088	No	Si	Si	Si
AD03-Bz02	AD03-Bz03	0.47	13.4	0.839	No	Si	Si	No
AD03-Bz03	AD03-Bz04	0.37	13.6	0.481	No	Si	Si	No
AD03-Bz04	AD03-Bz05	0.52	13.3	1.037	No	Si	Si	Si
AD03-Bz05	AD03-Bz06	0.41	13.7	0.614	No	Si	Si	No
AD03-Bz06	AD03-Bz07	0.55	18.6	1.101	No	Si	Si	Si
AD03-Bz07	AD03-Bz08	0.28	21.4	0.245	No	Si	Si	No
AD03-Bz08	AD03-Bz09	0.38	19.5	0.479	No	Si	Si	No
AD03-Bz09	AD03-Bz10	0.36	20.3	0.421	No	Si	Si	No
AD03-Bz10	AD03-Bz11	0.36	18.7	0.413	No	Si	Si	No
AD03-Bz11	AD03-Bz12	0.52	18.8	0.906	No	Si	Si	No
AD03-Bz12	AD03-Bz13	0.89	21	2.734	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz13	AD03-Bz14	0.85	21.1	2.429	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz14	AD03-Bz15	0.64	25.9	1.326	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz15	AD03-Bz16	0.36	27.8	0.361	No	Si	Si	No
AD03-Bz16	AD03-Bz17	0.48	24.5	0.68	No	Si	Si	No
AD03-Bz17	AD03-Bz18	0.51	23.1	0.78	No	Si	Si	No
AD03-Bz18	AD03-Bz19	0.61	25.2	1.157	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz19	AD03-Bz20	0.45	26	0.579	No	Si	Si	No
AD03-Bz20	AD03-Bz21	0.57	26.2	0.99	No	Si	Si	No
AD03-Bz21	AD03-Bz22	0.45	26.7	0.583	No	Si	Si	No
AD03-Bz22	AD03-Bz23	0.57	24.3	0.988	No	Si	Si	No
AD03-Bz23	AD03-Bz24	0.77	23.9	1.868	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz24	AD03-Bz25	0.75	53.5	1.772	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz25	AD03-Bz26	0.65	91.5	1.266	Si	Si	No	Si
AD03-Bz26	AD03-Bz27	0.12	100	0.955	No	Si	No	No
AD03-Bz27	AD03-Bz28	0.13	100	1.002	No	Si	No	Si
AD03-Bz28	AD03-Bz29	1.19	33.2	4.727	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz29	AD03-Bz30	1.48	41.3	6.41	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz30	AD03-Bz31	0.98	47.9	2.569	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz31	AD03-Bz32	0.64	48.7	1.001	Si	Si	Si	Si



Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Vel. (m/s)	H/D (%)	Tensió n tractiva (Pa.)	Vel. Mín. (0.60m/s)	Vel. Máx. (3.00 m/s)	H/D(<7 5%)	Tensión tractiva mín. (1pa)
AD03-Bz32	AD03-Bz33	0.91	48.5	2.171	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz34	AD03-Bz33	0.69	49.7	1.158	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz35	AD03-Bz34	0.86	48.3	1.902	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz36	AD03-Bz35	0.77	48.2	1.489	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz37	AD03-Bz36	1.01	51.8	2.673	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz38	AD03-Bz37	0.68	52.2	1.135	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz39	AD03-Bz38	0.93	46.6	2.2	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz40	AD03-Bz39	1.16	50	3.553	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz41	AD03-Bz40	0.85	51.3	1.773	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz42	AD03-Bz41	1.53	49.5	6.444	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz43	AD03-Bz42	1.33	50	4.677	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz44	AD03-Bz43	1.05	54.3	2.781	Si	Si	Si	Si
AD03-Bz44	BAR-CAYMAHL	0.82	54.8	1.616	Si	Si	Si	Si
AD04-Bz01	AD04-Bz02	1.82	87.6	8.065	Si	Si	No	Si
AD04-Bz02	AD04-Bz03	1.17	100	7.105	Si	Si	No	Si
AD04-Bz03	AD04-Bz04	1.19	100	6.323	Si	Si	No	Si
AD04-Bz04	AD04-Bz05	1.22	100	1.81	Si	Si	No	Si
AD04-Bz05	AD04-Bz06	1.24	100	1.411	Si	Si	No	Si
AD04-Bz06	AD04-Bz07	1.25	100	2.172	Si	Si	No	Si
AD04-Bz07	AD04-Bz08	1.27	100	4.959	Si	Si	No	Si
AD04-Bz08	AD04-Bz09	1.32	100	1.71	Si	Si	No	Si
AD04-Bz09	AD04-Bz10	1.32	100	3.542	Si	Si	No	Si
AD04-Bz10	AD04-Bz11	1.37	100	2.527	Si	Si	No	Si
AD04-Bz11	AD04-Bz12	1.37	100	2.691	Si	Si	No	Si
AD04-Bz12	AD04-Bz13	1.42	92.9	2.364	Si	Si	No	Si
AD04-Bz13	AD04-Bz14	1.29	83.3	3.65	Si	Si	No	Si
AD04-Bz14	AD04-Bz15	1.45	93.3	2.77	Si	Si	No	Si
AD04-Bz15	AD04-Bz16	1.89	93.3	8.417	Si	Si	No	Si
AD04-Bz16	AD04-Bz17	1.46	100	6.264	Si	Si	No	Si
AD04-Bz17	AD04-Bz18	1.07	84.3	2.185	Si	Si	No	Si
AD04-Bz18	AD04-Bz19	2	86.9	9.094	Si	Si	No	Si
AD04-Bz19	AD04-Bz20	1.14	100	9.489	Si	Si	No	Si
AD04-Bz20	AD04-Bz21	1.14	100	7.035	Si	Si	No	Si
AD04-Bz21	AD04-Bz22	1.14	100	0.833	Si	Si	No	No
AD04-Bz22	AD04-Bz23	1.84	100	0.933	Si	Si	No	No
AD04-Bz23	AD04-Bz24	1.84	100	2.673	Si	Si	No	Si
AD04-Bz24	AD04-Bz25	1.84	100	2.353	Si	Si	No	Si
AD04-Bz25	AD04-Bz26	1.84	100	4.008	Si	Si	No	Si
AD04-Bz26	AD04-Bz27	1.84	100	2.603	Si	Si	No	Si
AD04-Bz27	AD04-Bz28	1.84	100	3.435	Si	Si	No	Si
AD04-Bz28	PTAR	1.84	95.1	3.699	Si	Si	No	Si
Sumatoria tramos que no cumple =					32	0	37	27

Fuente: Elaboración propia



4.1.3. Resultados de la propuesta de mejora (optimización)

En base a la evaluación realizada de la red principal de alcantarillado sanitario en la localidad de Ilave con el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070, es necesario plantear una propuesta de mejora. Esta se realizará con la proyección de 20 años, beneficiando a 49 061 habitantes, de acuerdo a la Tabla 15.

Los resultados obtenidos de la simulación se detallan en tabla 30 y el anexo:08 (plano ALC-GEN-05), además en la Tabla 31 se realiza la comparativa de las características principales de la tubería de la red existente y la propuesta de mejora planteada.

En el colector principal existente Perú BIRF, el material de la tubería es de concreto simple normalizado con diámetros que varían de 250mm a 350mm, se planteó la propuesta de mejora realizando el cambio de material a PVC con los diámetros adecuados que varían de 250mm a 400mm. En el colector principal existente Caymahui, el material de la tubería es de PVC con el diámetro de 250mm, se planteó la propuesta de mejora realizando el cambio de diámetros que varían de 250mm a 355mm, además se debe profundizar los buzones. Por último, en el colector principal existente Santa Rosa el material de la tubería es de PVC con diámetros que varían de 250mm a 315mm, se planteó la propuesta de mejora realizando el cambio de diámetros que varían de 250mm a 450mm, para que de esta forma los parámetros de comportamiento hidráulico cumplan con norma OS.070. Para una mayor descripción también se presenta los perfiles longitudinales en Figura 24, Figura 25 y Figura 26, que corresponde a los resultados de la simulación de la propuesta de mejora (optimización).



4.1.3.1. Resultados de comportamiento hidráulico para el año 20 mejora (2040)

4.1.3.1.1. Velocidad en la red

En la Tabla 30 se muestra los resultados de velocidades que varían de 0.60 a 2.4 m/s, cumpliendo lo exigido por el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070.

4.1.3.1.2. Relación tirante sobre diámetro (H/D)

En la Tabla 30 se muestra los resultados del tirante sobre diámetro que varían de 11.5 a 70.9%, cumpliendo con lo exigido por el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070.

4.1.3.1.3. Tensión tractiva

En la Tabla 30 se muestra los resultados de la tensión tractiva estos varían de 1.033Pa 17.66Pa. cumpliendo con lo exigido por el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070.

