



UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Licenciatura en Ingeniería Civil

Proyecto de graduación

PLAN DE MEJORAS DEL ACUEDUCTO ASADA SANTA ROSA DE OREAMUNO

Autor: Ji Feng Luo Montero

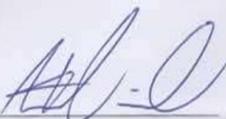
Tutor: Ing. Allan Alfonso Umaña Ortiz

San Pedro, 20 de junio de 2022

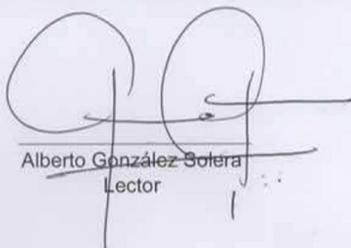


TRIBUNAL EXAMINADOR

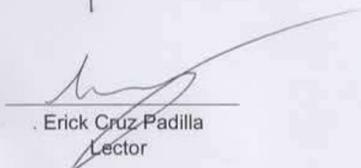
Este proyecto titulado: Plan de mejoras del acueducto ASADA Santa Rosa de Oreamuno, por el (la) estudiante: Ji Feng Luo Montero, fue aprobado por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Latina, Sede San Pedro, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil:



Allan Umaña Ortiz
Tutor



Alberto González Solera
Lector



Erick Cruz Padilla
Lector

DECLARACIÓN JURADA

Yo, JI FENG LUO MONTERO estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy Autor Intelectual del Proyecto de Graduación titulado:

Plan de mejoras del acueducto ASADA Santa Rosa de Oreamuno

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Firmo en San José, 13 de septiembre de 2023

JI FENG LUO Firmado digitalmente
por JI FENG LUO
MONTERO
Fecha: 2023.09.13
15:45:08 -06'00'

Ji Feng Luo Montero

Licencia De Distribución No Exclusiva (carta de la persona autora para uso didáctico)

Universidad Latina de Costa Rica

Yo (Nosotros):	Ji Feng Luo Montero
De la Carrera / Programa:	Ingeniería Civil
Modalidad de TFG:	Proyecto
Titulado:	Plan de mejoras del acueducto ASADA Santa Rosa de Oreamuno

Al firmar y enviar esta licencia, usted, el autor (es) y/o propietario (en adelante el “AUTOR”), declara lo siguiente: **PRIMERO:** Ser titular de todos los derechos patrimoniales de autor, o contar con todas las autorizaciones pertinentes de los titulares de los derechos patrimoniales de autor, en su caso, necesarias para la cesión del trabajo original del presente TFG (en adelante la “OBRA”). **SEGUNDO:** El AUTOR autoriza y cede a favor de la UNIVERSIDAD U LATINA S.R.L. con cédula jurídica número 3-102-177510 (en adelante la “UNIVERSIDAD”), quien adquiere la totalidad de los derechos patrimoniales de la OBRA necesarios para usar y reusar, publicar y republicar y modificar o alterar la OBRA con el propósito de divulgar de manera digital, de forma perpetua en la comunidad universitaria. **TERCERO:** El AUTOR acepta que la cesión se realiza a título gratuito, por lo que la UNIVERSIDAD no deberá abonar al autor retribución económica y/o patrimonial de ninguna especie. **CUARTO:** El AUTOR garantiza la originalidad de la OBRA, así como el hecho de que goza de la libre disponibilidad de los derechos que cede. En caso de impugnación de los derechos autorales o reclamaciones instadas por terceros relacionadas con el contenido o la autoría de la OBRA, la responsabilidad que pudiera derivarse será exclusivamente de cargo del AUTOR y este garantiza mantener indemne a la UNIVERSIDAD ante cualquier reclamo de algún tercero. **QUINTO:** El AUTOR se compromete a guardar confidencialidad sobre los alcances de la presente cesión, incluyendo todos aquellos temas que sean de orden meramente institucional o de organización interna de la UNIVERSIDAD **SEXTO:** La presente autorización y cesión se regirá por las leyes de la República de Costa Rica. Todas las controversias, diferencias, disputas o reclamos que pudieran derivarse de la presente cesión y la materia a la que este se refiere, su ejecución, incumplimiento, liquidación, interpretación o validez, se resolverán por medio de los Tribunales de Justicia de la República de Costa Rica, a cuyas normas se someten el AUTOR y la UNIVERSIDAD, en forma voluntaria e incondicional. **SÉPTIMO:** El AUTOR acepta que la UNIVERSIDAD, no se hace responsable del uso, reproducciones, venta y distribuciones de todo tipo de fotografías, audios, imágenes, grabaciones, o cualquier otro tipo de

presentación relacionado con la **OBRA**, y el **AUTOR**, está consciente de que no recibirá ningún tipo de compensación económica por parte de la **UNIVERSIDAD**, por lo que el **AUTOR** haya realizado antes de la firma de la presente autorización y cesión. **OCTAVO:** El **AUTOR** concede a **UNIVERSIDAD.**, el derecho no exclusivo de reproducción, traducción y/o distribuir su envío (incluyendo el resumen) en todo el mundo en formato impreso y electrónico y en cualquier medio, incluyendo, pero no limitado a audio o video. El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD.** puede, sin cambiar el contenido, traducir la **OBRA** a cualquier lenguaje, medio o formato con fines de conservación. **NOVENO:** El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD** puede conservar más de una copia de este envío de la **OBRA** por fines de seguridad, respaldo y preservación. El **AUTOR** declara que el envío de la **OBRA** es su trabajo original y que tiene el derecho a otorgar los derechos contenidos en esta licencia. **DÉCIMO:** El **AUTOR** manifiesta que la **OBRA** y/o trabajo original no infringe derechos de autor de cualquier persona. Si el envío de la **OBRA** contiene material del que no posee los derechos de autor, el **AUTOR** declara que ha obtenido el permiso irrestricto del propietario de los derechos de autor para otorgar a **UNIVERSIDAD** los derechos requeridos por esta licencia, y que dicho material de propiedad de terceros está claramente identificado y reconocido dentro del texto o contenido de la presentación. Asimismo, el **AUTOR** autoriza a que en caso de que no sea posible, en algunos casos la **UNIVERSIDAD** utiliza la **OBRA** sin incluir algunos o todos los derechos morales de autor de esta. **SI AL ENVÍO DE LA OBRA SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA U ORGANIZACIÓN QUE NO SEA UNIVERSIDAD U LATINA, S.R.L., EL AUTOR DECLARA QUE HA CUMPLIDO CUALQUIER DERECHO DE REVISIÓN U OTRAS OBLIGACIONES REQUERIDAS POR DICHO CONTRATO O ACUERDO. La presente autorización se extiende el día** 13 **de** septiembre **de** 2023 **a las** 15:46

Firma del estudiante(s):

JI FENG LUO
MONTERO

Firmado digitalmente por
JI FENG LUO MONTERO
Fecha: 2023.09.13
15:47:46 -06'00'

Carta de aprobación del filólogo

Cartago, 14 de setiembre de 2023

Los suscritos, Elena Redondo Camacho, mayor, casada, filóloga, incorporada a la Asociación Costarricense de Filólogos con el número de carné 0247, portadora de la cédula de identidad número 3-0447-0799 y, Daniel González Monge, mayor, casado, filólogo, incorporado a la Asociación Costarricense de Filólogos con el número de carné 0245, portador de la cédula de identidad número 1-1345-0416, ambos vecinos de Quebradilla de Cartago, revisamos el trabajo final de graduación que se titula: *PLAN DE MEJORAS DEL ACUEDUCTO ASADA SANTA ROSA DE OREAMUNO*, sustentado por Ji Feng Luo Montero.

Hacemos constar que se corrigieron aspectos de ortografía, redacción, estilo y otros vicios del lenguaje que se pudieron trasladar al texto. A pesar de esto, la originalidad y la validez del contenido son responsabilidad directa de la persona autora.

Esperamos que la participación de Filólogos Bórea Costa Rica satisfaga los requerimientos de la Universidad Latina.

X

Elena Redondo Camacho
Filóloga - Carné ACFIL n.º 0247

X

Daniel González Monge
Filólogo - Carné ACFIL n.º 0245

Tabla de contenido

Introducción	18
Antecedentes	18
Descripción de la zona.....	18
Hidrografía	19
Estudios previos.....	19
Tecnológico de Costa Rica.....	20
Universidad Católica de Colombia.....	21
Planteamiento del problema	21
Objetivo general	23
Objetivos específicos.....	23
Justificación.....	23
Alcances y limitaciones.....	24
Alcances	24
Limitaciones	25
Impacto.....	25
Hipótesis.....	26
Capítulo I. Fundamentación teórica	27
Fuentes de abastecimiento de agua potable.....	27
Captación.....	28
Desarenador.....	28
Tanque de reunión o planta potabilizadora	28
Tuberías de conducción.....	29
Tanques de almacenamiento	29
Población de diseño.....	29
Periodos de diseño.....	31
Obras de captación y toma	31
Tubería de aducción	31
Planta potabilizadora	31
Tanque de almacenamiento	32
Tuberías de conducción y distribución.....	32

Estaciones de bombeo	32
Dotaciones	33
Factores de demanda máxima	33
Caudal de incendio y ubicación del hidrante.....	33
Caudal coincidente	34
Carga hidráulica	34
Diseño de redes.....	34
Condición para caudal máximo diario	34
Condición para atención de incendios.....	34
Condición para redes abiertas.....	35
Caudal de producción.....	35
Capacidad del sistema	35
Red de distribución.....	35
Tanques de almacenamiento.....	36
Volumen de regulación del consumo.	36
Volumen de reserva para incendios.	36
Este	36
Volumen de reserva por interrupciones.	36
Volumen total de almacenamiento.	36
Otros componentes	36
Velocidad	37
Presiones.....	37
Dimensionamiento de tuberías	37
Presión interna en tuberías.....	38
Diámetro mínimo	39
Prevista.....	39
Requisito de materiales y de construcción	40
Tubos y accesorios	40
Conductos circulares.....	40
Ubicación de las tuberías.	41
Ubicación de la prevista.....	41

Instalación de la tubería.....	41
Prueba de presión.....	42
Color de los tubos.....	43
Válvulas.....	43
Requisitos específicos según el tipo de válvula	44
Válvulas de aire.....	44
Válvulas de purga.....	45
Válvulas de corte.....	45
Válvulas especiales.....	46
Válvulas reductoras de presión.....	46
Válvulas sostenedoras de presión.....	47
Válvulas de control de caudal.....	47
Válvulas de control de nivel.....	47
Válvula de alivio.....	48
Válvula de compuerta y cubre válvulas para hidrantes.....	48
Cubreválvulas con tapa.....	48
Válvula de compuerta.....	49
Medidores de caudal.....	49
Hidrómetros.....	49
Potabilización del agua.....	50
Capítulo II. Marco metodológico.....	51
Paradigma.....	51
Enfoque metodológico	52
Métodos de investigación.....	52
Categoría de análisis de investigación	52
Análisis de la investigación	53
Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	54
Técnicas e instrumentación para el procesamiento y análisis de datos.....	54
Capítulo III. Recopilación de datos.....	56
Situación actual de la Asada.....	56
Visitas de campo	56

	10
Sistemas	56
Sistema #1	56
Sistema #2	57
Sistema #3	58
Fuentes de captación.....	59
Naciente Miguel Brenes (sistema #1).	59
Naciente Benjamín Uleth (sistema #1).	60
Naciente Piedra (sistema #1).	60
Naciente Birrís (sistema #2).	60
Naciente Carlos Martínez (sistema #2).	61
Naciente Agua Fría (sistema #3).	61
Naciente Manuel Granados (sistema #3).	62
Tanques de almacenamiento.....	63
Tanques quiebragradientes	66
Sistemas de cloración	68
Capítulo IV. Datos obtenidos.....	73
Balance hídrico.....	73
Análisis de población	73
Dotación	74
Población de la Asada	75
Cálculo del crecimiento poblacional	77
Aforos de producción de agua.....	78
Caudales	79
Proyecciones	79
Modelación.....	81
Construcción del modelo.....	83
Asignación de las elevaciones	84
Asignación de las demandas.....	85
Calibración del modelo.....	86
Resultados del modelo.....	87
Características de las tuberías.	87

Características de los nodos.....	89
Presiones.	92
Perfil	99
Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones.....	101
Conclusiones	101
Recomendaciones.....	102
Nacientes	102
Tanques de almacenamiento y quiebragradientes	102
Contaminante clorotalonil	103
Sistema	104
Referencias bibliográficas.....	106
Anexos	108
Anexo 1. Materiales	108
Anexo 2. Ubicación de tuberías y previstas	109
Anexo 3. Simbología para usar en planos	110
Anexo 4. Especificaciones tubería PVC ASTM D 2241	111
Anexo 5. Tabla de tubería	112
Anexo 6. Tabla de nodos.....	117

Índice de tablas

Tabla 1 Inventario de fuentes de abastecimiento por tipo y Ente operador periodo 2020.....	28
Tabla 2 Cálculo de servicios equivalentes según el tipo de actividad por desarrollar	30
Tabla 3 Categoría de análisis de investigación	52
Tabla 4 Detalles de los tanques de almacenamiento.....	63
Tabla 5 Detalles de los quiebragradienes.....	66
Tabla 6 Dotación.....	74
Tabla 7 Dotación según medición el 2022.....	74
Tabla 8 Población de diseño	76
Tabla 9 Porcentaje de crecimiento poblacional	77
Tabla 10 Fuentes de abastecimiento	78
Tabla 11 Caudales.....	79
Tabla 12 Resultados balance hídrico	80
Tabla 13 Características generales de los nodos.....	90

Índice de figuras

Figura 1 Cantón de Oreamuno.....	19
Figura 2 Material y valor máximo de C.....	38
Figura 3 Representación geográfica de los elementos del sistema #1	57
Figura 4 Representación geográfica de los elementos del sistema #2	58
Figura 5 Representación geográfica de los elementos del sistema #3	59
Figura 6 Estructura de captación Miguel Brenes del sistema #1	59
Figura 7 Estructura de captación Benjamín Uleth del sistema #1	60
Figura 8 Estructura de captación Piedra del sistema #1	60
Figura 9 Estructura de captación Birrís del sistema #2.....	61
Figura 10 Estructura de captación Carlos Martínez del sistema #2	61
Figura 11 Estructura de captación Agua Fría del sistema #3.....	62
Figura 12 Estructura de captación Manuel Granados del sistema #3	62
Figura 13 Todos los tanques de almacenamiento de los tres sistemas	64
Figura 14 Ampliación de los tanques San Gerardo y Nani.....	65
Figura 15 Ampliación de los tanques Metálico y Santa Rosa	65
Figura 16 Tanques quiebragradientes de los tres sistemas	67
Figura 17 Ampliación de los quiebragradientes Ivankovich	68
Figura 18 Quiebragradiente Montero.....	69
Figura 19 Quiebragradiente Zentis	69
Figura 20 Quiebragradiente Ivankovich A.....	70
Figura 21 Tanque Carlos Martínez	70
Figura 22 Clorador en Tanque Carlos Martínez	71

Figura 23 Clorador del Tanque Rodrigo Sancho	72
Figura 24 Tanque de almacenamiento Rodrigo Sancho	72
Figura 25 Distrito de Santa Rosa	73
Figura 26 Cálculo de servicios equivalentes según el tipo de actividad por desarrollar	76
Figura 27 Gráfico de aforos de la naciente Agua Fría	78
Figura 28 Interpretación del balance hídrico	80
Figura 29 Gráfico balance hídrico	81
Figura 30 Procesos de construcción del modelo hidráulico	82
Figura 31 Red de distribución Asada Santa Rosa de Oreamuno	84
Figura 32 Curvas de nivel	85
Figura 33 Distribución de demanda.....	86
Figura 34 Modelo WaterGEMS.....	87
Figura 35 Tabla de tuberías.....	88
Figura 36 Propiedades de las tuberías.....	89
Figura 37 Características de los nodos.....	91
Figura 38 Gráfico de presiones de una simulación dinámica	93
Figura 39 Gráfico de presiones de una simulación estático	94
Figura 40 Sector con altas presiones en estado estático	95
Figura 41 Presiones en estado dinámico del sector de la Figura 40	96
Figura 42 Presiones en estado estático del sector de la Figura 40	96
Figura 43 Grafica de velocidades de una simulación estática	97
Figura 44 Gráfico de velocidades de una simulación estática	98
Figura 45 Tramo de la Naciente Birris al Tanque San Gerardo.....	99

Figura 46 Perfil de la Naciente Birris al Tanque San Gerardo	100
Figura 47 Captación naciente Birrís.....	102
Figura 48 Quebragradiente Zentis	103
Figura 49 Quebragradiente Montero.....	103
Figura 50 Sector a aumentar diámetros de tubería.....	104
Figura 51 Tramo del nodo N-09 al nodo N-374.....	105
Figura 52 Características de los nodos del tramo N-09 al N-374.....	105

Resumen

Las asociaciones administradoras de los sistemas de acueductos y alcantarillados comunales o Asadas, son las que se encargan de administrar los acueductos y alcantarillados en las comunidades, todo con un esquema acordado con el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, mediante un Convenio de Delegación de Administración. Estas organizaciones comunales sin fines de lucro constantemente presentan problemas, ya que muchas veces no cuentan con el dinero para prestar un servicio de calidad (Ministerio de Ambiente y Energía, s. f., párr. 1-2).

El Acueducto Rural de Santa Rosa se ubica en la provincia de Cartago en el cantón de Oreamuno y en el distrito de Santa Rosa. La administradora de la Asada, Marisol Quirós Sanabria, indica que la Asada de Santa Rosa de Oreamuno administra tres sistemas, los cuales se abastecen por medio de las nacientes:

- Sistema 1: Miguel Brenes, Benjamín Uleth y Piedra.
- Sistema 2: Birrís y Carlos Martínez.
- Sistema 3: Agua Fría y Manuel Granados.

La administradora también menciona que el abastecimiento del agua se realiza por medio de un sistema de gravedad a toda la población. Se estima un total de tubería de 34.713 m entre tubería de conducción y tubería de distribución.

La región donde se localiza la Asada se caracteriza principalmente por ser rural, dentro de las actividades principales se encuentra la agricultura ganadería y el turismo (M. Quirós Sanabria, comunicación personal, 30 de noviembre de 2022).

Abstract

The Associations for the Administration of Communal Aqueduct and Sewer Systems or Asadas, are in charge of administering the communal aqueduct and sewer systems, all under the scheme of delegation of administration, agreed with the Costa Rican Institute of Aqueducts and Sewers, through a Delegation of Administration Agreement. These non-profit communal organizations constantly present problems since many times they do not have the money to provide a quality service (Ministerio de Ambiente y Energía, s. f., párr. 1-2).

The Santa Rosa Rural Aqueduct is located in the province of Cartago, in the Oreamuno canton and the Santa Rosa district.

The Asada administrator, Marisol Quirós Sanabria, indicates that the Water Supply Association (Asada) of Santa Rosa de Oreamuno manages three systems which are supplied through the following springs:

- System 1: Miguel Brenes, Benjamín Uleth, and Piedra.
- System 2: Birrís and Carlos Martínez.
- System 3: Agua Fría and Manuel Granados (Quirós-Guevara *et al.*, 2021).

The administrator also mentions that water supply is achieved through a gravity-based system that serves the entire population. An estimated total of 34,713 meters of pipeline is used, including both transmission and distribution lines. The region where the ASADA is located is primarily characterized as rural, with main activities including agriculture, livestock, and tourism.

Introducción

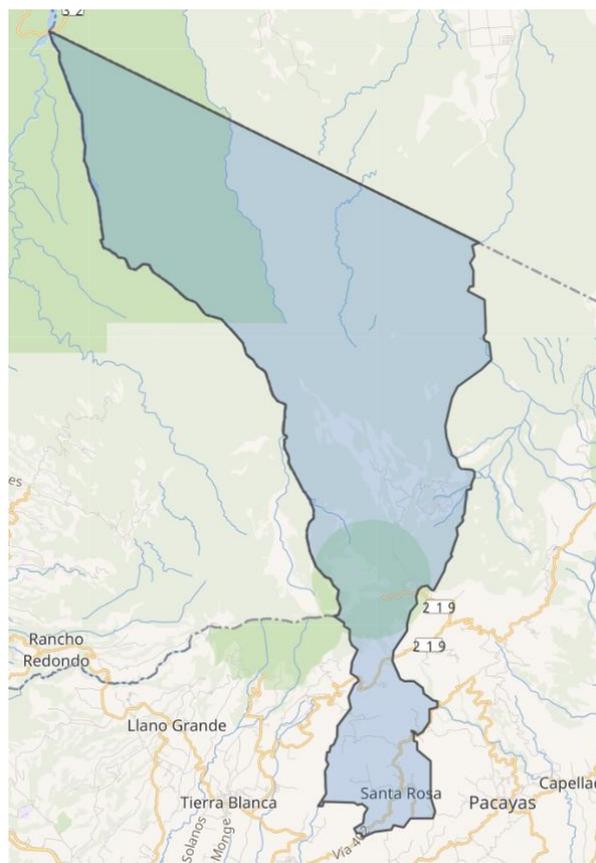
Antecedentes

Descripción de la zona

Según la Municipalidad de Oreamuno (2022a) el cantón de Oreamuno tiene un área territorial de 202,31 km² y está conformado por cinco distritos: San Rafael, Cot, Potrero Cerrado Cipreses y Santa Rosa. El distrito de Santa Rosa donde se ubica el área de estudio cuenta con un área territorial de 149,75 km² y una altitud de 2145 m. s. n. m. (Municipalidad de Oreamuno, 2022b).

Según el INEC, en la actualidad, Santa Rosa cuenta con una población aproximada de 3021 habitantes, para el año 2025 se espera que cuente con una población de 3090 habitantes y para el último censo efectuado, en 2011 contaba con una población de 2682 habitantes. La Municipalidad de Oreamuno (2022b) indica que entre sus poblados se encuentran Cuesta Quemados, Pasquí, Platanillal, San Gerardo, San Juan, San Martín, San Pablo y Titoral. En su territorio Santa Rosa alberga al volcán Irazú, la reserva forestal de la cordillera volcánica central y en parte pequeña al parque nacional Braulio Carrillo.

Figura 1
Cantón de Oreamuno



Nota. Mapa del cantón de Oreamuno,
<https://www.google.com/maps/place/Cartago+Province,+Oreamuno/@9.9977827,-83.9562318,12z/data=!3m1!4m6!3m5!1s0x8fa0dce95f5dd201:0xd3dd5b61698dfb31!8m2!3d10.0351735!4d-83.8579053!16s%2Fm%2F02w2b9t?authuser=0&entry=ttu>.

Hidrografía

De acuerdo con la Municipalidad de Oreamuno (2022a) la geología hidrológica de dicho cantón: “Corresponde a las subvertientes Caribe y Norte de la vertiente del Caribe” (párr. 3). La Asada Santa Rosa de Oreamuno abastece a las comunidades por medio de tres sistemas que funcionan por gravedad. Esta es una Asada que cuenta con siete nacientes y veintiún tanques de almacenamiento y quiebragradientes.

Estudios previos

Según el informe *Agua para consumo humano y saneamiento en Costa Rica al 2020: Brechas en tiempo de pandemia*, de las 847 Asadas evaluadas en el periodo 2020 se cubrió una

población de 916,389, lo que equivale al 17.9 %. De esta población se dice que 800,924 poblaciones cuentan con agua potable mientras que 115,465 poblaciones no tienen agua potable, lo que quiere decir que de los 847 acueductos que se evaluaron 690 brindan agua potable y 157 no (Mora Alvarado y Portuguez, 2021).

El sistema 2 de la Asada de Santa Rosa de Oreamuno se puede considerar como el principal, ya que de los tres sistemas es el que abastece a la mayor parte de la población que es de 516 abonados.

Al día de hoy, uno de los problemas que enfrenta la Asada son las altas presiones y derrumbes que rompen las tuberías de conducción. Cabe destacar que uno de los problemas más grandes que se presenta es el de la contaminación de las nacientes por residuos de un plaguicida que proviene del clorotalonil, debido a esto las comunidades se han visto afectadas, ya que a pesar de que los sistemas siguen suministrando agua, esta no se puede consumir por lo que se usa únicamente para lavar o bañarse. Para que las personas de la comunidad puedan consumir agua la Asada coordinó junto con el AyA para que camiones cisterna pasen cada cierto tiempo repartiendo agua.

Tecnológico de Costa Rica

En el Tecnológico de Costa Rica (TEC) se realizó un proyecto final de graduación elaborado por la estudiante Sofía de los Ángeles Ramírez Vargas, el cual tenía como tema *Plan de mejoras para el acueducto de la Asada Suerre, Jiménez, Pococí, Limón*, donde habla acerca de las mejoras que haría al acueducto y el proceso para lograrlo. Uno de sus objetivos fue el cálculo de las dotaciones para verificar si los caudales podían abastecer a la población con una proyección de 20 años. En la Asada Suerre al tener dos sistemas independientes tuvo que hacer los análisis para cada uno por separado, concluyó que la Asada cuenta con suficiente agua para abastecer la demanda actual y futura.

Sin embargo, para el primer sistema, en cuanto al tanque de almacenamiento, este no cuenta con la capacidad requerida para abastecer el volumen de regulación, volumen de incendios y volumen por interrupciones del año en el que se llevó a cabo dicho proyecto. Por lo tanto, una de las recomendaciones fue instalar un tanque de almacenamiento más grande para abastecer a la

comunidad de Suerre hasta el año 2026 y luego otro tanque con menor capacidad de volumen para abastecer a la comunidad hasta el año 2041, todo con base en el estudio (Ramírez Vargas, 2021).

Universidad Católica de Colombia

Un proyecto similar lo realizó Andrés Felipe Arboleda Triviño junto con su compañero Brayan Alejandro Ruiz Corredor ambos de la Universidad Católica de Colombia. Su proyecto final de graduación se basó en el *Diagnóstico y mejoramiento del sistema de acueducto del municipio de Mesitas del Colegio (Cundinamarca)* (Triviño y Corredor, 2017).

El problema que se presenta en dicho municipio es similar al de las Asadas en nuestro país, los acueductos rurales presentan desabastecimiento de agua a la población. Según indican en su proyecto el problema se evidenciaba en las estructuras de mayor importancia del acueducto que eran en la bocatoma (el problema estaba en que la estructura de concreto y las rejillas presentaban deterioro) y en el desarenador (este presentaba problemas en el dimensionamiento, ya que su diseño no cumplía con la capacidad debida). Después de hacer los cálculos y los análisis de resultados, llegaron a la conclusión de que la bocatoma estaba sobre dimensionada y presentaba daños considerables por lo que recomendaron realizar una adecuación, lo que disminuye las dimensiones de la bocatoma, pues al ser más pequeña igual cumpliría con el diseño y en el ámbito económico ahorrarían en el mantenimiento. En cuanto al desarenador, se concluyó que no está en óptimas condiciones, ya que no cumple la función del proceso de tratamiento de agua, por lo que recomendaron construir una nueva (Triviño y Corredor, 2017).