Tabla 30

Resultados de la simulación al año 20 (mejora)

Nombre	Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Diámetro(mm)	Material	Manning's n	Pendiente (m/m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	H/D (%)	Tensión tractiva (Pascals)
T01-01	AD01-01	AD01-02	52.3	240	PVC	0.01	0.007	3.507	0.7	21.5	1.626
T01-02	AD01-02	AD01-03	54.7	240	PVC	0.01	0.003	4.828	0.6	24.6	1.077
T01-03	AD01-03	AD01-04	16.3	240	PVC	0.01	0.003	5.57	0.6	27	1.084
T01-04	AD01-04	AD01-05	92.8	240	PVC	0.01	0.003	6.318	0.6	28.7	1.033
T01-05	AD01-05	AD01-06	30.7	240	PVC	0.01	0.003	6.931	0.63	29.2	1.149
T01-06	AD01-06	AD01-07	62.8	240	PVC	0.01	0.003	7.478	0.68	29.5	1.318
T01-07	AD01-07	AD01-08	11.8	240	PVC	0.01	0.009	7.98	1	29.8	3.02
T01-08	AD01-08	AD01-09	10.1	240	PVC	0.01	0.009	8.155	0.99	30.6	2.957
T01-09	AD01-09	AD01-10	54.9	240	PVC	0.01	0.009	8.826	0.99	32.5	2.956
T01-10	AD01-10	AD01-11	89.4	240	PVC	0.01	0.007	10.237	0.96	38	2.636
T01-11	AD01-11	AD01-12	82.1	240	PVC	0.01	0.002	12.083	0.66	44	1.151
T01-12	AD01-12	AD01-13	70.6	240	PVC	0.01	0.002	13.729	0.68	44	1.178
T01-13	AD01-13	AD01-14	27.4	302.6	PVC	0.01	0.002	14.567	0.69	35.2	1.216
T01-14	AD01-14	AD01-15	64.8	302.6	PVC	0.01	0.002	16.109	0.67	34.7	1.107
T01-15	AD01-15	AD01-16	67.1	302.6	PVC	0.01	0.008	16.999	1.16	35.9	3.663
T01-16	AD01-16	AD01-17	58.3	341	PVC	0.01	0.002	19.972	0.71	33.9	1.214
T01-17	AD01-17	AD01-18	60.4	341	PVC	0.01	0.002	20.634	0.79	32.1	1.529
T01-18	AD01-18	AD01-19	71.6	341	PVC	0.01	0.012	21.305	1.41	34.2	5.444
T01-19	AD01-19	AD01-20	81.5	341	PVC	0.01	0.002	21.567	0.7	34.5	1.163
T01-20	AD01-20	AD01-21	64.1	341	PVC	0.01	0.008	22.024	1.21	32.1	3.872

Nombre	Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Diámetro(mm)	Material	Manning's n	Pendiente (m/m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	H/D (%)	Tensión tractiva (Pascals)
T01-21	AD01-21	AD01-22	88.7	341	PVC	0.01	0.006	22.733	1.09	32.8	3.038
T01-22	AD01-22	AD01-23	20.5	341	PVC	0.01	0.018	23.976	1.65	33.3	7.572
T01-23	AD01-23	AD01-24	26.4	341	PVC	0.01	0.018	24.134	1.66	37	7.677
T01-24	AD01-24	AD01-25	31.9	341	PVC	0.01	0.002	24.324	0.7	37.3	1.136
T01-25	AD01-25	AD01-26	50.7	341	PVC	0.01	0.003	24.578	0.9	33.9	1.99
T01-26	AD01-26	AD01-27	50.7	341	PVC	0.01	0.051	24.781	2.43	37.6	17.666
T01-27	AD01-27	AD01-28	57.9	341	PVC	0.01	0.002	24.898	0.7	41	1.14
T01-28	AD01-28	AD01-29	54.3	341	PVC	0.01	0.002	25.018	0.72	41.6	1.201
T01-29	AD01-29	AD01-30	49.1	341	PVC	0.01	0.001	25.095	0.68	41.9	1.065
T01-30	AD01-30	AD01-31	75.5	341	PVC	0.01	0.002	25.251	0.71	41.5	1.166
T01-31	AD01-31	AD01-32	68.9	341	PVC	0.01	0.002	25.542	0.71	41.9	1.176
T01-32	AD01-32	AD01-33	90.5	341	PVC	0.01	0.002	25.977	0.71	40	1.154
T01-33	AD01-33	AD01-34	76	341	PVC	0.01	0.01	30.38	1.46	37.9	5.455
T01-34	AD01-34	AD01-35	57.2	341	PVC	0.01	0.02	31.123	1.88	38.2	9.565
T01-35	AD01-35	AD01-36	47.2	341	PVC	0.01	0.015	31.452	1.68	45.8	7.469
T01-36	AD01-36	AD01-37	53.5	341	PVC	0.01	0.001	35.547	0.72	53.4	1.136
T01-37	AD01-37	AD01-38	77.7	341	PVC	0.01	0.001	35.547	0.71	53	1.121
T01-38	AD01-38	AD01-39	110	341	PVC	0.01	0.001	35.547	0.73	53.5	1.175
T01-39	AD01-39	AD01-40	103.3	341	PVC	0.01	0.001	36.227	0.71	54.5	1.109
T01-40	AD01-40	AD01-41	93	341	PVC	0.01	0.001	36.667	0.72	54.9	1.136

Nombre	Bz. Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Diámetro(mm)	Material	Manning's n	Pendiente (m/m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	H/D (%)	Tensión tractiva (Pascals)
T01-41	AD01-41	AD01-42	205.9	341	PVC	0.01	0.001	37.854	0.73	49.4	1.165
T01-42	AD01-42	AD01-43	134.2	384.4	PVC	0.01	0.009	43.043	1.53	42.4	5.756
T01-43	AD01-43	AD01-44	116.5	384.4	PVC	0.01	0.002	43.043	0.82	48.1	1.46
T01-44	AD01-44	AD01-45	127	384.4	PVC	0.01	0.001	43.043	0.74	50.2	1.185
T01-45	AD01-45	AD01-46	131.9	384.4	PVC	0.01	0.001	43.043	0.73	47.4	1.149
T01-46	AD01-46	AD01-47	139.3	384.4	PVC	0.01	0.002	46.051	0.92	49.3	1.875
T01-47	AD01-47	AD01-48	155.4	384.4	PVC	0.01	0.001	47.324	0.74	54.4	1.145
T01-48	AD01-48	AD01-49	101.3	384.4	PVC	0.01	0.001	48.542	0.75	55	1.177
T01-49	AD01-49	3 EBAR-PERÚ	76.4	384.4	PVC	0.01	0.001	49.757	0.75	48.5	1.166
BIRF											
T03-01	AD03-01	AD03-02	81.3	240	PVC	0.01	0.009	1.5	0.61	11.5	1.455
T03-02	AD03-02	AD03-03	23.2	240	PVC	0.01	0.009	1.5	0.6	11.5	1.406
T03-03	AD03-03	AD03-04	61.1	240	PVC	0.01	0.009	1.5	0.6	11.5	1.4
T03-04	AD03-04	AD03-05	61.3	240	PVC	0.01	0.009	1.5	0.6	12.7	1.416
T03-05	AD03-05	AD03-06	29.5	240	PVC	0.01	0.009	1.512	0.6	13.1	1.381
T03-06	AD03-06	AD03-07	54.3	240	PVC	0.01	0.008	1.69	0.6	14.5	1.386
T03-07	AD03-07	AD03-08	66.9	240	PVC	0.01	0.006	2.255	0.6	14.7	1.273
T03-08	AD03-08	AD03-09	28.5	240	PVC	0.01	0.007	2.255	0.61	14.6	1.334
T03-09	AD03-09	AD03-10	60.4	240	PVC	0.01	0.006	2.255	0.6	15.7	1.275
T03-10	AD03-10	AD03-11	63.6	240	PVC	0.01	0.006	2.37	0.6	16.2	1.275
T03-11	AD03-11	AD03-12	45.2	240	PVC	0.01	0.006	2.509	0.6	18.5	1.246