Planteamiento del problema

Debido a las alturas del terreno y lo viejo del sistema la mayor parte cuenta con tuberías que no se han reemplazado por más de 20 años, la población ha crecido y las presiones que antes eran adecuadas para ciertos hogares ahora son pocas. Otro problema que también se presenta es que en muchos sectores la presión es mucha por lo que presentan fugas constantes, ya que las tuberías no soportan las altas presiones y se revientan. Actualmente, uno de los problemas más grandes que están teniendo es la contaminación de una naciente, pues en unas pruebas que realizó el Ministerio de Salud hallaron:

En contexto y la situación actual en cuanto a la labor que realizan las ASADAS en materia de prestación de servicios de abastecimiento de agua potable y saneamiento, se puede

caracterizar por un incremento de la demanda de recurso hídrico para consumo humano y para otros usos, incluyendo los productivos. En contraposición de una oferta hídrica amenazada por los efectos del cambio climático, un aumento en las actividades que podrían contaminar o que contaminan efectivamente las fuentes de agua de las cuales se abastecen las comunidades, y una fragilidad en la gestión comunitaria de los servicios de abastecimiento de agua potable y saneamiento ya que solo alrededor de 100 de las 1498 ASADAS reconocidas tienen las condiciones óptimas para la operación (Astorga Espeleta *et al.*, 2015, p. 20).

La Intendencia de Agua de Aresep con la colaboración del Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad Nacional realizaron un seguimiento detallado de la situación de los acueductos comunales en el ámbito nacional. Lo anterior tiene el fin de conocer su gestión y las condiciones en las que se presta el servicio de agua potable a los usuarios (Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, 2022).

Según dichos análisis, la mayor parte de los acueductos presentan situaciones de vulnerabilidad sanitaria de bajas a intermedias en las fuentes, tanques de almacenamiento y redes de conducción y distribución. Entre el 10 % y 15 % de los acueductos rurales muestran vulnerabilidades altas o muy altas por la poca capacidad operativa para brindar un mantenimiento poniéndose en peligro la calidad del agua suministrada (Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, 2022).

Además, el 12.3 % de las Asadas que se visitaron no cuentan con un sistema de desinfección. A los acueductos pequeños se les dificulta la inversión de ese tipo de sistema, por lo que se les imposibilita realizar un control adecuado de la calidad del agua, lo que no garantiza que el agua que distribuyen sea apta para el consumo humano (Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, 2022).

En dichos análisis se presentó ausencia de cloración y la presencia de coliformes fecales, lo cual es un dato alarmante. También se presentaron algunos metales pesados como hierro, manganeso, plomo y mercurio, entre otros (Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos, 2022). Al realizar el plan de mejoras se espera encontrar una solución factible para la Asada Santa Rosa de Oreamuno y, a la vez, determinar si las fuentes son lo suficientemente capaces de abastecer nuevos usuarios.

Objetivo general

Realizar un diagnóstico para la Asada Santa Rosa de Oreamuno, mediante un modelo hidráulico para que se identifiquen mejoras en la red a un corto o mediano plazo.

Objetivos específicos

1. Evaluar hidráulica el funcionamiento del acueducto.
2. Caracterizar a la población en estudio.
3. Recopilar la información geográfica de la zona en estudio.
4. Proponer soluciones para los problemas hidráulicos que se encontraron.
5. Generar un documento de recomendaciones para el mejoramiento del sistema.

Justificación

El motivo por el cual se pensó en este proyecto de un plan de mejoras para el sistema de agua potable de la Asada Santa Rosa de Oreamuno se debe a que el aumento de la población, falta de asesoría técnica, infraestructura deficiente, pobre gestión financiera y administrativa, han llevado a que las Asadas presenten problemas en el momento de gestionar el recurso hídrico. Estas entidades al ser sin fines de lucro deben velar por su propio bienestar, por lo que muchas veces se les dificulta la creación o mantenimiento de las infraestructuras que se encargan de potabilizar y distribuir el agua.

La Asada Santa Rosa de Oreamuno, pese a ser un acueducto bastante organizado en muchos aspectos, ha presentado problemas de abastecimiento de agua, ya que la población en la comunidad ha aumentado por lo que con este plan de mejoras se pretende apoyar a la Asada. Lo anterior tiene el fin de brindar un mejor servicio de calidad y abastecimiento. Sin embargo, cabe destacar que pueden surgir imprevistos como los desastres naturales que pueden afectar la estructura del acueducto o las fuentes de agua.

Se debe saber que el agua es uno de los recursos más importantes por lo que el uso que se le da debe ser el adecuado, ya que en estos tiempos el recurso es más difícil de conseguir en cuanto a calidad y cantidad. Según Garita Granados y Quesada Araya (2019):

En un mundo donde diversos detonantes están afectando la calidad de nuestros mantos

acuíferos, ríos y por ende del agua que consumimos, tener acceso al agua es un tesoro invaluable.

Pese a ello, necesitamos avanzar en diversos aspectos que nos permitan lograr un mayor desarrollo de cara hacia el futuro, y estos son la educación y el saneamiento. Justamente ahí radica la debilidad nuestra, señala el DR. Darner Mora, director del Laboratorio Nacional de Aguas de Acueductos y Alcantarillados (s. p.).

A pesar de que se han logrado buenos resultados en cuanto a alcances y programas de calidad, aún quedan factores por aclarar. Algunos de ellos son que el agua y el saneamiento son vitales para una salud pública de calidad y que debe existir un compromiso por parte de los usuarios para darle a esta un manejo responsable. El acceso al agua potable de calidad y el acceso a saneamiento son de los factores determinantes fundamentales para la salud (Garita Granados y Quesada Araya, 2019).

El agua de calidad potable es fundamental para la ingesta, para la vida cotidiana, pero también es un alimento rico en minerales y el único que se consume todos los días, durante toda la vida. Para que sea un alimento, debe cumplir con ciertas características fisicoquímicas y microbiológicas; para eso existe la vigilancia y el control de la calidad del agua, afirma Darner Mora, director del Laboratorio Nacional de Aguas de AyA (Garita Granados y Quesada Araya, 2019, s. p.).

Alcances y limitaciones

Alcances

- Aplicar la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, versión 2017, para establecer las medidas correctivas y de mejora.
- Identificar con base en el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias para Edificaciones del CFIA, edición 2017, los problemas técnicos que esta suministra a los usuarios.
- Realizar una propuesta que cuente con factibilidad económica y técnica que busque subsanar las necesidades de la Asada mediante la evaluación del sistema actual.

- Caracterizar a la población según las bases de datos del INEC y la Asada.

Limitaciones

- La información bibliográfica del sitio en estudio es sumamente escasa.
- No se aportan planos del acueducto por lo que se requiere de programas que pueden ser menos exactos.
- Se trabaja con documentos aportados de la Asada que pueden no estar actualizados.

Impacto

Según la Política Regulatoria sobre el acceso al Agua Potable y Saneamiento de aguas residuales:

Toda persona tiene el derecho humano, básico e irrenunciable de acceso al agua potable, como bien esencial para la vida. El agua es un bien de la nación, indispensable para proteger tal derecho humano.

Su uso, protección, sostenibilidad, conservación y explotación se regirá por lo que establezca la ley que se creará para estos efectos y tendrá prioridad el abastecimiento de agua potable para consumo de las personas y las poblaciones (Procuraduría General de la República, 2022, párr. 1-2).

Costa Rica junto con Chile son los únicos países donde es seguro beber agua potable en Latinoamérica. Esto gracias a la planificación y organización, el alcance de la población que recibe agua de calidad, potable y segura en Costa Rica es de un 91.2 %. Sin embargo, se debe recordar que el agua es un recurso que puede agotarse, por lo que es necesario avanzar en diferentes aspectos que permitan un mayor desarrollo frente al futuro y estas son la educación y el saneamiento (Garita Granados y Quesada Araya, 2019).

La situación actual del modelo de gestión AyA-ASADAS requiere de acciones que permitan, a partir de una serie de oportunidades identificadas, mejorar la prestación de servicios de abastecimiento de agua potable y saneamiento brindados por las ASADAS. Esas oportunidades permitirán generar una nueva manera de visualizar, entender y gestionar el recurso hídrico y la prestación comunitaria de los servicios de agua potable y

saneamiento, así como mejorar el servicio a través del fortalecimiento de la capacidad de gestión de las ASADAS (Fernández, 2015, s. p.).

La realización de este proyecto traerá un gran impacto a la comunidad de Santa Rosa ubicado en Oreamuno, en diferentes campos, como el económico, ya que al mejorar el acueducto este puede brindar nuevos servicios de conexión y así colaborar con el desarrollo de la comunidad. En lo social, al ofrecer nuevas conexiones no solo se tomarían en cuenta las viviendas, sino también los negocios que generarían ingresos que aportan a la economía de la comunidad, actualmente, el acueducto cuenta con 855 usuarios activos. Como en la zona se practica la agricultura y la ganadería y muchas personas requieren de este servicio para regar sus plantaciones o alimentar a los animales también se ayudaría en el aspecto laboral. Al completar los objetivos propuestos se espera optimizar y solucionar los problemas técnicos y de abastecimiento que se presentan.

Hipótesis

El presente, al ser un proyecto de graduación, no presenta este apartado.

Capítulo I. Fundamentación teórica

Fuentes de abastecimiento de agua potable

Según Espinoza López (2021):

La obtención del agua potable es el primero y el más importante paso en el proceso de establecimiento de una Asociación administradora de sistemas de acueductos comunales, ya que sin la obtención de este líquido el abastecimiento a la población se vuelve un proceso inviable (p. 21).

Este se puede obtener en fuentes superficiales, según AyA (2017):

Tipo de fuentes incluye ríos, quebradas, lagos, lagunas y embalses y excepcionalmente agua salina y agua salobre; la explotación de dichas aguas superficiales puede realizarse principalmente mediante represamientos, tomas laterales o tomas de captación directa. Aunque las aguas de lluvia no se consideran fuentes superficiales, podrían ser consideradas como una fuente adicional (s. p.).

“Estos medios generadores del recurso deben cumplir con las condiciones sanitarias para poder ser utilizada para el consumo humano” (Espinoza López, 2021, p. 21). Según el AyA (2017) se observa que, en la Tabla 1, de las 4540 Asadas existentes en el país, 900 se abastecen de pozos, 3338 de nacientes y 302 de fuentes superficiales.

Tabla 1
Inventario de fuentes de abastecimiento por tipo y Ente operador periodo 2020

Ente operador	Fuentes de abastecimiento			
	Total	Pozos	Nacientes	Superficiales
AyA	597	332	204	61
Municipalidades	453	54	365	34
ESPH	84	53	20	11
CAAR/Asadas	4.540	900	3.338	302
Totales	5.674	1.339	3.927	408

Nota. Tomado de Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (2017).

Captación

La captación es una estructura o equipamiento y demás elementos necesarios que permite la recolección de agua de una fuente superficial o subterránea para un sistema de agua potable (AyA, 2017).

Desarenador

El desarenador es el tratamiento primario que se le da al agua recolectada de la fuente para lograr su desinfección antes de distribuirse y que sea apta para consumo humano. La desinfección es el proceso fisicoquímico unitario, cuyo objetivo es garantizar la inactivación o destrucción de los agentes patógenos en el agua. Cabe destacar que no todos los acueductos cuentan con este tipo de componente. En el caso de la Asada Santa Rosa de Oreamuno, esta no cuenta con desarenador, su método de desinfección es por medio de cloradores hechizos ubicados en tanques específicos (AyA, 2017).

Tanque de reunión o planta potabilizadora

El tanque de reunión o planta potabilizadora se encarga de reunir el agua que proviene de las fuentes. Según el AyA (2017):

Una planta potabilizadora es un conjunto de infraestructuras, equipamiento y demás

elementos necesarios para ejecutar los procesos de potabilización del agua proveniente de una o varias fuentes de abastecimiento; incluye todo proceso de pretratamiento, tratamiento y postratamiento, así como tratamientos especiales o no convencionales requeridos para suministrar agua para abastecimiento poblacional. También, incluye la correcta disposición de desechos que se generen en cada unidad de tratamiento, cumpliendo con la legislación nacional y normativa técnica aplicable (s. p.).

Tuberías de conducción

Las tuberías de conducción se encargan de conducir el agua al tanque de almacenamiento, pueden funcionar por gravedad según las condiciones del terreno o se pueden utilizar bombas. Las bombas son dispositivos mecánicos que imprimen energía cinética al fluido, lo que aumenta su presión. Para diseñar el sistema de conducción de un acueducto se debe primero hacer un diseño hidráulico, el cual consiste en calcular el caudal con el que se diseña, que para tuberías de conducción que estén antes del tanque de almacenamiento debe ser el caudal máximo diario. Se deben estimar los diámetros de las tuberías, la velocidad, golpe de ariete, las presiones, pérdidas locales y por fricción.

Tanques de almacenamiento

Después de haber pasado por el proceso de desinfección el agua pasa por las tuberías de conducción hasta llegar a los tanques de almacenamiento. Estos tanques tienen como propósito almacenar el agua apta para consumo y distribuirla a la población. Se debe tomar en cuenta que el consumo de la ciudadanía no es constante, sino que varía según el día y la hora por lo que otro de los propósitos de los tanques de almacenamiento es regular las variaciones de consumo almacenando agua en las horas que se consume menos, de forma que en el momento en el que la demanda es mayor el suministro se complete con el agua almacenada.

Población de diseño

El AyA (2017) indica que esta se debe calcular a partir del número de unidades habitacionales que contempla el proyecto multiplicado por el factor de hacinamiento. Este corresponde al valor que se obtiene del último censo de población del distrito.

Para el cálculo de la población correspondiente a las unidades que no son habitacionales, se deben aplicar los valores que se detallan en la Tabla 2 para determinar una equivalencia con el consumo de una unidad habitacional. Lo anterior permite estimar el parámetro de población y el consumo respectivo en proyectos cuya actividad esencial es de naturaleza comercial, industrial u otra distinta a la habitacional (AyA, 2017).

Tabla 2

Cálculo de servicios equivalentes según el tipo de actividad por desarrollar

Tipo de actividad del nuevo desarrollo	Unidades de cálculo (UC)	Unidad de consumo equivalente (UCE) o servicios equivalentes (SE)*
Hoteles, moteles	Habitación	Un servicio equivalente por cada 3 unidades de cálculo.
Escuelas, colegios o centros educativos y capacitación	Estudiante	Un servicio equivalente por cada 25 unidades de cálculo
Bodegas, industrias o centros de acopio, almacenamiento y distribución	Metro cuadrado de área de parcela o predio (lo que incluye parqueos y áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio equivalente por cada 500 unidades de cálculo
Restaurantes, sodas, bares y similares	Metro cuadrado de área de parcela o predio (lo que incluye parqueos y áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio Equivalente por cada 100 unidades de cálculo
Locales comerciales, Centros comerciales, oficinas administrativas y bancarias (industrial o general)	Metro cuadrado de área de parcela o predio (lo que incluye parqueos y áreas verdes y excluye áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio equivalente por cada 200 unidades de cálculo
Parcelamiento agrícola con frente a calle pública	Metro cuadrado del área de parcela	Un servicio equivalente por cada 500 unidades de cálculo

Parcelamiento agrícola con frente a servidumbre	Metro cuadrado del área de parcela	Un servicio equivalente por cada 5000 unidades de cálculo
Centros de recreación, turísticos de <i>club</i> campestre	Metro cuadrado de área de parcela o predio (lo que incluye parqueos y áreas verdes y excluye áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio equivalente por cada 200 unidades de cálculo

Nota. (*) Un servicio equivalente se aplica para actividades distintas a la de los proyectos esencialmente habitacionales (residencias, finca filial, condominios habitacionales o apartamentos), se hace corresponder con una unidad habitacional simplemente para facilitar el cálculo total del consumo de agua del proyecto que es requerido para estimar la población de diseño.

En proyectos mixtos (varios tipos de actividades) el cálculo de unidades equivalentes debe realizarse de manera independiente para cada tipo de actividad; el valor final será la suma de las unidades habitacionales y todas las unidades equivalentes.

En caso de que el tipo de actividad no este contemplada dentro de la clasificación indicada en la tabla anterior, se debe someter al AyA una propuesta para el cálculo de servicios equivalentes, aportando la documentación de respaldo (AyA, 2017, s. p.).

Periodos de diseño

Obras de captación y toma

Para periodos de diseño se debe comenzar por las obras de captación y toma, el cual se inicia por medio de un cálculo del caudal. Para dicho cálculo se debe tomar una muestra del río o de la quebrada de donde se extrae el agua (se incluye al desarenador) y una muestra del caudal de una captación de naciente (25-30 años). El valor que se selecciona depende de dos factores, el primero es el caudal del cuerpo de agua y el segundo es el caudal de diseño al plazo mayor que sea posible basado en la capacidad del cuerpo de agua en época de estiaje y las regulaciones que en esta materia estén vigentes según la legislación.

Tubería de aducción

Consiguientemente, para una tubería de aducción por donde fluya agua cruda o agua que únicamente vaya a requerir desinfección (25-30 años). El valor que se selecciona debe ser el mismo que se utilizó en la toma o captación.

Planta potabilizadora

En el caso de una planta potabilizadora, de acuerdo con las tendencias de crecimiento de la población, se deben elegir periodos de diseño 1B y que sean más largos para crecimientos más

rápidos (modificado por el Acuerdo de Junta Directiva 2021-0004). Según la función del crecimiento se deben aplicar dos diferentes factores. Primero, se debe tomar en cuenta el crecimiento bajo (que es menos del 3 % anual), de 20 a 25 años. El valor depende de dos factores nuevamente, del caudal del cuerpo de agua y el caudal de diseño al plazo mayor y de las facilidades para ampliar la capacidad de la planta (AyA, 2017).

El segundo factor para tomar en cuenta según la función de crecimiento es el crecimiento alto (igual o mayor al 3 %), de 15 a 20 años. Dicho crecimiento depende del caudal del cuerpo de agua y también del caudal de diseño al plazo mayor y de las facilidades para ampliar la capacidad de la planta (AyA, 2017).

El nivel de crecimiento se obtiene del promedio de los últimos dos censos poblacionales y el ajuste que corresponde a la última proyección según los datos del INEC sobre el crecimiento de población. Se debe tomar en cuenta la zonificación y las proyecciones de crecimiento que están ya establecidas en el plan regulador que cada cantón posee (AyA, 2017).

Tanque de almacenamiento

Para los tanques de almacenamiento el periodo es de 25 años. Cuando los proyectos no son de desarrollo urbanístico, se debe dejar previsto en el terreno el espacio para construir otro tanque de dimensiones similares. Los tanques se pueden diseñar por etapas cuando el volumen es mayor que 2000 m³ (AyA, 2017).

Tuberías de conducción y distribución

Para líneas de tubería de conducción de agua tratada el periodo es de 25 años y para las líneas de tuberías de distribución el tiempo sería de 20 años (AyA, 2017).

Estaciones de bombeo

En el caso de estaciones de bombeo el periodo establecido es de 20 años, para bombas y motores el periodo es de 10 a 15 años y para los equipos de desinfección el periodo es de 5 años (AyA, 2017).

Dotaciones

Para las dotaciones, el diseño del sistema de abastecimiento requiere aplicar algunas dotaciones brutas (modificado por Acuerdo de Junta Directiva 2021-0004), como los datos de los patrones de consumos y demandas de la localidad que está en estudio, según los datos reales que sean aportados por el operador del sistema de abastecimiento, siempre y cuando estos se sometan a un análisis estadístico que los valide. Otra dotación es que cuando no existan datos reales de los patrones de consumo y de demandas de la localidad en estudio, se deben utilizar los siguientes valores mínimos: poblaciones rurales: 200 l/p/d; en caso de zonas rurales costeras se aplica la dotación establecida para *población costera*; para las poblaciones urbanas: 250 l/p/d y para las poblaciones costeras: 300 l/p/d y para la Gran Área Metropolitana: 250 l/p/d (AyA, 2017).

Las dotaciones que se indican anteriormente corresponden al consumo poblacional de agua potable. Por lo tanto, no aplican para calcular la demanda de agua que se requiere como materia prima o insumo de procesos industriales, agroindustriales u otros (AyA, 2017).

Factores de demanda máxima

Para los factores de demanda máxima, para el diseño del sistema de abastecimiento se deben aplicar los siguientes factores, según el AyA (2017):

El caudal máximo diario debe ser igual a 1,2 veces el caudal promedio diario. Eso quiere decir que el factor máximo diario (FMD) es de 1,2. Además, se debe aplicar el factor que el caudal máximo horario vaya a ser igual a 1,80 veces el caudal máximo diario. Es decir, el factor máximo horario (FMH) es 1,80. En estos casos se formula de la siguiente manera.

- $QMD = QPD \times FMD$.
- QMD: significa caudal máximo diario.
- QPD: significa caudal promedio diario.
- FMD: significa factor máximo diario.

Caudal de incendio y ubicación del hidrante

Para el caudal de incendio y ubicación del hidrante, el caudal de incendio, la ubicación y el tipo de los hidrantes que se requieren para el proyecto, así como cualquier otro sistema que sea

alternativo o con volúmenes de reserva, deben definirse de forma tal que se cumpla con los requerimientos técnicos que establece de manera muy clara el Benemérito Cuerpo de Bomberos, de conformidad con lo dispuesto en la Ley n.º 8641 y sus reformas y en el Reglamento a la Ley n.º 8641 vigente y en La Ley n.º 8228 y sus reformas y en el Reglamento a la Ley n.º 8228 vigente (AyA, 2017).

Caudal coincidente

El caudal coincidente se debe calcular a partir de la suma del caudal máximo diario junto con el caudal de incendio. Todo punto del desarrollo que vaya a contener algún tipo de infraestructura de vivienda, comercio o servicios, se debe quedar a una distancia máxima de 90 m de cualquier hidrante. Lo dicho no incluye zonas verdes, zonas recreativas o parques (AyA, 2017).

Carga hidráulica

Diseño de redes

Para el diseño de redes, para desarrollos urbanísticos que vayan a incluir sus propios tanques de almacenamiento y de regulación la carga hidráulica de análisis (m s. n. m.) se define para el nivel medio del agua del tanque (m s. n. m.). Para desarrollos urbanísticos que no cuentan con un tanque de almacenamiento que se tenga que conectar a sistemas de distribución existentes, la carga hidráulica de análisis (m s. n. m.) se define por la elevación del terreno (m s. n. m.) y por el rango de presiones (tanto máxima y cómo mínima) que indique el ente operador en relación con el punto de conexión de la red existente. La carga hidráulica de análisis se aplica en el punto de la interconexión del desarrollo al sistema de la distribución que ya existe (AyA, 2017).

Condición para caudal máximo diario

La condición para caudal máximo horario se distribuye entre todos los nudos de la demanda de la red que se analiza. Para esta condición la red debe diseñarse para que en todo punto o nudo de la red, la presión del servicio (también conocida como presión nodal) sea mayor o igual a 15 mca (1,5 kg/cm²).

Condición para atención de incendios

En el caso de la condición para atención de incendios el caudal máximo horario se distribuirá entre todos los nudos de demanda de la red que se presta para el análisis. El caudal de

incendio se distribuirá entre todos los hidrantes contiguos que estén más alejados o críticos de la red del desarrollo (tales como condominios, fraccionamientos, parcelamientos o urbanizaciones). Para esta condición la red debe diseñarse de manera que en todo punto o en todo nudo de la red, la presión de servicio sea mayor o igual a 15 mca (1,5 kg/cm²) (AyA, 2017).

Condición para redes abiertas

Para la condición para redes abiertas, el análisis y el diseño de las redes de agua en desarrollos que están compuestos por ramales extendidos que no están no interconectados (o sea, redes abiertas), el caudal de incendio de diseño para cada ramal debe ser considerado el caudal máximo diario que está acumulado de cada ramal, desde el tanque o desde el punto de la interconexión a la red existente de distribución. Para la verificación de lo indicado, todos los proyectos deben presentar la información con el detalle que se solicita en el Anexo 1. Lo anterior incluye la información para la condición del caudal máximo horario, así como para la de caudal coincidente (AyA, 2017).

Caudal de producción

Para los proyectos que poseen abastecimiento propio por medio de la concesión se debe presentar una copia del documento de la concesión de explotación del pozo o alguna otra fuente de abastecimiento. El caudal que se concede como mínimo debe ser igual al caudal máximo diario cuando el proyecto contemple el almacenamiento y al caudal máximo horario cuando el proyecto no tome en cuenta el almacenamiento. Además, se debe aportar la prueba de bombeo o los aforos de las otras fuentes de abastecimiento según lo que corresponda y los estudios técnicos respectivos (AyA, 2017).

Capacidad del sistema

Red de distribución

La red de distribución se diseña para el caudal que sea mayor entre el caudal coincidente y el caudal máximo horario. Se deben presentar los resultados de la modelación y de la memoria de cálculo correspondiente. En los proyectos que se conceptualicen por etapas y que estas conformen un solo y único sistema se deben presentar de forma integral en un solo diseño con sus respectivos cálculos. El proyecto debe mostrar la integración de todas las etapas del sistema (AyA, 2017).

Tanques de almacenamiento

Los tanques de almacenamiento deben tener al menos la capacidad requerida para tres aspectos importantes. El primero es compensar las fluctuaciones horarias de la demanda, el segundo es combatir incendios cuando el diseño propuesto así lo contemple y, por último, está la reserva por interrupciones.

Volumen de regulación del consumo. Se trata del volumen que es necesario para compensar las fluctuaciones horarias del consumo. Debe determinarse para cada caso en particular, de manera que se utilicen curvas de consumo que sean reales, en caso de que no se disponga de la información anterior y si el caudal que proporcionan la alimentación del tanque es constante e igual al caudal promedio que es necesario por la zona que se abastece por el depósito, se le aplicará un volumen que es equivalente al 14 % del volumen del promedio diario (AyA, 2017).

Volumen de reserva para incendios. Este volumen es el que corresponde a la cantidad de agua que es necesaria para suministrar el caudal de incendio. Lo anterior de conformidad con lo establecido en la sección donde se explicó sobre el caudal de incendio y ubicación del hidrante (AyA, 2017).

Volumen de reserva por interrupciones. Es el volumen de reserva por interrupciones en la prestación del servicio, que debe ser como mínimo el volumen que corresponde a un periodo de cuatro horas del caudal promedio diario (AyA, 2017).

Volumen total de almacenamiento. En el caso de este volumen, es el resultado de la suma del volumen que se indicó en las secciones donde se explicó sobre volumen de regulación del consumo, de reserva para incendios y de reserva por interrupciones (AyA, 2017).

Otros componentes

En sistemas por gravedad, la toma, la captación y las líneas de aducción deben diseñarse de forma que se aplique el caudal máximo diario y se le adicione el caudal calculado para el lavado de filtros, si esto corresponde con el diseño que se propuso. En sistemas por bombeo, los elementos que corresponde se diseñan para el caudal de bombeo (que es el caudal máximo diario multiplicado por 24 y dividido por el número de horas diarias de bombeo) (AyA, 2017).

En sistemas con planta de tratamiento, la captación y las líneas de aducción se diseñan de manera en la que se considere el caudal de lavado de la planta más el caudal máximo diario. Este caudal de lavado se puede estimar según el rango y frecuencia de turbiedades en el agua cruda, esto se obtiene de los estudios básicos para el diseño de la planta potabilizadora. En sistemas con planta de tratamiento, las líneas de conducción hasta el tanque de almacenamiento se ven diseñados con el caudal máximo diario (AyA, 2017).