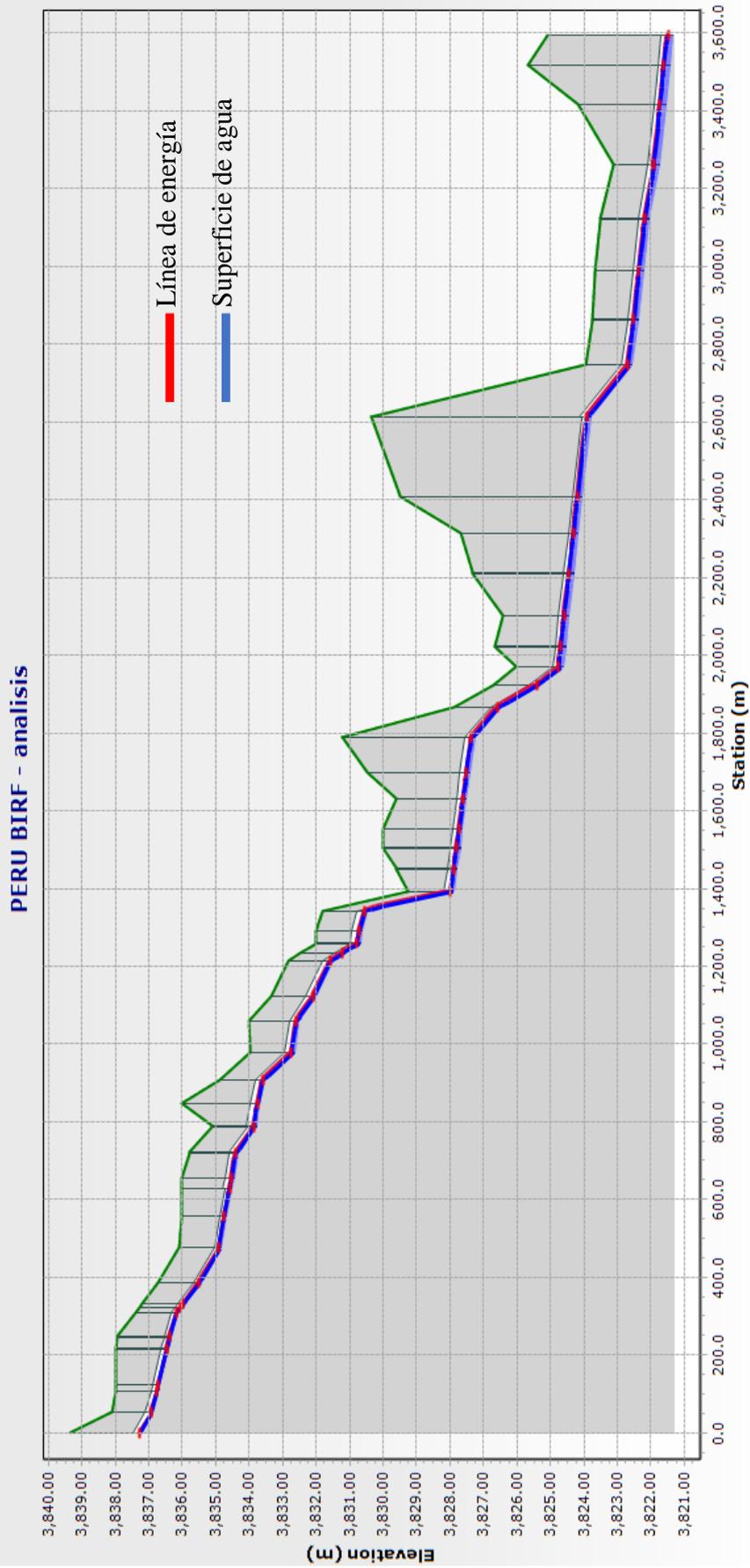
Nombre	Bz. Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Diámetro(mm)	Material	Manning's n	Pendiente (m/m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	H/D (%)	Tensión tractiva (Pascals)
T03-12	AD03-12	AD03-13	45.7	240	PVC	0.01	0.004	3.928	0.6	20.7	1.132
T03-13	AD03-13	AD03-14	38	240	PVC	0.01	0.004	3.973	0.6	20.8	1.14
T03-14	AD03-14	AD03-15	46.9	240	PVC	0.01	0.004	4.019	0.61	20.9	1.169
T03-15	AD03-15	AD03-16	45.1	240	PVC	0.01	0.004	4.074	0.60	21.1	1.111
T03-16	AD03-16	AD03-17	45.6	240	PVC	0.01	0.004	4.098	0.6	21.2	1.156
T03-17	AD03-17	AD03-18	72.9	240	PVC	0.01	0.004	4.154	0.6	21.5	1.137
T03-18	AD03-18	AD03-19	79.5	240	PVC	0.01	0.004	4.342	0.6	22.1	1.114
T03-19	AD03-19	AD03-20	59.5	240	PVC	0.01	0.004	4.591	0.6	22.6	1.112
T03-20	AD03-20	AD03-21	23.3	240	PVC	0.01	0.003	4.591	0.60	22.8	1.088
T03-21	AD03-21	AD03-22	46.5	240	PVC	0.01	0.003	4.702	0.6	23.3	1.104
T03-22	AD03-22	AD03-23	62.5	240	PVC	0.01	0.003	4.893	0.6	23.8	1.101
T03-23	AD03-23	AD03-24	54.6	240	PVC	0.01	0.003	5.032	0.6	24.4	1.099
T03-24	AD03-24	AD03-25	45.6	240	PVC	0.01	0.003	5.15	0.60	24.6	1.048
T03-25	AD03-25	AD03-26	39.2	240	PVC	0.01	0.003	5.212	0.61	35.5	1.12
T03-26	AD03-26	AD03-27	38.3	240	PVC	0.01	0.002	14.007	0.68	46.9	1.172
T03-27	AD03-27	AD03-28	44.2	240	PVC	0.01	0.002	14.228	0.68	44.8	1.155
T03-28	AD03-28	AD03-29	28.3	302.6	PVC	0.01	0.002	14.41	0.68	34.5	1.18
T03-29	AD03-29	AD03-30	42.3	302.6	PVC	0.01	0.002	15.019	0.66	35.3	1.095
T03-30	AD03-30	AD03-31	48.9	302.6	PVC	0.01	0.002	15.552	0.69	36.2	1.182
T03-31	AD03-31	AD03-32	49.3	302.6	PVC	0.01	0.002	16.126	0.66	37	1.095

Nombre	Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Diámetro(mm)	Material	Manning's n	Pendiente (m/m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	H/D (%)	Tensión tractiva (Pascals)
T03-32	AD03-32	AD03-33	45.7	302.6	PVC	0.01	0.002	16.663	0.69	37.5	1.179
T03-33	AD03-34	AD03-33	58.4	302.6	PVC	0.01	0.002	17.142	0.68	38.5	1.152
T03-34	AD03-35	AD03-34	49.5	302.6	PVC	0.01	0.002	17.568	0.68	39.4	1.131
T03-35	AD03-36	AD03-35	51.9	302.6	PVC	0.01	0.002	17.993	0.67	39.8	1.101
T03-36	AD03-37	AD03-36	48.8	302.6	PVC	0.01	0.002	18.377	0.69	40.1	1.166
T03-37	AD03-38	AD03-37	56.5	302.6	PVC	0.01	0.002	18.703	0.68	40.4	1.136
T03-38	AD03-39	AD03-38	53.1	302.6	PVC	0.01	0.002	18.977	0.7	40.5	1.201
T03-39	AD03-40	AD03-39	49	302.6	PVC	0.01	0.002	19.185	0.7	41.1	1.183
T03-40	AD03-41	AD03-40	96.6	341	PVC	0.01	0.002	20.874	0.68	36.8	1.115
T03-41	AD03-42	AD03-41	46	341	PVC	0.01	0.002	21.228	0.7	37.3	1.167
T03-42	AD03-43	AD03-42	68.3	341	PVC	0.01	0.002	21.523	0.68	37.9	1.104
T03-43	AD03-44	AD03-43	85.4	341	PVC	0.01	0.002	21.992	0.69	38.1	1.13
T03-44	2EBAR-	AD03-44	12	341	PVC	0.01	0.002	22.7	0.68	35.3	1.089
CAYMAHUI											
T04-01	AD04-01	AD04-02	61.3	302.6	PVC	0.01	0.008	48.06	1.54	57.4	5.627
T04-02	AD04-02	AD04-03	77.8	302.6	PVC	0.01	0.02	52.91	2.2	59.1	11.98
T04-03	AD04-03	AD04-04	62.3	302.6	PVC	0.01	0.005	53.891	1.35	67.8	4.134
T04-04	AD04-04	AD04-05	97.5	384.4	PVC	0.01	0.001	55.019	0.76	60.2	1.181
T04-05	AD04-05	AD04-06	50	384.4	PVC	0.01	0.001	56.004	0.78	61.1	1.25
T04-06	AD04-06	AD04-07	73.1	384.4	PVC	0.01	0.001	56.651	0.75	62.1	1.162
T04-07	AD04-07	AD04-08	75.1	384.4	PVC	0.01	0.001	57.324	0.75	61.1	1.141

Nombre	Bz. Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Diámetro(mm)	Material	Manning's n	Pendiente (m/m)	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	H/D (%)	Tensión tractiva (Pascals)
T04-08	AD04-08	AD04-09	48.1	432.4	PVC	0.01	0.001	59.662	0.75	53.3	1.144
T04-09	AD04-09	AD04-10	48.1	432.4	PVC	0.01	0.001	59.793	0.75	53.4	1.145
T04-10	AD04-10	AD04-11	72.1	432.4	PVC	0.01	0.001	61.914	0.78	53.7	1.223
T04-11	AD04-11	AD04-12	72.1	432.4	PVC	0.01	0.001	62.191	0.78	54.7	1.225
T04-12	AD04-12	AD04-13	82.1	432.4	PVC	0.01	0.001	64.099	0.75	48.3	1.114
T04-13	AD04-13	AD04-14	80.3	432.4	PVC	0.01	0.011	65.349	1.81	41.2	7.646
T04-14	AD04-14	AD04-15	19.1	432.4	PVC	0.01	0.007	65.729	1.58	41.3	5.684
T04-15	AD04-15	AD04-16	54.3	432.4	PVC	0.01	0.012	65.92	1.87	41.4	8.283
T04-16	AD04-16	AD04-17	46.8	432.4	PVC	0.01	0.008	66.186	1.63	43.1	6.058
T04-17	AD04-17	AD04-18	101.8	432.4	PVC	0.01	0.009	76.926	1.79	45.6	7.293
T04-18	AD04-18	AD04-19	100.8	432.4	PVC	0.01	0.02	82.275	2.42	37.3	13.98
T04-19	AD04-19	AD04-20	99.1	432.4	PVC	0.01	0.01	82.275	1.89	40.1	8.047
T04-20	AD04-20	AD04-21	84.1	432.4	PVC	0.01	0.006	82.275	1.57	46.5	5.373
T04-21	AD04-21	AD04-22	80.1	432.4	PVC	0.01	0.003	82.275	1.23	54.5	3.154
T04-22	AD04-22	AD04-23	87.4	432.4	PVC	0.01	0.003	132.025	1.37	62.4	3.704
T04-23	AD04-23	AD04-24	77.7	432.4	PVC	0.01	0.003	132.025	1.37	62.9	3.706
T04-24	AD04-24	AD04-25	85.1	432.4	PVC	0.01	0.003	132.025	1.34	62.8	3.551
T04-25	AD04-25	AD04-26	48.1	432.4	PVC	0.01	0.003	132.025	1.37	60.9	3.735
T04-26	AD04-26	AD04-27	54.1	432.4	PVC	0.01	0.008	132.025	1.98	52.9	8.199
T04-27	AD04-27	AD04-28	25.9	432.4	PVC	0.01	0.005	132.025	1.6	70.9	5.19
T04-28	AD04-28	1 PTAR-ILAVE	56.1	432.4	PVC	0.01	0.001	132.025	0.9	70.9	1.211