Velocidad

Para la velocidad, la máxima que se establece en redes de distribución es de 3,0 m/s. La velocidad máxima en líneas de conducción y de aducción es de 5,0 m/s y la mínima es de 0,60 m/s. En los casos en los que se haya obtenido valores de velocidad que sean inferiores al mínimo establecido, prevalecerá el criterio de diámetro mínimo de la tubería (AyA, 2017).

Presiones

Para las presiones, la estática máxima es de 50 m columna de agua (mca) en el punto más bajo de la red. Se establece que se permiten en puntos aislados las presiones de hasta 70 mca cuando el área de servicio sea muy quebrada. La presión dinámica de servicio no puede ser menor que 15 mca en la interconexión con la red de distribución, en el punto crítico de la red (AyA, 2017).

Dimensionamiento de tuberías

Las tuberías se deben dimensionar de manera que se apliquen las fórmulas de Hazen y Williams u otras. Se puede aceptar la aplicación de otras fórmulas, pero se debe aportar la debida justificación y documentación técnica, lo cual quedará sujeto a la aprobación del AyA (2017). Los coeficientes máximos para la fórmula de Hazen y Williams (C), según el tipo de material, son los que se detallan a continuación:

Figura 2
Material y valor máximo de C

Material	Valor máximo de C (Adimensional)
Polietileno de Alta Densidad (PEAD)	130
Cloruro de Polivinilo (PVC)	130
Concreto	120 - 140
Hierro galvanizado	120
Hierro dúctil	120
Hierro fundido ^a	130
Hierro fundido (10 años de edad)	107 - 113
Hierro fundido (20 años de edad)	89 - 100
Hierro fundido (30 años de edad)	75 - 90
Hierro fundido (40 años de edad)	64 - 83
Acero	130
Acero ^a	140 - 150
Acero rolado	110
Cobre	130 - 140

(a) Se refiere al material utilizado en productos fabricados durante los últimos 10 años.

Nota. Tomado de AyA (2017).

Si fuera el caso de que el material no esté previsto en la tabla que se presentó, la situación debe someterse al AyA junto con una propuesta para el valor de C. Asimismo, se debe aportar la documentación de respaldo para el material que se propuso. AyA se reserva el derecho de aceptar o no el valor propuesto o de indicar el valor que se aprueba para que se utilice en el diseño (AyA, 2017).

Presión interna en tuberías

Las tuberías deben tener la capacidad de soportar la presión estática interna más las sobrepresiones por golpe de ariete, pero en ningún caso dicha capacidad es menor que 100 mca (que significa presión nominal de trabajo), con dos excepciones que se explican a continuación.

La primera es que en líneas de conducción y de aducción, cuando el cálculo hidráulico lo permita, las tuberías deben ser resistentes a la presión estática interna, más las sobrepresiones por golpe de ariete, no obstante, en ningún caso la resistencia de las tuberías es menor que 80 mca. La segunda es en redes de distribución de acueductos rurales, cuando el cálculo hidráulico lo permita, las tuberías deben ser resistentes a la presión estática interna más las sobrepresiones por golpe de ariete. Pero, en ningún caso, la resistencia de las tuberías es menor que 80 mca (AyA, 2017).

Las tuberías también deben ser resistentes a las cargas exteriores que se producen por el material de relleno de las zanjas y por las cargas móviles; al impacto en caso de las tuberías instaladas sobre el terreno, a la corrosión por acción química del agua y del suelo, a las presiones negativas, la dilatación y ante cualquier otro elemento cuyo efecto pueda ser previsible según las condiciones de construcción y de servicio (AyA, 2017).

Diámetro mínimo

Cuando el diámetro nominal de la tubería a la cual se interconectará la nueva red del proyecto es de 100 mm o menos, el diámetro nominal mínimo de la tubería de la interconexión del hidrante debe ser de 100 mm. Cuando es igual o mayor que 150 mm, la interconexión del hidrante debe ser de 150 mm (AyA, 2017).

Se puede aceptar un diámetro de 75 mm en sitios de desarrollo que sean limitados, tales como rotondas y martillos. Pero, únicamente cuando en ese tramo no se instale un hidrante (AyA, 2017).

En líneas de conducción y de aducción, el diámetro mínimo establecido de la tubería es el que determine el cálculo hidráulico. El diámetro interno de la tubería corresponderá al que se indique en la norma de la fabricación del tubo según el diámetro nominal seleccionado (AyA, 2017).

Prevista

La tubería para una prevista de estilo domiciliario debe tener un diámetro nominal entre 12 y 13 mm, ambos inclusive. Cuando se requiera de una conexión con un tubo de un diámetro nominal superior a los 13 mm se deben aportar para su análisis las memorias de cálculo de la

demanda interna. El diámetro interno de la tubería corresponderá al que se indique en la norma de fabricación del tubo según el diámetro nominal que se seleccionó (AyA, 2017).

Requisito de materiales y de construcción

Tubos y accesorios

Conductos circulares. Los tubos que se incorporen al sistema de recolección deben ser de sección circular. El material del tubo para las conexiones de estilo domiciliarias debe ser polietileno de alta densidad (el cual se conoce por sus siglas en inglés como HDPE) en DR. 9 (AyA, 2017).

El material de la tubería para las líneas de conducción, las de aducción o de los otros componentes del sistema de abastecimiento de agua potable debe corresponder con los materiales indicados en la tabla que se presentó, con el nombre de Tabla 2. No se permite usar tubería PVC-SDR-41 en los sistemas de abastecimiento de agua potable. Lo anterior no excluye los casos en donde la presión operativa máxima lo permita (AyA, 2017).

Los accesorios de los tubos y las juntas o uniones correspondientes son los que se hayan indicado o las que se recomienden en las normas técnicas de la fabricación del tubo. Además, los accesorios deben ser resistentes a la presión máxima calculada por el diseñador. Pero, que en ningún caso sea menor que la resistencia del tubo al cual se conecta el accesorio (AyA, 2017).

En tubos plásticos se acepta junta elastomérica (que sea de empaque de hule). Se aceptan uniones electro fusionadas o termo fusionadas únicamente en el caso de que la norma técnica de fabricación del producto (tubo) o la del accesorio o la que aplica para la técnica o procedimiento de termofusión o electro fusión lo permita (AyA, 2017).

Los tubos y accesorios que se seleccionen deben cumplir con alguna de las normas técnicas que se detallan en el Anexo 3. Para cada tipo de tubo y sus accesorios, al igual que para la clase de unión, se debe indicar la norma de la fabricación, las cuales deben permitir el cumplimiento de los requisitos técnicos que se establecieron en el documento escrito por el AyA (2017).

Cuando se seleccionen tubos de polietileno también debe indicarse el código del compuesto plástico (PE) que determina la resina que se utiliza y las propiedades del plástico. Este código debe cumplir con la clasificación establecida en la norma INTE 16-05-10, que consta de la letra *P*

seguida de cuatro dígitos: el primer dígito identifica la densidad del polietileno, el segundo indica la resistencia al agrietamiento y los dos últimos identifican el esfuerzo hidrostático de diseño (HDS) a 23 °C en MPa (según lo que se estableció en la ASTM D 2837). Para el polietileno de alta densidad solo se aceptará que el primer dígito del código del compuesto sea 3 o mayor (AyA, 2017).

Ubicación de las tuberías. Las tuberías que conforman la red de distribución se deben ubicar en los costados norte y oeste de las avenidas y calles respectivamente, a 1,50 m del cordón del caño y a una profundidad mínima de 0,80 m sobre la corona del tubo a partir de la rasante de la calle. Cuando se requiera la instalación de tubería en rutas nacionales o cantonales la profundidad mínima debe ser de 1,00 m sobre la corona del tubo a partir de la rasante de la calle.

En las esquinas, todas las tuberías se interconectarán por medio de cruces y en todos los bordes de un cuadrante las tuberías se deben interconectar formando un circuito (llamado red cerrada). La distancia que hay entre las conexiones domiciliarias de la red de la distribución de agua potable y de la red terciaria de aguas residuales debe ser de al menos 1,50 m en planta (AyA, 2017).

Para el caso particular de los proyectos de abastecimiento para las urbanizaciones, los condominios o los fraccionamientos que incluirán parques perimetrales, se permite la colocación de la tubería en ambos lados de la calle (AyA, 2017).

Ubicación de la prevista. Cada predio debe contar con una prevista que sea independiente y exclusiva. La tubería tiene que quedar en un plano que sea horizontal y en posición perpendicular con respecto a la tubería de la red de distribución. La ubicación de la prevista se marcará con pintura de color rojo en el cordón de caño y también con una cruz marcada en bajorrelieve (AyA, 2017).

Instalación de la tubería. La tubería debe ser capaz de resistir las cargas permanentes debidas al relleno, las cargas temporales y el tránsito vehicular. El diseño tiene que ser apto para garantizar que durante la etapa constructiva no se vayan a originar deformaciones en las tuberías que puedan comprometer sus funciones. Los tubos deben cumplir con las normas, las técnicas de instalación indicadas o que se recomiendan en la misma norma de fabricación del tubo seleccionado o con las que se indiquen en el documento presentado por el AyA según corresponda.

Para tubos termoplásticos, si el proceso de instalación subterránea se realiza con apertura de zanja, se exige que se cumpla con la norma técnica INTE 16-02-02. Para tubos de polietileno, si el proceso de instalación fuera realizado con la técnica conocida como maxiperforación horizontal direccional se debe cumplir con la norma técnica INTE 16-05-13.

Los requisitos técnicos incluidos en este documento o en las normas técnicas de referencia, que se relacionan con la colocación de tubería, establecen requerimientos de ancho, profundidad y otros (como relleno, acostillado, fundación, etc.), que obedecen a las circunstancias de colocación de la tubería en el lugar para que funcione de forma óptima y correcta, según las condiciones de servicio. Por lo tanto, cualquier otro requisito que tenga como objetivo resguardar la seguridad de quienes trabajan y colaboran en los procesos constructivos, con base en las técnicas o tecnologías que se utilicen antes y durante el proceso de instalación, es un requerimiento que se debe considerar por quien tiene a cargo el procedimiento constructivo del proyecto, esto no excluye el cumplimiento con la legislación nacional en el área de seguridad e higiene, emitida por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social u otros organismos de acuerdo con el área de competencia (AyA, 2017).

El AyA se reserva el derecho de seleccionar los equipos o dispositivos y la tecnología más apropiada y óptima, para llevar a cabo los ensayos o las pruebas establecidas en esta norma técnica, incluidas las normas técnicas de referencia que en ella se citan, en relación con los requisitos técnicos que ya son establecidos. Lo anterior se realiza durante o al finalizar el proceso constructivo, y es de particular interés la verificación de los requisitos con respecto a elevaciones, inclinaciones, deformaciones, distorsiones, fisuras y cambios de dirección de la tubería (ya sea vertical u horizontal). Por lo tanto, estos inciden directamente en el funcionamiento correcto de las líneas de tubería según el diseño del sistema (incluido por Acuerdo de Junta Directiva 2021-0004) (AyA, 2017).

Prueba de presión. Las tuberías, antes de su recepción y una vez que están instaladas, se deben someter a una prueba de presión hidrostática que equivale a una y media vez la presión de trabajo del tramo de la tubería que se somete a prueba. No puede ser menor o inferior, en ningún caso, a 10 kg/cm^2 (100 m columna de agua) (modificado por Acuerdo de Junta Directiva 2021-0004) (AyA, 2017).

Esta presión de prueba se debe mantener durante un periodo no menor de una hora, durante el cual no se debe producir variación de descenso en el manómetro en ningún momento. Esta prueba debe aplicarse a secciones de tubería con una longitud máxima de 500 m, no más ni menos.

Los requerimientos de presión de la prueba tienen que considerarse como parte de los requisitos que determinan la selección de los componentes del sistema de tuberías y accesorios. Estos, a la vez, están determinados por las condiciones de servicio y por la presión que debe ser capaz de soportar el más débil de los elementos que integran el sistema (AyA, 2017).

Color de los tubos. Los conductos circulares que se vayan a utilizar en sistemas de abastecimiento de agua potable de estar fabricados en color verde. Para los tubos cuyo material sea distinto al policloruro de vinilo (PVC), tienen que fabricarse en color verde. Pero, se acepta que se fabriquen con cuatro franjas longitudinales de color verde si se diera el caso, además, tienen que ser de al menos 5 cm de ancho y separadas 90° entre sí (AyA, 2017).

Todos los tubos deben cumplir con el requerimiento de rotulado que está establecido en la norma técnica de fabricación respectiva (norma técnica de producto), cuyos caracteres se exige que sean totalmente visibles, legibles e indelebles, para garantizar la identificación correcta de la tubería durante y después de la instalación. En caso de que una norma técnica aplicable al tubo seleccionado incluya algún requisito o referencia sobre el color, ese requerimiento de esa norma no es válido, ya que únicamente prevalece el color establecido en este apartado (AyA, 2017).

Válvulas

Las válvulas del sistema de acueducto tienen que cumplir con lo que se detalla según el diseño propuesto. Estas deben ser de vástago no ascendente y de compuerta sólida (modificado por Acuerdo de Junta Directiva 2021-0004). Puede aceptarse que las válvulas hayan sido fabricadas en hierro dúctil, hierro fundido o acero (AyA, 2017).

En relación con la válvula de la compuerta y el cubreválvulas que se requieren para la instalación de hidrantes que se incorporen al sistema de abastecimiento de agua potable, se debe cumplir con los requisitos que se indican. Cada válvula, según su norma correspondiente de fabricación, tiene que permitir su integración con la tubería en la que debe instalarse. En el tema de la normativa de agua potable, para cada tipo se debe indicar la norma de fabricación, la cual debe permitir el cumplimiento de los requisitos técnicos que se establecen.