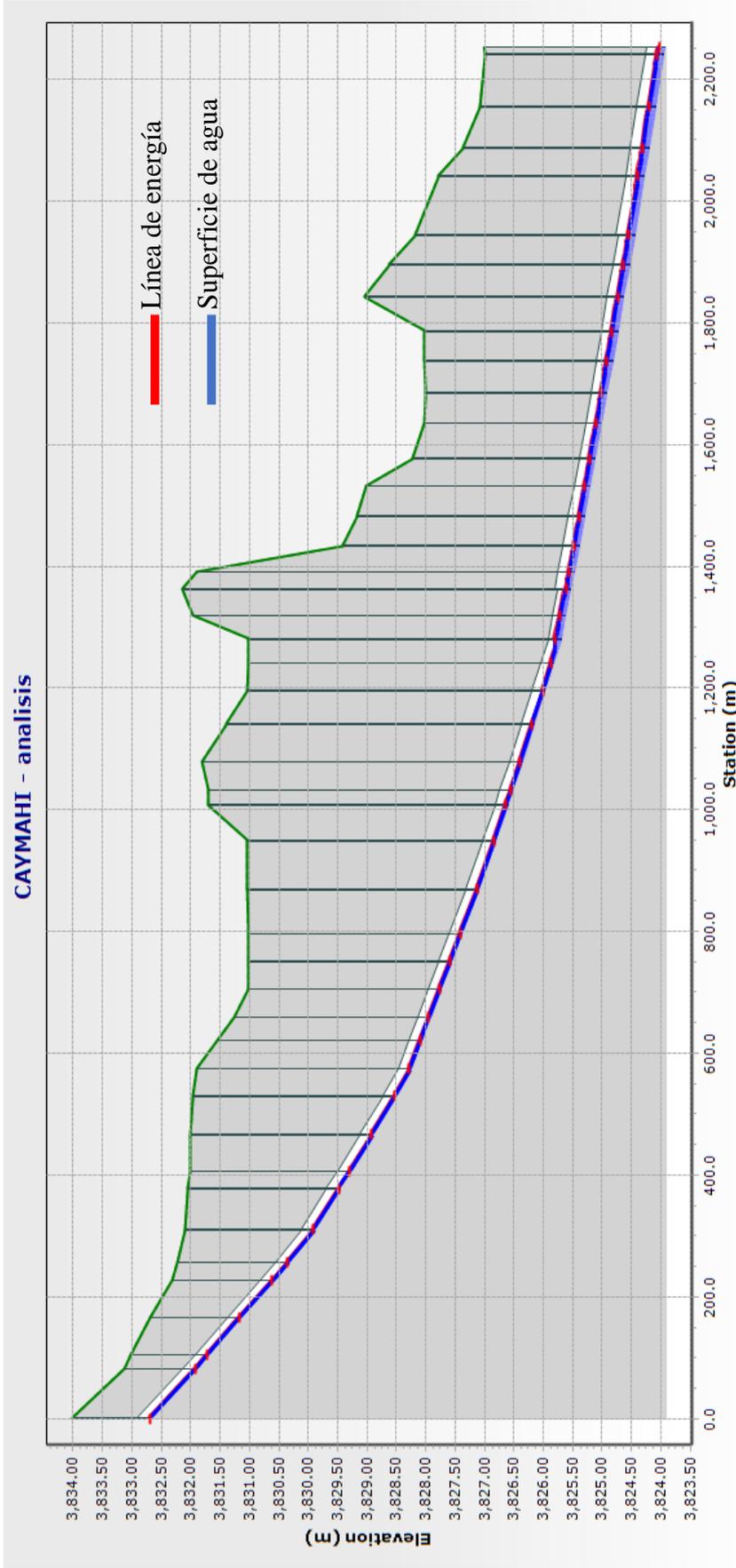
Fuente: elaboración propia

Figura 24
Perfil hidráulico colector principal Perú BIRF al año 20 (mejora).



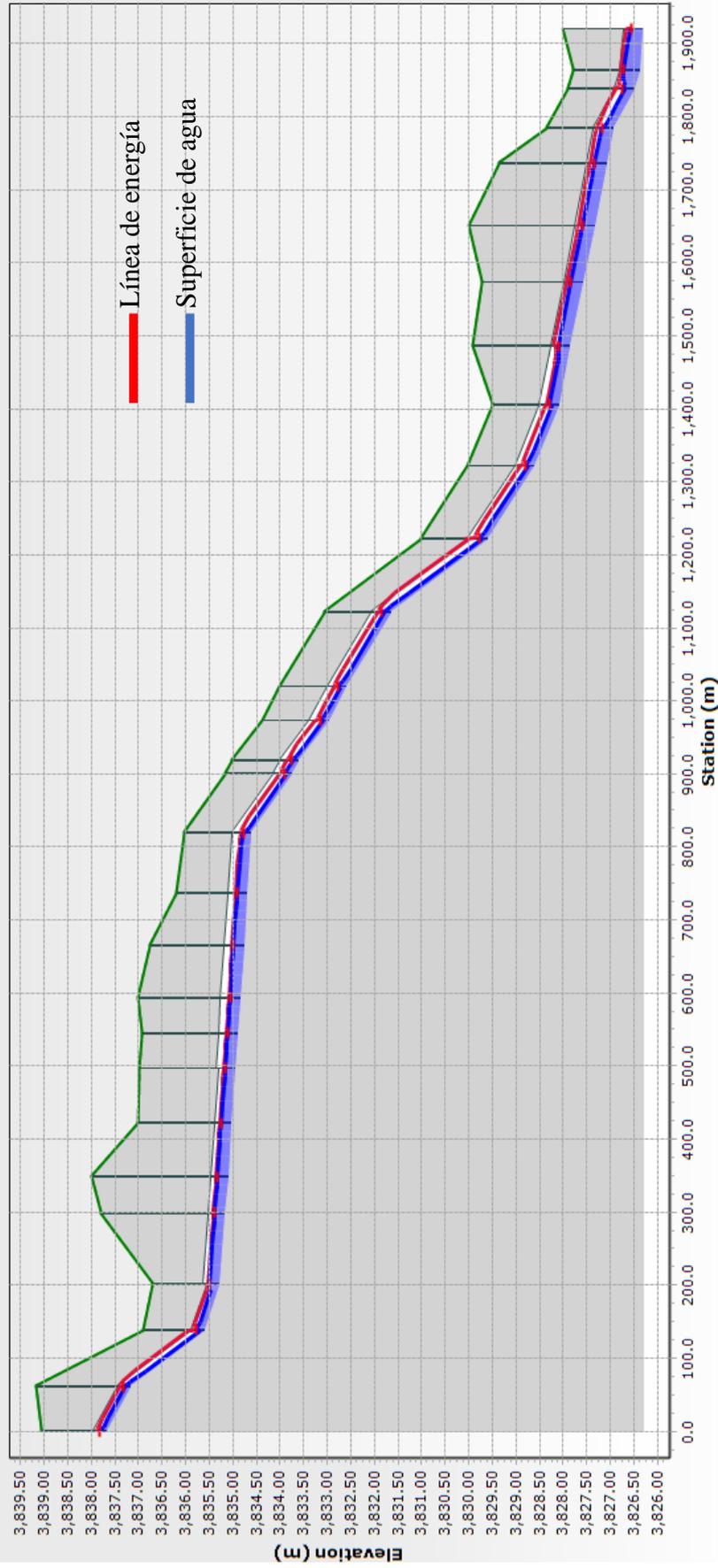
Fuente: Elaboración propia

Figura 25
Perfil hidráulico colector Caymahui al año 20 (mejora)



Fuente: Elaboración propia

Figura 26
Perfil hidráulico de colector principal Santa Rosa al año 20 (mejora)
SANTA ROSA - analisis