Requisitos específicos según el tipo de válvula

Válvulas de aire. Según el uso, se tienen tres tipos de válvulas de aire:

Eliminadora de aire: expulsa automáticamente pequeñas cantidades de aire disuelto presentes en el agua en los puntos altos.

Doble propósito: se encargan de expulsar o admitir aire a la tubería, según sea el caso de llenado o vaciado de la conducción.

Triple propósito: combina las funciones de los dos tipos de válvulas antes indicadas (AyA, 2017, s. p.).

Según indica el AyA (2017):

La ubicación de las válvulas de aire debe considerar las condiciones topográficas, su colocación debe ser en las zonas altas tanto para la admisión como eliminación de aire.

Para cada válvula indicada, se debe especificar el tipo de válvula a utilizar, ya sea de admisión, de expulsión o de eliminación de aire.

La selección del tipo de válvula de aire y su dimensionamiento debe sustentarse en parámetros hidráulicos según el diseño propuesto.

Las válvulas de aire deben instalarse dentro una caja o fosa de concreto armado, y se deben considerar todos los requerimientos estructurales derivados de las cargas de tránsito a las que estén sometidas. Los accesos de estas fosas deben garantizar las facilidades de ingreso y el desarrollo de las actividades de mantenimiento de las válvulas.

Para líneas de aducción, conducción e impulsión, además se colocan válvulas de aire al inicio y final en:

Trayectos horizontales.

Trayectos con pendiente continua y prolongada.

Trayectos de baja pendiente.

Únicamente, en los trayectos con las características anteriores, las válvulas de aire se deben separar cada 400 m a 800 m como máximo, el diseñador determinará la separación dentro de este rango.

En estaciones de bombeo se deben colocar aguas arriba de la válvula de retención, para la admisión y expulsión de aire en la tubería de impulsión. En los tanques provistos de macro

medidores se deben colocar válvulas de aire aguas arriba, para evitar imprecisiones de medición causadas por aire atrapado (AyA, 2017, s. p.).

Válvulas de purga. Las válvulas de purga son válvulas de compuerta, se deben ubicar en una tubería de derivación de la línea principal. Es decir, en una tubería lateral en los puntos bajos del trazado, donde exista la posibilidad de que se obstruya la sección del flujo por acumulación de sedimentos. Lo anterior permite facilitar las labores de limpieza de la tubería (AyA, 2017).

Según el AyA (2017):

Las válvulas deben estar protegidas por una estructura (caja) construida con paredes de bloques de concreto y losa de concreto con tapa (metálica o de concreto de 90 cm). Dicha estructura que debe ser resistente a las condiciones de cargas de tránsito a las que estén sometidos.

En líneas de aducción, conducción y distribución se deben ubicar en los puntos bajos del trazado y se deben tomar las previsiones para que exista la posibilidad de descargar a un cuerpo de agua natural u obra hidráulica pluvial.

El detalle de la válvula de purga debe incluir la infraestructura necesaria para su instalación, tales como: la caja, el cabezal de desfogue y las obras de disipación de energía para evitar erosión en el punto de descarga.

Para diámetros iguales o menores a 100 mm, el diámetro de la purga será igual al diámetro de la tubería principal. Para diámetros mayores a 100 mm, el diámetro será definido según los criterios de diseño (s. p.).

Válvulas de corte. De acuerdo con lo que indica el AyA (2017):

Este tipo de válvula consiste en una válvula de compuerta, que deben estar protegidas por un cubre válvulas, el cual debe ser resistente a las condiciones de cargas de tránsito a las que estén sometidos. Su función principal es la de poder aislar tramos de tubería en caso de daños que pueda sufrir ésta.

En líneas de aducción y conducción, se deben colocar válvulas de corte cada 1000 m, como máximo. En líneas de distribución, se deben colocar válvulas de corte cada 500 m, como máximo.

Para el caso de redes de distribución compuestas por circuitos (redes cerradas) o ramales

de tuberías (redes abiertas), se deben colocar válvulas de corte en todas las tuberías que se unen en una intersección.

En obras de captación se deben colocar válvulas de compuerta tanto en la tubería de salida como en la de limpieza y el diámetro a utilizar está determinado por las condiciones de diseño de la captación. Las válvulas deben estar protegidas por una estructura (caja) construida con paredes de bloques de concreto y losa de concreto con tapa (metálica de 90 cm), diseñadas para garantizar la manipulación y mantenimiento de las válvulas. Estas cajas deben ser provistas de los drenajes respectivos para impedir su anegación.

En tanques de almacenamiento se deben colocar válvulas de compuerta tanto en la tubería de ingreso y salida como en la de limpieza y el diámetro a utilizar está determinado por las condiciones de diseño del tanque. Las válvulas deben estar protegidas por una estructura (caja) construida con paredes de bloques de concreto y losa de concreto con tapa (metálica de 90 cm), diseñadas para garantizar la manipulación y mantenimiento de las válvulas. Estas cajas deben ser provistas de los drenajes respectivos para impedir su anegación.

Las válvulas de corte en la tubería de ingreso se deben ubicar antes y después de las válvulas de control de nivel y en la tubería de salida antes del macromedidor para efectos de mantenimiento (s. p.).

Válvulas especiales. Las válvulas especiales se clasifican, de acuerdo con su función, en:

Válvulas reductoras de presión.

Válvulas sostenedoras de presión.

Válvulas de control de caudal.

Válvulas de control de nivel.

Válvulas de alivio.

En todos los casos, las válvulas deben estar protegidas por una estructura (caja), construida con paredes de bloques de concreto y losa de concreto con tapa (metálica de 90 cm), diseñadas para garantizar la manipulación y mantenimiento de las válvulas. Estas cajas deben ser provistas de los drenajes respectivos para impedir su anegación (AyA, 2017, s. p.).

Válvulas reductoras de presión. De acuerdo con AyA (2017):

La selección y dimensionamiento de la válvula debe cumplir con las presiones máximas y

mínimas para cada componente del sistema.

La función de este tipo de válvula es la de reducir y mantener la presión en la red aguas abajo del punto de instalación de la válvula, con el fin de mantener el sistema bajo una presión de operación adecuada e impedir que las altas presiones produzcan averías en las tuberías y accesorios. La presión de consigna es independiente de las presiones aguas arriba y del caudal solicitado (s. p.).

Válvulas sostenedoras de presión. Según AyA (2017):

La selección y dimensionamiento de la válvula debe cumplir con las presiones mínimas para cada componente del sistema.

Este tipo de válvula es utilizada para impedir la caída de presión en sectores del sistema por debajo de un valor que permita un adecuado nivel de servicio, por efecto de un aumento de la demanda aguas abajo. El valor de presión consignado será por lo tanto independiente de la presión y el caudal aguas abajo. Esta válvula debe cerrarse completamente cuando la presión aguas arriba llegue a caer por debajo del valor preestablecido (s. p.).

Válvulas de control de caudal. De acuerdo con el AyA (2017):

La selección y dimensionamiento de la válvula debe cumplir con los parámetros establecidos para la regulación de los caudales, según el diseño propuesto.

Este tipo de válvula se utiliza para fijar un caudal máximo de operación aguas debajo de su punto de instalación. El valor de caudal consignado es independiente de los valores de presión aguas arriba y aguas debajo de la válvula (s. p.).

Válvulas de control de nivel. Según el AyA (2017):

La selección y dimensionamiento de la válvula debe cumplir con las condiciones de servicio del tanque, incluido el caudal de incendio si ello es requerido.

Este tipo de válvula se incorpora para mantener el nivel de agua dentro de un depósito o tanque de almacenamiento con el fin de evitar el rebose del agua, por tal motivo se requiere fijar los niveles de apertura y cierre. La regulación puede realizarse en función de la altura de la lámina de agua en el depósito a controlar (mediante flotador) o en función de la presión del agua (válvulas de altitud pilotadas) (s. p.).

Válvula de alivio. Como indica el AyA (2017):

La selección y dimensionamiento de la válvula debe cumplir con las condiciones del caudal de agua una vez que se alcance un valor predeterminado de presión, con el fin de proteger las tuberías o estaciones de bombeo del efecto de las sobrepresiones por transitorios hidráulicos provocados por paradas de las bombas o cierres rápidos de válvulas.

Este tipo de válvula puede ser de acción directa o con válvula piloto. Por su forma de operación, las válvulas de alivio se deben direccionar hacia cuerpos de agua o conductos de agua pluvial (s. p.).

Válvula de compuerta y cubre válvulas para hidrantes.

Cubreválvulas con tapa. De acuerdo con el AyA (2017):

El barril del cubre válvulas y su respectiva tapa deben ser de hierro fundido según norma ASTM A48 o de hierro dúctil según norma ASTM A536.

El cubre válvulas puede ser recto o cónico (cuando el cubreválvulas es recto posee la misma dimensión en la parte inferior y superior).

El barril del cubre válvulas debe tener las siguientes dimensiones mínimas:

Espesor de paredes: 5 mm.

Diámetro interior superior e inferior (cubre válvulas recto): 190 mm.

Diámetro interior superior (cubre válvulas cónico): 125 mm.

Diámetro interior inferior (cubre válvulas cónico): 190 mm.

Diámetro exterior superior e inferior (cubre válvulas recto): 200 mm.

Diámetro exterior superior (cubre válvulas cónico): 145 mm.

Diámetro exterior inferior (cubre válvulas cónico): 200 mm.

Altura del barril: 300 mm.

En la parte inferior o base debe tener anillo perimetral de soporte de 30 mm alrededor de la circunferencia.

El Barril debe tener un asiento para la tapa en su interior de 40 mm de altura máximo, con un saliente hacia adentro de apoyo no mayor a 10 mm para la tapa en toda su circunferencia.

La tapa debe incluir algún sistema de seguridad contra robo que permita que permanezca fija en el cuerpo, se acepta el sistema de bisagra o de picaporte.

La tapa debe tener las siguientes dimensiones mínimas:

Diámetro: 135 mm.

Espesor: 20 mm (s. p.).

Válvula de compuerta. Como indica el AyA (2017):

Válvula de compuerta de asiento elástico de vástago no deslizante o no ascendente. De compuerta tipo disco sólido y flexible o disco doble. Para operar con maneral portátil, debe tener en el vástago un dado de operación de $50 \text{ mm} \pm 5\%$.

El sistema de sellado del vástago debe ser de tipo anillo en *O*. La válvula debe soportar una presión de trabajo mínima de 1379 kPa (200 psi).

El disco de la compuerta debe ser de hierro dúctil o de aleación de cobre, en cualquier caso, debe ser encapsulado en un empaque elastomérico de alto grado (posibles tipos: EPDM, Viton A, Perbunam, Neopreno) resistente a los ataques microbiológicos, a la contaminación con cobre y al ozono.

La válvula debe permitir el acoplamiento mediante bridas con patrón de taladrado ANSI/ASME B16.5 clase 150; lo anterior independientemente de la norma de fabricación de las válvulas. La distancia entre caras externas de las bridas de conexión debe ser de al menos 22,9 cm (9 pulgadas) para las válvulas de 100 mm y de al menos 26,7 cm (10,5 pulgadas) para las válvulas de 150 mm. Se acepta una tolerancia de $\pm 0,5 \text{ cm}$ (s. p.).

Medidores de caudal

Todo sistema de abastecimiento de agua potable tiene que ser capaz de incluir los medidores según los requisitos técnicos. Estos deben estar ubicados a la entrada y salida de los centros de producción y al inicio de los centros de consumo, de acuerdo con las zonas de abastecimiento (AyA, 2017).

Hidrómetros

Todas las conexiones deben estar dotadas de su correspondiente medidor. Los hidrómetros y las cajas que se seleccionen deben ser capaces de cumplir con la norma *AR-HSA: Hidrómetros para el servicio de acueducto*, emitida por Aresep en su versión vigente. Se puede aceptar que los hidrómetros se coloquen de forma vertical u horizontal, en ambos casos dentro de una caja de protección que tiene que haber sido construida en línea con el límite de la propiedad con acceso a la vía pública (AyA, 2017).

Potabilización del agua

Los sistemas de abastecimiento que cuenten con fuentes superficiales o subterráneas de su propio manejo deben cumplir con la normativa nacional aplicable a la calidad del agua potable y sus procesos de tratamiento que emitió el Ministerio de Salud y por el AyA. Eso es necesario, independientemente del proceso de tratamiento que se haya utilizado (AyA, 2017).

Los proyectos que incluyan plantas desalinizadoras y potabilizadoras deben cumplir con la: *Especificación técnica para desalinización y potabilización de agua marina. Parte I: Requisitos mínimos generales* emitida por AyA (Serie: AyA-2010-01) y con la legislación nacional aplicable. El agua residual que es producto de los procesos previstos en el diseño y cualquier otro residuo que haya sido generado durante los procedimientos de potabilización, tiene que tratarse y tiene que cumplir con lo establecido según la legislación nacional que le aplique y especialmente con el *Reglamento de vertido y uso de aguas residuales vigente* (incluido por Acuerdo de Junta Directiva 2021-0004) (AyA, 2017).

Capítulo II. Marco metodológico

Paradigma

El agua es un recurso indispensable para la vida que se debe cuidar y aprovechar. Por eso, es importante que se eduque constantemente en cómo hacer un buen uso y cómo manejarlo, ya que muchas veces no se conoce el esfuerzo y el trabajo que se necesita para que a los hogares llegue ese recurso apto para el consumo y sin saberlo muchas veces se desperdicia. Para satisfacer las necesidades hídricas de los seres humanos es necesario tratar dichas aguas por medio de plantas potabilizadoras y someterlas a estudios, lo cual también es de gran interés, pues en dichos análisis y con la ayuda de las plantas potabilizadoras el líquido recolectado de las fuentes hídricas se somete a procesos para que pueda ser apta para el consumo humano.

De acuerdo con Naciones Unidas (2021):

Una de cada tres personas en el mundo vive sin agua potable y se proyecta que para el 2040, la demanda mundial se incremente en más del 50%.

El gobierno de Costa Rica, en alianza con el Fondo para el Medio Ambiente y el Programa de la Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), están acelerando acciones para garantizar el acceso universal al agua potable a través de un proyecto de adaptación al cambio climático que fomenta la resiliencia climática y potencia la acción local.

En este país centroamericano, alrededor de 15.000 personas trabajan de forma voluntaria en los acueductos comunales para asegurar el acceso a agua potable a cerca del 30% de la población que vive en zonas rurales y periurbanas.

Esta gestión comunitaria del agua es una de las mayores fortalezas para lograr que el país tenga una cobertura de un 98% de agua intradomiciliar, lo cual es crítico para reducir los riesgos sanitarios de sus comunidades. Para brindar estos servicios, las organizaciones comunales del agua deben hacer frente a innumerables desafíos estructurales, ambientales y climáticos lo cual multiplica el mérito y el impacto que su trabajo tiene en el desarrollo y el progreso de sus comunidades (s. p.).

Enfoque metodológico

El enfoque de este proyecto seguirá una línea cuantitativa debido a que a lo largo del proyecto es necesario realizar procesos de análisis numéricos, a partir de esto se procede con la recolección de datos en el sitio para ejecutar y analizar diferentes modelos hidráulicos y estadísticos de la Asada Santa Rosa de Oreamuno, ya que es una comunidad que ha estado en constante crecimiento y ha presentado distintos problemas, por ejemplo, la contaminación del agua y la falta de infraestructura. La metodología para llevar a cabo el proyecto es la de hacer una primera visita y recolectar cualquier tipo de información que sea necesaria para el proyecto como datos de población, planos, caudales, presiones, entre otros que sean de relevancia para cumplir con sus objetivos.

Métodos de investigación

Por medio de recolección de datos en el sitio, antecedentes suministrados por las personas funcionarias de la Asada, información de los laboratorios de la planta y de los datos de la estructura de la planta, se realiza una investigación para brindarle a dicho acueducto los resultados necesarios con los cuales puedan tomar la mejor decisión y mejorar la eficiencia.

Categoría de análisis de investigación

Tabla 3

Categoría de análisis de investigación

Objetivo	Valor dependiente	Valor independiente	Muestra
Elaborar un plan de mejoras que cumpla con lo necesario para satisfacer a la comunidad.	Cálculos mediante fórmulas y utilización de programas como Epanet y Civil 3D.	Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y pluvial, del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, versión 2017.	Archivos CAD, pdf, archivos físicos y hojas de cálculos en Microsoft Excel.
Comparar las dotaciones obtenidas con las propuestas en la legislación nacional	Informe obtenido comparado con archivos de la legislación y archivos	Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, saneamiento y	Archivos de años anteriores, junto con resultados de hojas de cálculo

para compararlo con la producción de las fuentes.	de años anteriores de la Asada.	pluvial del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, versión 2017.	en Microsoft Excel.
Analizar el estado de la Asada Santa Rosa de Oreamuno.	Cálculos mediante fórmulas y utilización de programas.	Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias para Edificaciones 2017.	Fotos, visitas al sitio, historial de fugas.
Comparar el rendimiento del acueducto después de aplicar las mejoras al sistema	Informes de evaluación comparando los informes de años anteriores con los nuevos que se estarían realizando a través de este trabajo final de graduación.	Documentos de años anteriores para evaluar si se cumple con una mejora en el rendimiento.	Archivos de años anteriores junto con resultados de hojas programadas en Microsoft Excel.
Generar un documento de recomendaciones para el mejoramiento del sistema de agua potable	Datos que se obtienen durante la realización del trabajo final de graduación.	Documentos de años anteriores.	Modelo hidráulico de Epanet.
Analizar los problemas técnicos del sistema de abastecimiento	Cálculos mediante fórmulas y utilización de <i>software</i> .	Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial, del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, versión 2017.	Archivos de años anteriores junto con datos utilizando hojas de cálculo en Microsoft Excel.

Análisis de la investigación

Los datos que se obtienen se comparan y comprueban con las fórmulas y *la Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial*, del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, versión 2017. Lo anterior tiene el fin de conocer los datos sobre los caudales de diseño, volúmenes de retención, presiones, diámetros, golpe de ariete y la capacidad de bombeo en caso de que sea necesario, también se hace

una proyección a 25 (veinticinco) años para conocer si el caudal puede abastecer a la comunidad durante ese lapso. Lo anterior tiene el fin de obtener resultados comparables y analizar calidades de los factores que influyen en el abastecimiento del acueducto y proponer métodos que sean más eficientes y económicos. En lo que respecta a la infraestructura del sistema de agua potable de la Asada Santa Rosa de Oreamuno, esta se evaluará con el Código de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias en Edificaciones, edición 2017.

Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

Por medio de visitas al sitio se recopilan datos para determinar algunos aspectos importantes como la ubicación de las nacientes, la localización de las tuberías, válvulas, tanques quiebragradientes, hidrómetros y la topografía del terreno, se utilizan también distintos *software* como Microsoft Excel, AutoCAD, Civil 3D y Epanet para determinar las alturas, ubicación y diferentes características que son fundamentales para el proyecto. En el caso de Epanet es uno de los *software* que más se usa por ingenieros para diseñar y dimensionar nuevas infraestructuras de agua, modernizar las existentes, optimizar el funcionamiento de depósitos y bombas, reducir el consumo de energía, investigar problemas de calidad del agua y prepararse para emergencias. Además, puede utilizarse para modelar amenazas de contaminación y evaluar la resistencia a las amenazas de seguridad o a las catástrofes naturales.

Se usa la *Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial*, del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, versión 2017. En ella se encuentra teoría que se debe saber sobre las capacidades del acueducto y también las distintas fórmulas para calcular los datos que se requerirán para saber si el acueducto brinda el servicio necesario para la población que abastece. Se crearán hojas programadas en Microsoft Excel para anotar los datos de relevancia y poderlos utilizar para los cálculos. Además, se toma en cuenta información brindada por otros trabajos finales de graduación con el propósito de tomar recomendaciones, que permitan mejorar el presente.

Técnicas e instrumentación para el procesamiento y análisis de datos

Una vez concluidas las visitas se hacen los cálculos necesarios para comparar los resultados con los datos actuales que tiene la Asada Santa Rosa de Oreamuno y así llegar a una conclusión y determinar las mejoras que se pueden aplicar a dicho acueducto. Estos cálculos se realizan con

base en las hojas de Microsoft Excel programadas con los datos y fórmulas de la *Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial*, del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, versión 2017.

Por medio del *software* Epanet junto con los resultados se pretende realizar un modelo hidráulico que muestre como se comportaría el acueducto con los cambios que se aplicarían. A la vez, con los resultados de este modelo se confecciona una lista de recomendaciones para la Asada Santa Rosa de Oreamuno contemplando todas las mejoras aplicadas al sistema.

Al mejorar el sistema potable de la Asada Santa Rosa de Oreamuno se colabora con la comunidad que se ha visto afectada por el exceso de presión en las tuberías de agua que, a la vez, fuerza a la Asada Santa Rosa de Oreamuno a realizar interrupciones, lo que genera un descontento a los usuarios.

Capítulo III. Recopilación de datos

Situación actual de la Asada

Para analizar la situación de la Asada se debe hacer un reconocimiento general de los tres sistemas que abastecen la región por medio de visitas de campo e identificar componentes como nacientes, tanques de almacenamientos, tanques quiebragradiantes y la población abastecida.

Visitas de campo

Se realizaron tres visitas en tres días diferentes a la Asada todas coordinadas por medio de la administradora, vía correo electrónico, para cada día hacer un reconocimiento completo del sistema, desde sus nacientes hasta su distribución.

Fecha de las visitas:

- Primera visita, jueves 26 de enero de 2023, reconocimiento del sistema #2.
- Segunda visita, jueves 23 de febrero de 2023, reconocimiento del sistema #1.
- Tercera visita, lunes 27 de febrero de 2023, reconocimiento del sistema #3.

Sistemas

La Asada Santa Rosa de Oreamuno cuenta con tres sistemas integrados por un total de 13 tanques de almacenamiento y 9 tanques quiebragradiantes, los cuales se alimentan a partir de 7 fuentes de abastecimiento de agua clasificadas como fuentes superficiales. Los tres sistemas del acueducto se muestran a continuación con sus respectivas nacientes, tanques de almacenamiento y tanques quiebragradiantes:

Sistema #1. El sistema #1 abastece a 94 abonados ubicados en los poblados de San Juan y San Gerardo, de los cuales 43 son Domipre y 51 son Emprego, el total de tubería instalada del sistema es de 6833 m lineales. El sistema #1 se compone de las Nacientes Miguel Brenes, Benjamín Uleth y Piedra, los tanques de almacenamiento son Pasquí y Álvaro y sus tanques quiebragradiantes son Montero, Zentis y Benjamín Uleth.

Figura 3

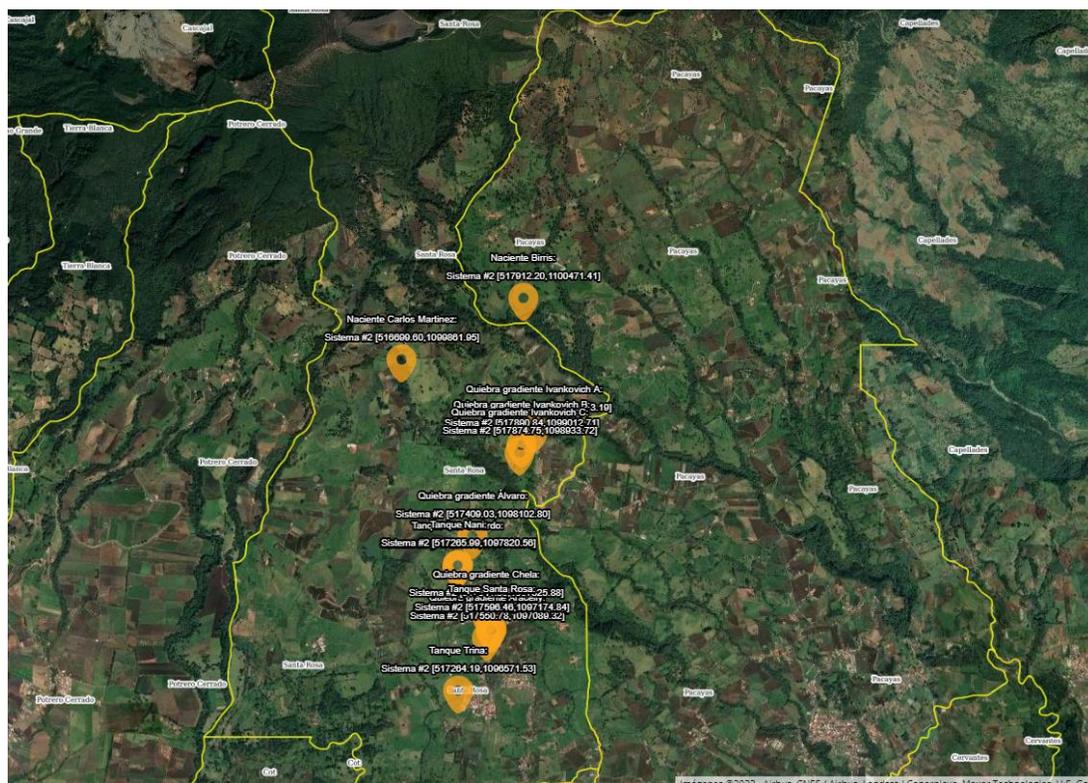
Representación geográfica de los elementos del sistema #1



Fuente: Elaboración propia, 2023.

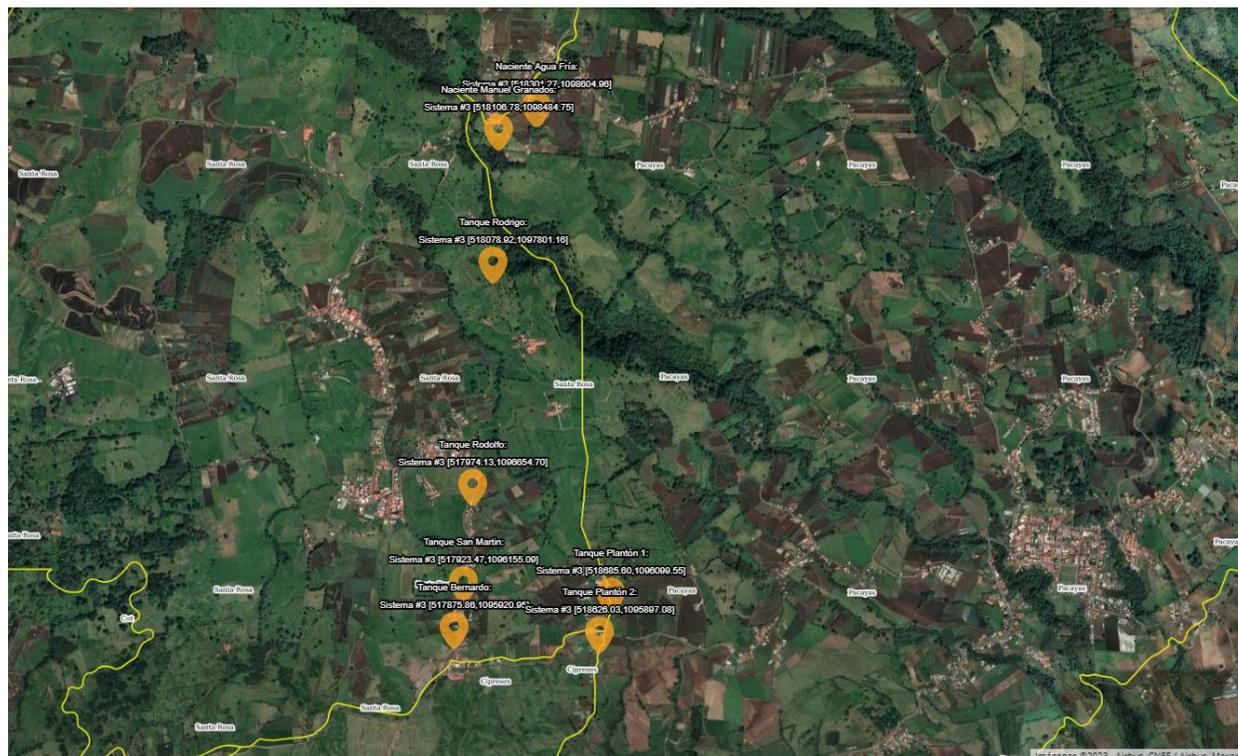
Sistema #2. El sistema #2 abastece a 516 abonados ubicados en los poblados de Santa Rosa, San Gerardo y San Isidro, de los cuales 396 son Domipre y 120 Empleo. Este es el sistema que abastece a la mayoría de la población, el total de tubería instalada es de 16.618 m lineales. El sistema #2 se compone de las Nacientes Birrís y Carlos Martínez, los tanques de almacenamiento son San Gerardo, Santa Rosa, Metálico, Nani y Trina y sus tanques quebragradientes son Álvaro, Aracelly, Chela, Ivancovich A, Ivancovich B e Ivancovich C.