Fuente: Elaboración propia

Tabla 31

Comparación de características principales de la tubería

Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Existente			Propuesta		
			S (m/m)	DN (mm)	Material	S (m/m)	DN (mm)	Material
AD01-Bz01	AD01-Bz02	52.3	0.017	250	CSN	0.007	250	PVC
AD01-Bz02	AD01-Bz03	54.7	0.002	250	CSN	0.003	250	PVC
AD01-Bz03	AD01-Bz04	16.3	0.001	250	CSN	0.003	250	PVC
AD01-Bz04	AD01-Bz05	92.8	0.001	250	CSN	0.003	250	PVC
AD01-Bz05	AD01-Bz06	30.7	0.003	250	CSN	0.003	250	PVC
AD01-Bz06	AD01-Bz07	62.8	0.009	250	CSN	0.003	250	PVC
AD01-Bz07	AD01-Bz08	11.8	0.014	250	CSN	0.009	250	PVC
AD01-Bz08	AD01-Bz09	10.1	0.011	250	CSN	0.009	250	PVC
AD01-Bz09	AD01-Bz10	54.9	0.011	250	CSN	0.009	250	PVC
AD01-Bz10	AD01-Bz11	89.4	0.004	250	CSN	0.007	250	PVC
AD01-Bz11	AD01-Bz12	82.1	0.001	250	CSN	0.002	250	PVC
AD01-Bz12	AD01-Bz13	70.6	0.003	250	CSN	0.002	250	PVC
AD01-Bz13	AD01-Bz14	27.4	0.044	250	CSN	0.002	315	PVC
AD01-Bz14	AD01-Bz15	64.8	0.01	250	CSN	0.002	315	PVC
AD01-Bz15	AD01-Bz16	67.1	0.001	250	CSN	0.008	315	PVC
AD01-Bz16	AD01-Bz17	58.3	0.003	250	CSN	0.002	355	PVC
AD01-Bz17	AD01-Bz18	60.4	0.005	250	CSN	0.002	355	PVC
AD01-Bz18	AD01-Bz19	71.6	0.018	250	CSN	0.012	355	PVC
AD01-Bz19	AD01-Bz20	81.5	0.002	250	CSN	0.002	355	PVC
AD01-Bz20	AD01-Bz21	64.1	0.006	250	CSN	0.008	355	PVC
AD01-Bz21	AD01-Bz22	88.7	0.002	250	CSN	0.006	355	PVC
AD01-Bz22	AD01-Bz23	20.5	0.004	250	CSN	0.018	355	PVC
AD01-Bz23	AD01-Bz24	26.4	0.013	250	CSN	0.018	355	PVC
AD01-Bz24	AD01-Bz25	31.9	0.004	250	CSN	0.002	355	PVC
AD01-Bz25	AD01-Bz26	50.7	0.015	250	CSN	0.003	355	PVC
AD01-Bz26	AD01-Bz27	50.7	0.004	250	CSN	0.051	355	PVC
AD01-Bz27	AD01-Bz28	57.9	0.002	250	CSN	0.002	355	PVC
AD01-Bz28	AD01-Bz29	54.3	0.013	250	CSN	0.002	355	PVC
AD01-Bz29	AD01-Bz30	49.1	0.002	250	CSN	0.001	355	PVC
AD01-Bz30	AD01-Bz31	75.5	0.003	250	CSN	0.002	355	PVC
AD01-Bz31	AD01-Bz32	68.9	0.001	250	CSN	0.002	355	PVC
AD01-Bz32	AD01-Bz33	90.5	0.001	250	CSN	0.002	355	PVC
AD01-Bz33	AD01-Bz34	76	0.01	250	CSN	0.01	355	PVC
AD01-Bz34	AD01-Bz35	57.2	0.014	250	CSN	0.02	355	PVC
AD01-Bz35	AD01-Bz36	47.2	0.007	250	CSN	0.015	355	PVC
AD01-Bz36	AD01-Bz37	53.5	0.001	250	CSN	0.001	355	PVC
AD01-Bz37	AD01-Bz38	77.7	0.001	350	CSN	0.001	355	PVC
AD01-Bz38	AD01-Bz39	110	0.001	350	CSN	0.001	355	PVC
AD01-Bz39	AD01-Bz40	103.3	0.002	350	CSN	0.001	355	PVC



Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Existente			Propuesta		
			S (m/m)	DN (mm)	Material	S (m/m)	DN (mm)	Material
AD01-Bz40	AD01-Bz41	93	0.008	350	CSN	0.001	355	PVC
AD01-Bz41	AD01-Bz42	205.9	0.001	350	CSN	0.001	355	PVC
AD01-Bz42	AD01-Bz43	134.2	0.008	350	CSN	0.009	400	PVC
AD01-Bz43	AD01-Bz44	116.5	0.006	350	CSN	0.002	400	PVC
AD01-Bz44	AD01-Bz45	127	0.003	350	CSN	0.001	400	PVC
AD01-Bz45	AD01-Bz46	131.9	0.002	350	CSN	0.001	400	PVC
AD01-Bz46	AD01-Bz47	139.3	0.004	350	CSN	0.002	400	PVC
AD01-Bz47	AD01-Bz48	155.4	0.001	350	CSN	0.001	400	PVC
AD01-Bz48	AD01-Bz49	101.3	0.001	350	CSN	0.001	400	PVC
AD01-Bz49	EBAR-PERÚ BIRF	76.4	0.004	350	CSN	0.001	400	PVC
AD03-Bz01	AD03-Bz02	81.3	0.009	250	PVC	0.009	250	PVC
AD03-Bz02	AD03-Bz03	23.2	0.005	250	PVC	0.009	250	PVC
AD03-Bz03	AD03-Bz04	61.1	0.002	250	PVC	0.009	250	PVC
AD03-Bz04	AD03-Bz05	61.3	0.006	250	PVC	0.009	250	PVC
AD03-Bz05	AD03-Bz06	29.5	0.003	250	PVC	0.009	250	PVC
AD03-Bz06	AD03-Bz07	54.3	0.006	250	PVC	0.008	250	PVC
AD03-Bz07	AD03-Bz08	66.9	0.001	250	PVC	0.006	250	PVC
AD03-Bz08	AD03-Bz09	28.4	0.002	250	PVC	0.007	250	PVC
AD03-Bz09	AD03-Bz10	60.4	0.001	250	PVC	0.006	250	PVC
AD03-Bz10	AD03-Bz11	63.6	0.001	250	PVC	0.006	250	PVC
AD03-Bz11	AD03-Bz12	45.2	0.004	250	PVC	0.006	250	PVC
AD03-Bz12	AD03-Bz13	45.7	0.012	250	PVC	0.004	250	PVC
AD03-Bz13	AD03-Bz14	38	0.01	250	PVC	0.004	250	PVC
AD03-Bz14	AD03-Bz15	46.9	0.005	250	PVC	0.004	250	PVC
AD03-Bz15	AD03-Bz16	45.1	0.001	250	PVC	0.004	250	PVC
AD03-Bz16	AD03-Bz17	45.6	0.002	250	PVC	0.004	250	PVC
AD03-Bz17	AD03-Bz18	72.9	0.002	250	PVC	0.004	250	PVC
AD03-Bz18	AD03-Bz19	79.5	0.004	250	PVC	0.004	250	PVC
AD03-Bz19	AD03-Bz20	59.5	0.002	250	PVC	0.004	250	PVC
AD03-Bz20	AD03-Bz21	23.3	0.003	250	PVC	0.003	250	PVC
AD03-Bz21	AD03-Bz22	46.5	0.002	250	PVC	0.003	250	PVC
AD03-Bz22	AD03-Bz23	62.5	0.003	250	PVC	0.003	250	PVC
AD03-Bz23	AD03-Bz24	54.6	0.006	250	PVC	0.003	250	PVC
AD03-Bz24	AD03-Bz25	45.6	0.006	250	PVC	0.003	250	PVC
AD03-Bz25	AD03-Bz26	39.2	0.004	250	PVC	0.003	250	PVC
AD03-Bz26	AD03-Bz27	38.3	0.003	250	PVC	0.002	250	PVC
AD03-Bz27	AD03-Bz28	44.2	0.003	250	PVC	0.002	250	PVC
AD03-Bz28	AD03-Bz29	28.3	0.002	250	PVC	0.002	315	PVC
AD03-Bz29	AD03-Bz30	42.3	0.017	250	PVC	0.002	315	PVC
AD03-Bz30	AD03-Bz31	48.9	0.005	250	PVC	0.002	315	PVC
AD03-Bz31	AD03-Bz32	49.3	0.002	250	PVC	0.002	315	PVC



Bz Ag. Arriba	Bz. Ag. Abajo	Longitud (m)	Existente			Propuesta		
			S (m/m)	DN (mm)	Material	S (m/m)	DN (mm)	Material
AD03-Bz32	AD03-Bz33	45.7	0.004	250	PVC	0.002	315	PVC
AD03-Bz34	AD03-Bz33	58.4	0.002	250	PVC	0.002	315	PVC
AD03-Bz35	AD03-Bz34	49.5	0.003	250	PVC	0.002	315	PVC
AD03-Bz36	AD03-Bz35	51.9	0.003	250	PVC	0.002	315	PVC
AD03-Bz37	AD03-Bz36	48.8	0.005	250	PVC	0.002	315	PVC
AD03-Bz38	AD03-Bz37	56.5	0.002	250	PVC	0.002	315	PVC
AD03-Bz39	AD03-Bz38	53.1	0.004	250	PVC	0.002	315	PVC
AD03-Bz40	AD03-Bz39	49	0.007	250	PVC	0.002	315	PVC
AD03-Bz41	AD03-Bz40	96.6	0.003	250	PVC	0.002	355	PVC
AD03-Bz42	AD03-Bz41	46	0.014	250	PVC	0.002	355	PVC
AD03-Bz43	AD03-Bz42	68.3	0.01	250	PVC	0.002	355	PVC
AD03-Bz44	AD03-Bz43	85.4	0.005	250	PVC	0.002	355	PVC
EBAR-CAYMAHUI	AD03-Bz44	12	0.002	250	PVC	0.002	355	PVC
AD04-Bz01	AD04-Bz02	61.3	0.013	250	PVC	0.008	315	PVC
AD04-Bz02	AD04-Bz03	77.8	0.011	250	PVC	0.02	315	PVC
AD04-Bz03	AD04-Bz04	62.3	0.009	250	PVC	0.005	315	PVC
AD04-Bz04	AD04-Bz05	97.5	0.003	250	PVC	0.001	400	PVC
AD04-Bz05	AD04-Bz06	50	0.002	250	PVC	0.001	400	PVC
AD04-Bz06	AD04-Bz07	73.1	0.004	250	PVC	0.001	400	PVC
AD04-Bz07	AD04-Bz08	75.1	0.007	250	PVC	0.001	400	PVC
AD04-Bz08	AD04-Bz09	48.1	0.003	250	PVC	0.001	450	PVC
AD04-Bz09	AD04-Bz10	48.1	0.006	250	PVC	0.001	450	PVC
AD04-Bz10	AD04-Bz11	72.1	0.004	250	PVC	0.001	450	PVC
AD04-Bz11	AD04-Bz12	72.1	0.005	250	PVC	0.001	450	PVC
AD04-Bz12	AD04-Bz13	82.1	0.004	250	PVC	0.001	450	PVC
AD04-Bz13	AD04-Bz14	80.3	0.004	315	PVC	0.011	450	PVC
AD04-Bz14	AD04-Bz15	19.1	0.005	250	PVC	0.007	450	PVC
AD04-Bz15	AD04-Bz16	54.3	0.012	250	PVC	0.012	450	PVC
AD04-Bz16	AD04-Bz17	46.8	0.009	250	PVC	0.008	450	PVC
AD04-Bz17	AD04-Bz18	101.8	0.003	315	PVC	0.009	450	PVC
AD04-Bz18	AD04-Bz19	100.8	0.012	315	PVC	0.02	450	PVC
AD04-Bz19	AD04-Bz20	99.1	0.012	315	PVC	0.01	450	PVC
AD04-Bz20	AD04-Bz21	84.1	0.008	315	PVC	0.006	450	PVC
AD04-Bz21	AD04-Bz22	80.1	0.001	315	PVC	0.003	450	PVC
AD04-Bz22	AD04-Bz23	87.4	0.001	315	PVC	0.003	450	PVC
AD04-Bz23	AD04-Bz24	77.7	0.004	315	PVC	0.003	450	PVC
AD04-Bz24	AD04-Bz25	85.1	0.003	315	PVC	0.003	450	PVC
AD04-Bz25	AD04-Bz26	48.1	0.005	315	PVC	0.003	450	PVC
AD04-Bz26	AD04-Bz27	54.1	0.004	315	PVC	0.008	450	PVC
AD04-Bz27	AD04-Bz28	25.9	0.005	315	PVC	0.005	450	PVC
AD04-Bz28	PTAR	56.1	0.005	315	PVC	0.001	450	PVC

Fuente: elaboración propia

4.1.3.2. Análisis comparativo

Se realizó la comparación del comportamiento hidráulico de la red principal de alcantarillado sanitario en los siguientes eventos; al año cero (2020), año 20 (2040) y año 20 (propuesta de mejora).

4.1.3.2.1. Comparación de velocidad

La Figura 27 muestra los valores de la velocidad para los eventos propuestos, detallando que en el año cero y el año 20, en diferentes tramos de la red no cumplen con la velocidad mínima según el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070, sin embargo, en la propuesta de mejora al año 20 todos los tramos cumplen con la velocidad mínima (0.60m/s).

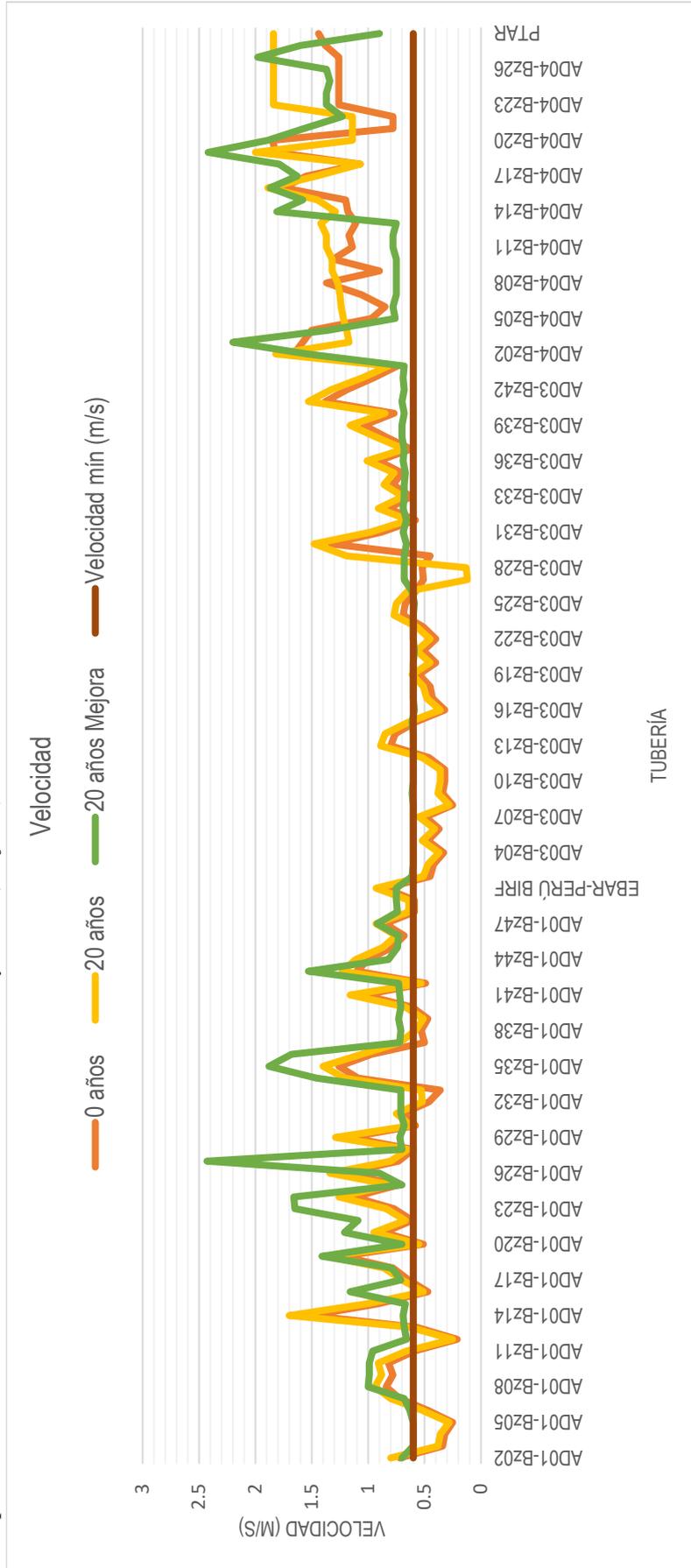
4.1.3.2.2. Comparación de datos de tirante sobre diámetro(H/D)

La Figura 28 muestra los valores de la relación tirante sobre diámetro para los eventos propuestos, detallando que en el año cero y el año 20, existen tramos que superan el valor máximo exigido por el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070, sin embargo, en la propuesta de mejora al año 20 todos los tramos no superan el 75%.

4.1.3.2.3. Comparación de datos de tensión tractiva

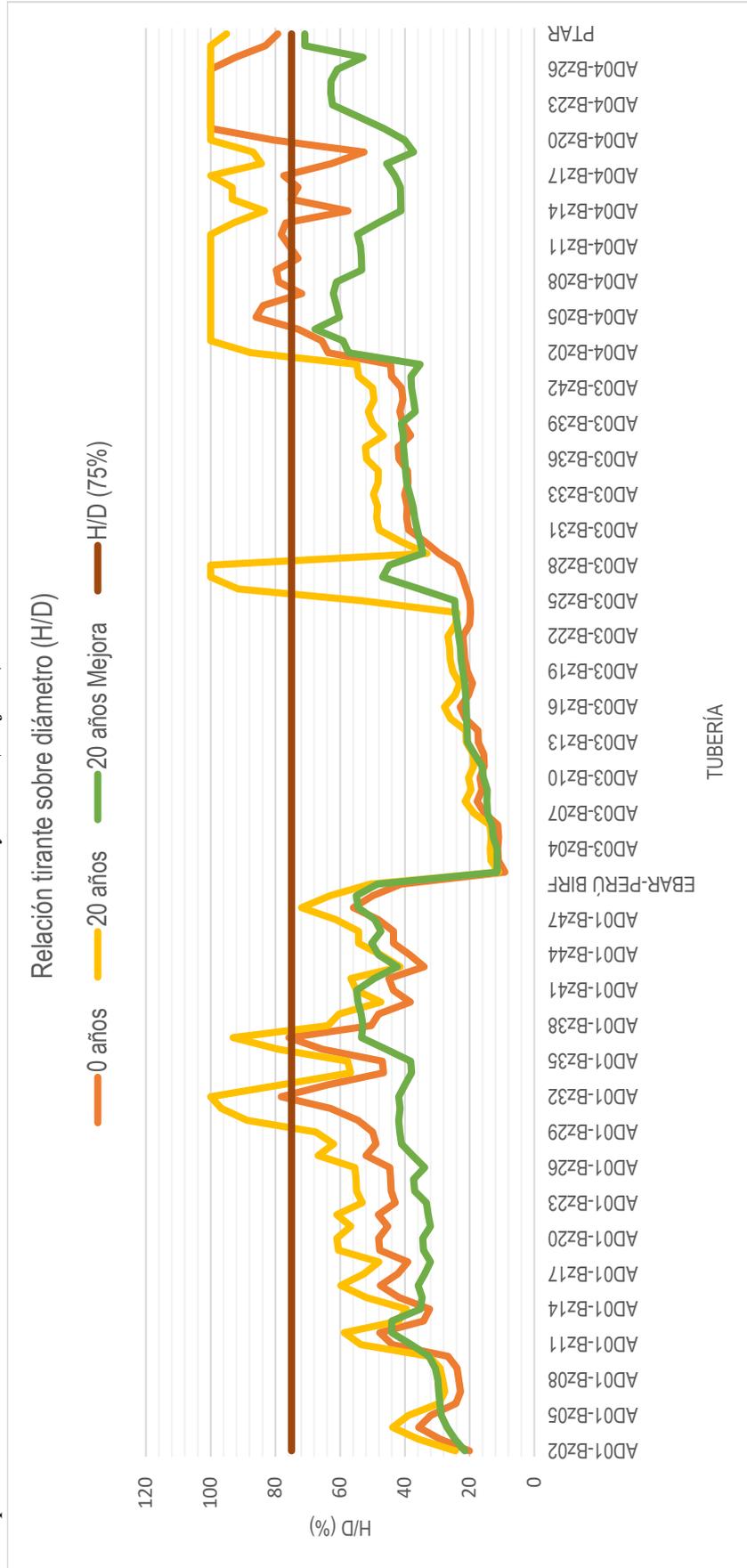
La Figura 28 muestra los valores de la tensión tractiva para los eventos propuestos, detallando, que en el año cero y el año 20, existen tramos que no cumplen con el valor mínimo (1 pascal) exigido por el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070, sin embargo, la propuesta de mejora al año 20 satisface el valor mínimo exigido.

Figura 27
Comparación de velocidades entre los años cero, 20 y el 20 (mejora)



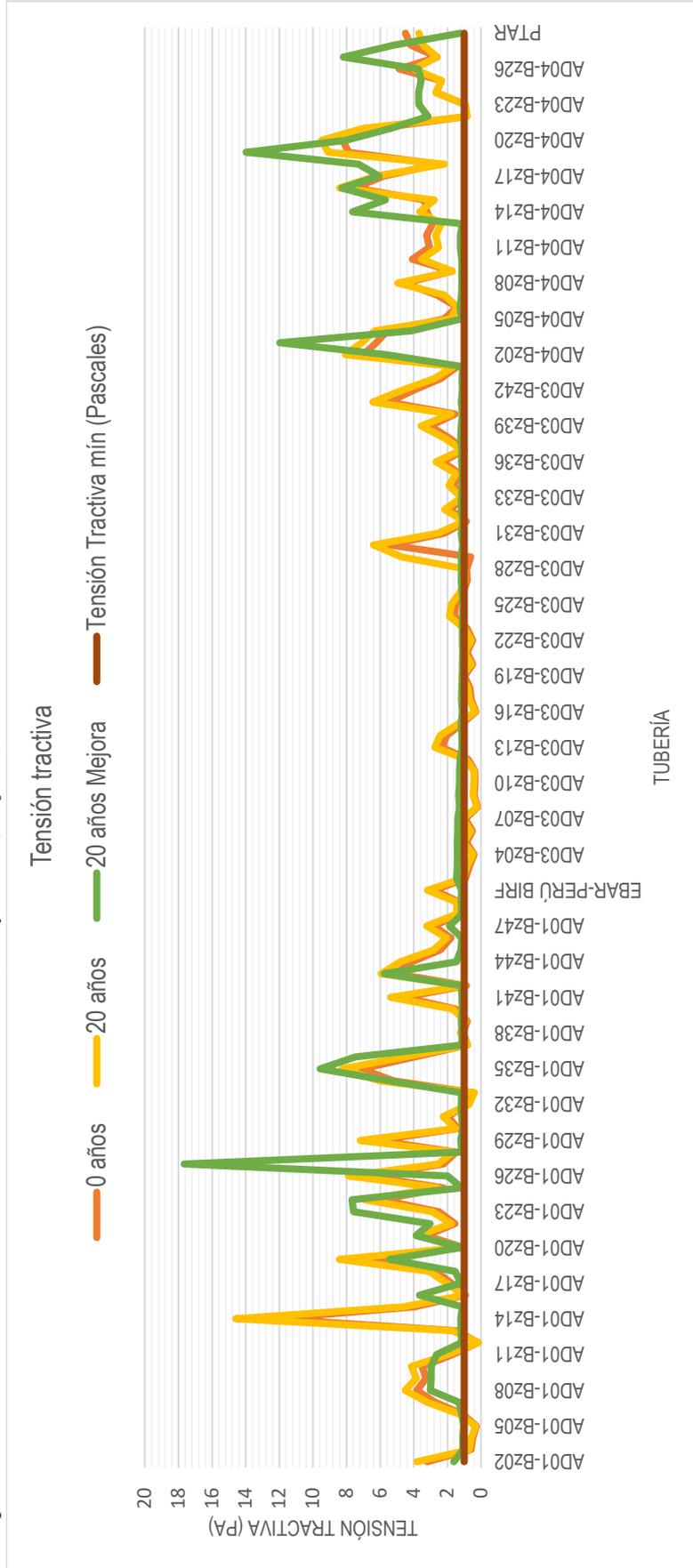
Fuente: elaboración propia

Figura 28
Comparación de tirante sobre diámetro entre los años cero, 20 y el 20 (mejora) en la red



Fuente: elaboración propia

Figura 29
Comparación de tensión tractiva entre los años cero, 20 y el 20 (mejora)



Fuente: elaboración propia



4.2. DISCUSIÓN

A partir de los resultados obtenidos de la evaluación del estado estructural de las tuberías de la red principal de alcantarillado de la localidad de Ilave, en la que se determinó que el 10.53% de las tuberías de la red principal de alcantarillado se encuentra en buen estado estructural, el 42.11% se encuentra en estado regular, el 26.31% se encuentra en estado malo y el 21.05% se encuentra saturado (trabajando bajo presión).

Estos resultados guardan relación con lo que sostienen Diaz & Heredia (2021) quienes señalan que la Upz Bosa Occidental representa las fallas tipo EIO. Donde se evidencia que la mayor cantidad de fallas son estructurales con un 45.11% siendo esta área de actividad del uso del suelo residencial tipo 1.

Por otro lado, también se tiene una relación análoga con lo que sostienen Castro & Rivera (2021) quienes indican que los reportes de CCTV donde se analizaron 160 fallas reportadas en estado crítico, es decir, con calificación 4 o 5. Con el software R, se encuentra que la falla de fisuras, grietas y fracturas es la más frecuente con un 58% del total de las fallas, seguida de la deformación y rotura o colapso con un 11% y finalmente las juntas desplazadas 10%.

En los eventos de diseño, año cero (2020) y año 20 (2040) se analizó los parámetros del comportamiento hidráulico (velocidad, relación tirante sobre diámetro y tensión tractiva), de la red principal de alcantarillado sanitario obtenido a través de la simulación en el programa SewerCAD, resultando valores que no cumplen con el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070, en diferentes tramos.



Este resultado guarda relación con los autores (Chalco & Jesus, 2019) quienes indican que a partir de los análisis obtenidos en su evaluación del sistema de alcantarillado no cumple los parámetros que exige el RNE OS.070.

También, Porta (2021) obtiene el siguiente resultado que el comportamiento del sistema de alcantarillado del anexo Ancalahuata en su estado crítico, es deficiente debido a que en la evaluación de menor utilidad se cuenta que los parámetros de diseño en algunos tramos no superan las condiciones mínimas del Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones.

En la investigación se propone la mejora de la red principal, para servir a la población futura de 49 061 habitante al año 2040, se sugiere reemplazar a tuberías de PVC con diámetros que varían de 250mm a 450mm, para que el sistema funcione de manera óptima.

Estos resultados guardan relación con los autores, Chalco & Jesús (2019) en conclusión sugiere que los tramos a cambiar son en su totalidad tuberías de CSN de diámetros 200 mm y 300 mm que funcionan como redes secundarias, los cuales tienen una antigüedad superior a 20 años y es necesario su cambio.

Además, se tiene relación con los autores (Núñez Rivadeneira, Ullauri, & Barzola Montes, 2018) quienes determinaron la capacidad hidráulica de la red frente a la demanda actual y proyectada; entre los resultados se observó que el sistema existente no satisface la demanda actual de caudales por la razón que la red principal trabaja a sección llena generando problemas sanitarios, por otro lado la propuesta de mejora del sistema que se realizó tiene una proyección de 25 años y requiere el cambio de tuberías por otras de mayor diámetro en la red principal del sistema de alcantarillado sanitario.



V. CONCLUSIONES

La condición actual del sistema de alcantarillado sanitario en la localidad de Ilave es deficiente, debido a que el estado estructural de las tuberías es regular y el comportamiento hidráulico no cumple con el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070.

Mediante las inspecciones televisadas se determinó que el 10.53% de las tuberías de la red principal de alcantarillado sanitario de la localidad de Ilave, se encuentra en buen estado estructural, el 42.11% se encuentra en estado regular, el 26.31% se encuentra en estado malo y el 21.05% se encuentra saturado (trabajando bajo presión).

En los eventos de diseño, año cero (2020) y año 20 (2040) se analizó los parámetros del comportamiento hidráulico (velocidad, relación tirante sobre diámetro y tensión tractiva), de la red principal de alcantarillado sanitario obtenido a través de la simulación en el programa SewerCAD, resultando valores que no cumplen con el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070, en diferentes tramos.

Se propone la mejora de la red principal, para servir a la población futura de 49 061 habitante al año 2040 que implica realizar el cambio de tuberías y profundizar los buzones. En la red principal existente se tiene tuberías de concreto simple normalizado y PVC con diámetros que varían de 250mm a 350mm, se sugiere reemplazar a tuberías de PVC con diámetros que varían de 250mm a 450mm, para que el sistema funcione de manera óptima.



VI. RECOMENDACIONES

Dar mayor equipamiento técnico al robot EJ-2021 y/o obtener un equipo que cumpla con las especificaciones mínimas que sugiere el Reglamento Nacional de Edificaciones NS-058, para realizar las inspecciones televisadas en diferentes lugares de la región Puno.

Se sugiere como tema de investigación, que evalúen el comportamiento hidráulico en otras zonas de la región Puno, para ver si cumplen con el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070.

Se recomienda a la Unidad de Gestión Administrativa de Servicios de Saneamiento de Ilave, reemplazar las tuberías de concreto simple normalizado a PVC con diámetros, que varían de 250mm a 450mm y profundizar algunos tramos de la red principal de alcantarillado sanitario, que no cumplen con el comportamiento hidráulico, exigido en el Reglamento Nacional de Edificaciones OS.070.



VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, A. R. (2008). *Uso y aplicación del Software SewerCAD en el diseño de una red de Alcantarillado en la Localidad de Salpo - Otuzco La Libertad*. Lambayeque.
- Alfaro Melgar, J. M., Carranza Cisneros, J. L., & Gonzales Reyes, I. (2012). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, AGUAS LLUVIAS Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL AREA URBANA DEL MUNICIPIO DESAN ISIDRO, DEPARTAMENTO DE CABAÑAS*. (Tesis de Pregrado). Universidad de Salvador, San Salvador.
- Arias , F. (2012). *El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (Sexta ed.). Episteme.
- Arocha, S. (1983). *Cloacas y Drenajes*. Venezuela: Vega, s.r.l.
- Belito, E. (2018). *Modelamiento hidráulico del Sistema de Alcantarillado Sanitario en la ciudad de Huancavelica, provincia y departamento de Huancavelica*. Lircay: (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Huacavelica, Lircay.
- Castro, L., & Rivera, P. (2021). *Herramientas costo-veneficio de toma de decisiones para la selección de técnicas de rehabilitación de fallas estructurales para el alcantarillado de Bogotá [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Javeriana]*.
- CEPIS. (2005). *Guías Para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado*. (O. P. Cepi, Ed.) Lima. Obtenido de <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/sanea/169esp-diseno-alcantar.pdf>
- Chalco, H., & Jesus, N. (2019). *Evaluación del Sistema Hidráulico de la Red de Alcantarillado de la Urbanización Ama Kella -San Martin de Porres - Lima-Perú*. Lima: (Tesis de pregrado) Universidad César Vallejo, Lima.



- Chávez Pullas, V. N. (2014). *PLAN DE REHABILITACIÓN DE LAS TUBERÍAS MATRICES*. Quito: (Tesis de Pregrado). PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, Quito.
- Cualla, R. A. (2000). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados*. Santafé de Bogotá: Centro Editorial, Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Díaz, A., & Heredia, A. (2021). *Reconocimiento de los actores Influyentes en las Fallas en el Sistema de Alcantarillado de Bogotá, mediante el Análisis de la Inspección CCTV para zonas Residenciales. [Tesis de licenciatura, Universidad Piloto de Colombia]*.
- EMSAPUNO. (2012). *PLAN MAESTRO OPTIMIZADO 2012-2042*. Puno.
- Ensink, J., & Cairncross, S. (2012). Abastecimiento de agua, saneamiento, higiene y salud pública. En OPS, *Agua y Saneamiento: en la búsqueda de nuevos paradigmas para las Américas* (pág. 309). Washington: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A.
- García Trisolini, E. (2009). *Manual práctico de saneamiento en poblaciones rurales*. Lima: Perú - Alemania.
- Llatance, A., Jesús, R., Ruda, W., & García, R. (2019). *Evaluación del sistema de la red de alcantarillado de la urbanización Almirante Miguel Grau de Ventanilla, Callao 2019*. Lima: (Tesis de pregrado). Universidad César Vallejo, Lima.
- Macas, C. (2019). *Estudio y evaluación de la red del alcantarillado del sector la Chala Cantón Guayaquil Provincia de Guayas*. Guayaquil: (tesis de pregrado). Universidad de Guayaquil.
- Machado Medina, C. M. (2021). *Rediseño del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales del CP Uñón, Castilla –Arequipa*. Piura: (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Macro.



- Ministerio del Agua Viceministro de Servicios Básicos. (Abril de 2007). Reglamentos técnicos de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial. La Paz, Bolivia.
- MPCI. (2016). *Diagnostico Plan de Desarrollo Urbano Sostenible -Ilave*. Ilave. Obtenido de https://issuu.com/jaimeurrutialerma/docs/003_diagnostico_pdus_ilave_
- NB 688. (2007). *Reglamentos técnicos de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial*. La Paz: Tercera revisión ICS 13.060.30.
- Nogales Soria, S. F., & Quispe Aricoma, D. T. (2009). DISEÑO Y MÉTODOS CONSTRUCTIVOS DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES. *INGENIERÍA SANITARIA II*. COCHABAMBA, BOLIVIA. Obtenido de <https://vdocuments.site/download/libro-de-ingenieria-sanitaria-ii-55c9caec855b5>
- NS-058. (2010). *Aspectos técnicos para inspección de redes y estructuras de alcantarillado*. Norma Téc. de Servicio.
- Núñez Rivadeneira, J., Ullauri, A., & Barzola Montesés, J. (2018). Diagnóstico, Modelación y Determinación de la Capacidad Hidráulica de sistema de Alcantarillado. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*, 88-101. doi:<https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol3issICCE2018.2018pp108-122p>
- Pérez Carmona, R. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillado sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*. Bogotá: Ecoe Ediciones. Obtenido de <https://books.google.es/books?id=Gtw3DgAAQBAJ&lpg=PP1&ots=tneQ2Bjgje&dq=%C3%A1rea%20de%20drenaje%20alcantarillado%20sanitario&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q&f=false>
- Porta, r. (2021). *Evaluación del Alcantarillado Sanitario del Anexo Ancalahuata para determinar su comportamiento en estado crítico*. Huancayo: (Tesis de pregrado). Universidad Peruana los Andes, Huancayo.



- Regalado, C. (2019). *Evaluación y propuesta de mejoras de los componentes del sistema del alcantarillado sanitario del Recinto Boca de Caña de la Parroquia Tarifa del Cantón Samborondón*. Guayaquil: (tesis de pregrado). Universidad del Guayaquil.
- RNE OS.100. (2016). Reglamento Nacional de Edificaciones. En C. y. Ministerio de Vivienda, *Reglamento Nacional de Edificaciones* (pág. 797). Lima: Macro.
- RNE OS0.70. (2016). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: Macro.
- SEDAPAL. (09 de Octubre de 2005). *REGLAMENTO DE ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA HABILITACIONES URBANAS DE LIMA METROPOLITANA Y CALLAO*. Obtenido de Sedal : <https://www.sedapal.com.pe/storage/objects/d-reglamento-de-proyectos-condominioales-de-agua-potable-y-alcantarillado-para-habilitaciones-urbanas-y-periurbanas-de-lima-y-callao.pdf>
- SEDAPAR. (2017). *MANUAL DE OPERACIONES ALCANTARILLADO*. Arequipa: LKS. Obtenido de <https://www.sedapar.com.pe/wp-content/uploads/2018/02/Manual-operacion-desague.pdf>
- Steven H. Kosmatka, B. K. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto*. EE.UU.: PCA.
- Torres, A., Zarruk Serrano, G., & Lara Borrero, J. (2009). Coeficientes de resistencia hidráulica en tramos de alcantarillados en funcionamiento. *Investigación, Biodiversidad y Desarrollo*, 85-92. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Jaime-Lara-Borrero/publication/267098475_Roughness_coefficient_in_operational_sections_of_sewage_systems/links/544e48ee0cf26dda088f7986/Roughness-coefficient-in-operational-sections-of-sewage-systems.pdf
- Vera , C. (2021). *Diagnóstico y evaluación del sistema de alcantarillado sanitario del barrio Carmen Buchelli de la Parroquia Anconcito del Cantón Salinas, provincia*



de Santa Elena. La Libertad,: (Tesis de pregrado).Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Vierendel. (2009). *Abastecimiento de Agua y Alcantarillado*. Lima.

Villafuerte, L. (2022). *Propuesta Metodologica de Catastro en Inspecciones de Sistema de Alcantarillado Utilizando Equipos de CCTV. [Tesis de Licenciatura, Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil]*.



ANEXOS

ANEXO 1: Panel fotográfico

ANEXO 2: Matriz de consistencia

ANEXO 3: Matriz de instrumentos

ANEXO 4: Fichas de observación

ANEXO 5: Documentos presentados a la municipalidad.

ANEXO 6: Cálculo de forma manual

ANEXO 7: Nivelación Geométrica Cerrada

ANEXO 8: Planos

ANEXO 9: Informe de opinión de expertos del instrumento de investigación.