Figura 4
Representación geográfica de los elementos del sistema #2



Sistema #3. El sistema #3 abastece a 245 abonados ubicados en los poblados de San Martín, Plantón y un pequeño sector al norte de Oratorio, de los cuales 152 son Domipre y 93 Empegno. El total de tubería instalada del sistema es de 11.489 m lineales. El sistema #3 se compone de las nacientes Agua Fría y Manuel Granados, los tanques de almacenamiento son Rodrigo, Rodolfo, San Martín, Bernardo, Plantón 1 y Plantón 2.

Figura 5
Representación geográfica de los elementos del sistema #3



Fuentes de captación

Naciente Miguel Brenes (sistema #1). Tipo de captación por Naciente. Se localiza en las siguientes coordenadas CRTM05: X: 516848.161 m, Y: 1100504.158 m a una elevación de 2859.945 m. s. n. m.

Figura 6
Estructura de captación Miguel Brenes del sistema #1



Naciente Benjamín Uleth (sistema #1). Tipo de captación por naciente. Se localiza en las siguientes coordenadas CRTM05: X: 517041.634 m, Y: 1100047.686 m a una elevación de 2800.75 m. s. n. m.

Figura 7

Estructura de captación Benjamín Uleth del sistema #1



Naciente Piedra (sistema #1). Tipo de captación por naciente. Se localiza en las siguientes coordenadas CRTM05: X: 517083.88 m, Y: 1099410.256 m a una elevación de 2671.901 m. s. n. m.

Figura 8

Estructura de captación Piedra del sistema #1



Naciente Birrís (sistema #2). Tipo de captación por naciente. Se localiza en las siguientes coordenadas CRTM05: X: 517912.201 m, Y: 1100471.41 m a una elevación de 2667.958 m. s. n. m.

Figura 9

Estructura de captación Birrís del sistema #2



Naciente Carlos Martínez (sistema #2). Tipo de captación por naciente. Se localiza en las siguientes coordenadas CRTM05 X: 516699.603 m, Y: 1099861.951 m a una elevación de 2748.57 m. s. n. m.

Figura 10

Estructura de captación Carlos Martínez del sistema #2



Naciente Agua Fría (sistema #3). Tipo de captación por naciente. Se localiza en las siguientes coordenadas CRTM05 X: 518301.268 m, Y: 1098604.961 m a una elevación de 2371.138 m. s. n. m.

Figura 11
Estructura de captación Agua Fría del sistema #3



Naciente Manuel Granados (sistema #3). Tipo de captación por naciente. Se localiza en las siguientes coordenadas CRTM05 X: 518106.775 m, Y: 1098484.753 m a una elevación de 2377.97 m. s. n. m.

Figura 12
Estructura de captación Manuel Granados del sistema #3



Tanques de almacenamiento

La Asada cuenta con distintos tanques de almacenamiento distribuidos a lo largo de los sistemas. A continuación, se muestra en una tabla los tanques de almacenamiento correspondientes de cada sistema:

Tabla 4
Detalles de los tanques de almacenamiento

Sistema	Nombre	Coordenada X (m)	Coordenada Y (m)	Elevación (m. s. n. m.)	Volumen aprox. (m ³)
Sistema 1	Tanque Pasquí	517345.631	1098162.495	2436.567	10
Sistema 1	Tanque Álvaro	517100.313	1098731.690	2554.694	25
Sistema 2	Tanque San Gerardo	517258.570	1097812.010	2342.249	225
Sistema 2	Tanque Carlos Martínez	517063.678	1099866.468	2764.11	
Sistema 2	Tanque Metálico	517593.404	1097169.446	2233.644	125
Sistema 2	Tanque Santa Rosa	517596.464	1097174.836	2234.158	25
Sistema 2	Tanque Trina	517264.190	1096571.535	2142.994	6
Sistema 3	Tanque Rodrigo	518078.922	1097801.156	2271.907	40
Sistema 3	Tanque Rodolfo	517974.126	1096654.703	2108.607	38
Sistema 3	Tanque San Martín	517923.471	1096155.090	2019.771	25

Sistema 3	Tanque Bernardo	517875.860	1095920.945	1986.693	22
Sistema 3	Tanque Plantón 1	518685.596	1096099.548	1963.694	22
Sistema 3	Tanque Plantón 2	518626.030	1095897.080	1918.542	5

Figura 13

Todos los tanques de almacenamiento de los tres sistemas

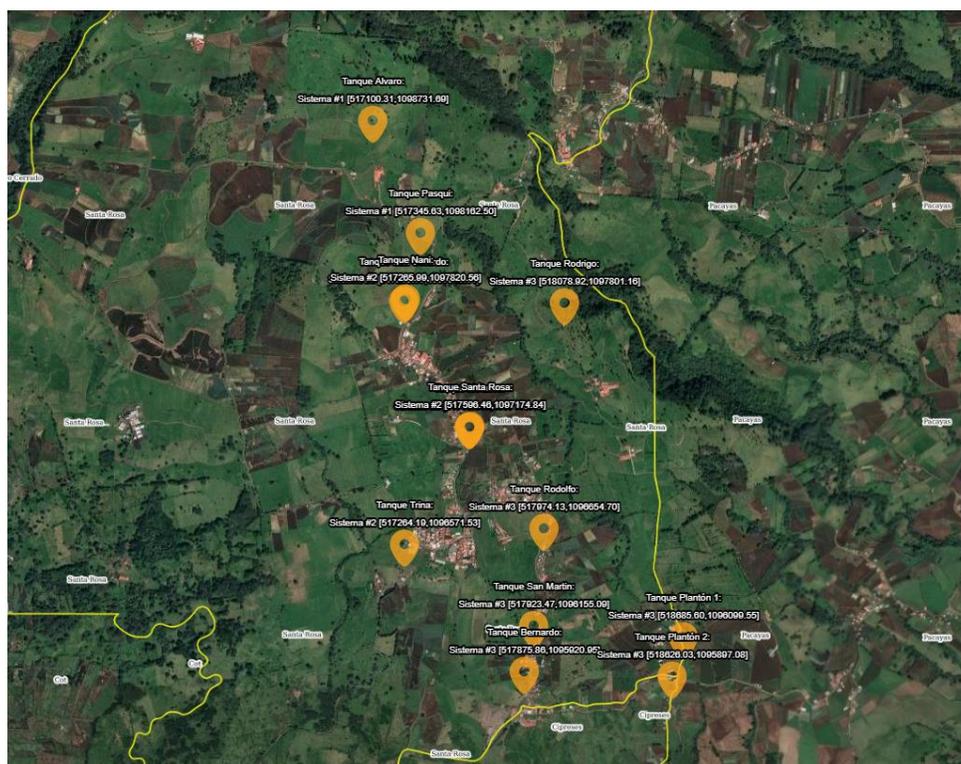


Figura 14
Ampliación de los tanques San Gerardo y Nani

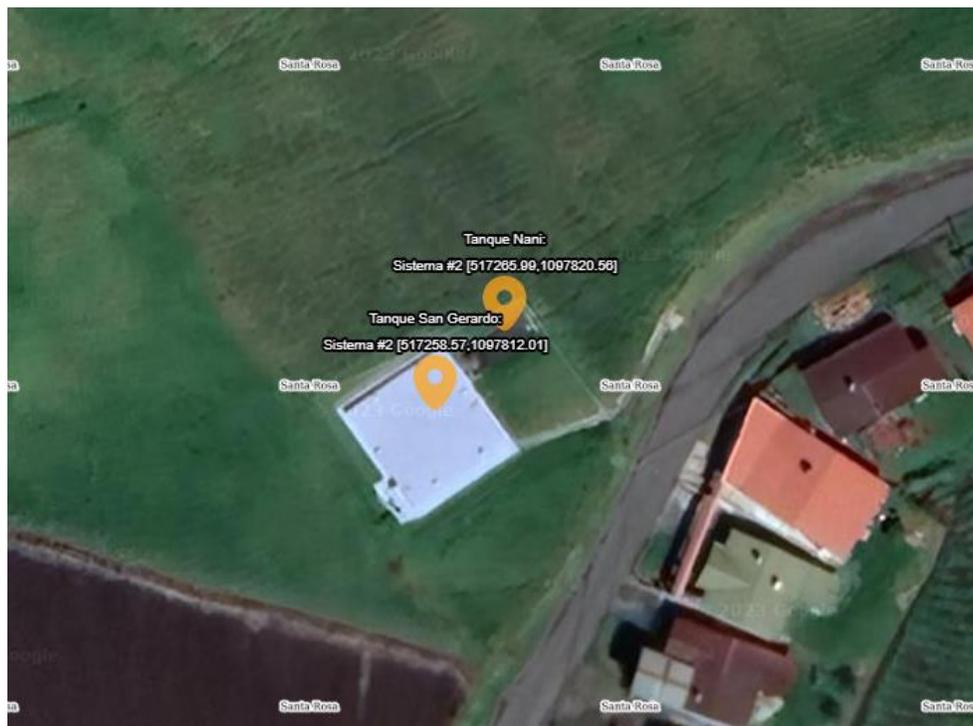
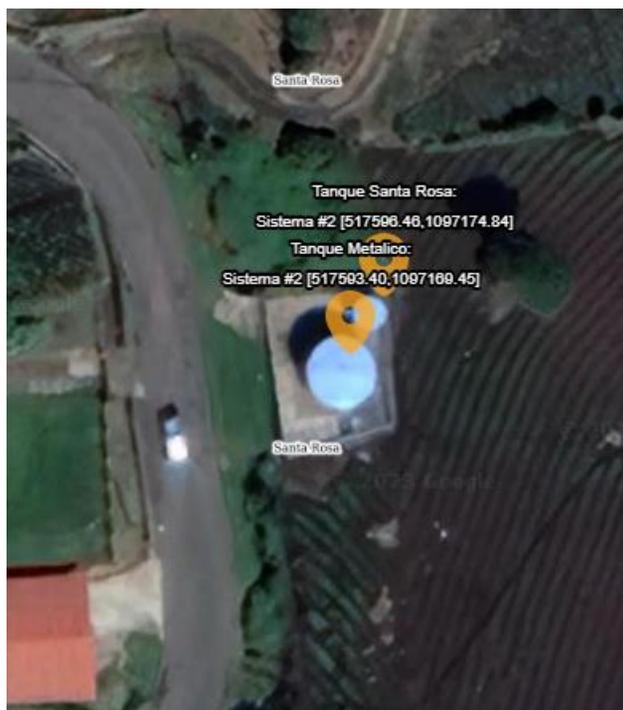


Figura 15
Ampliación de los tanques Metálico y Santa Rosa



Tanques quiebragradientes

El principal objetivo de los tanques quiebragradientes es reducir la presión con la que viene el agua para que así la tubería pueda soportar las condiciones. Por la topografía quebrada del terreno en la zona de estudio la Asada cuenta con varios tanques quiebragradientes para cada uno de los tres sistemas que tienen. Estos tanques en su mayoría se encuentran en buen estado. Sin embargo, se encontraron algunos a los que se les debe hacer una mejora. A continuación, se muestran mediante una tabla e imágenes todos los tanques de este tipo de los tres sistemas de la Asada.

Tabla 5
Detalles de los quiebragradientes

Sistema	Nombre	Coordenada X (m)	Coordenada Y (m)	Elevación (m. s. n. m.)
Sistema 1	Montero	517604.917	1099800.600	2776.800
Sistema 1	Zentis	517225.543	1099108.062	2638.058
Sistema 1	Benjamín Uleth	517064.565	1099950.081	2796.603
Sistema 2	Ivancovich A	518016.354	1099163.188	2581.846
Sistema 2	Ivancovich B	517890.836	1099012.705	2528.613
Sistema 2	Ivancovich C	517874.749	1098933.715	2496.067
Sistema 2	Álvaro	517409.032	1098102.799	2417.569
Sistema 2	Aracelly	517550.779	1097089.322	2212.292
Sistema 2	Chela	517541.893	1097325.884	2274.431

Figura 16
Tanques quiebragradiientes de los tres sistemas

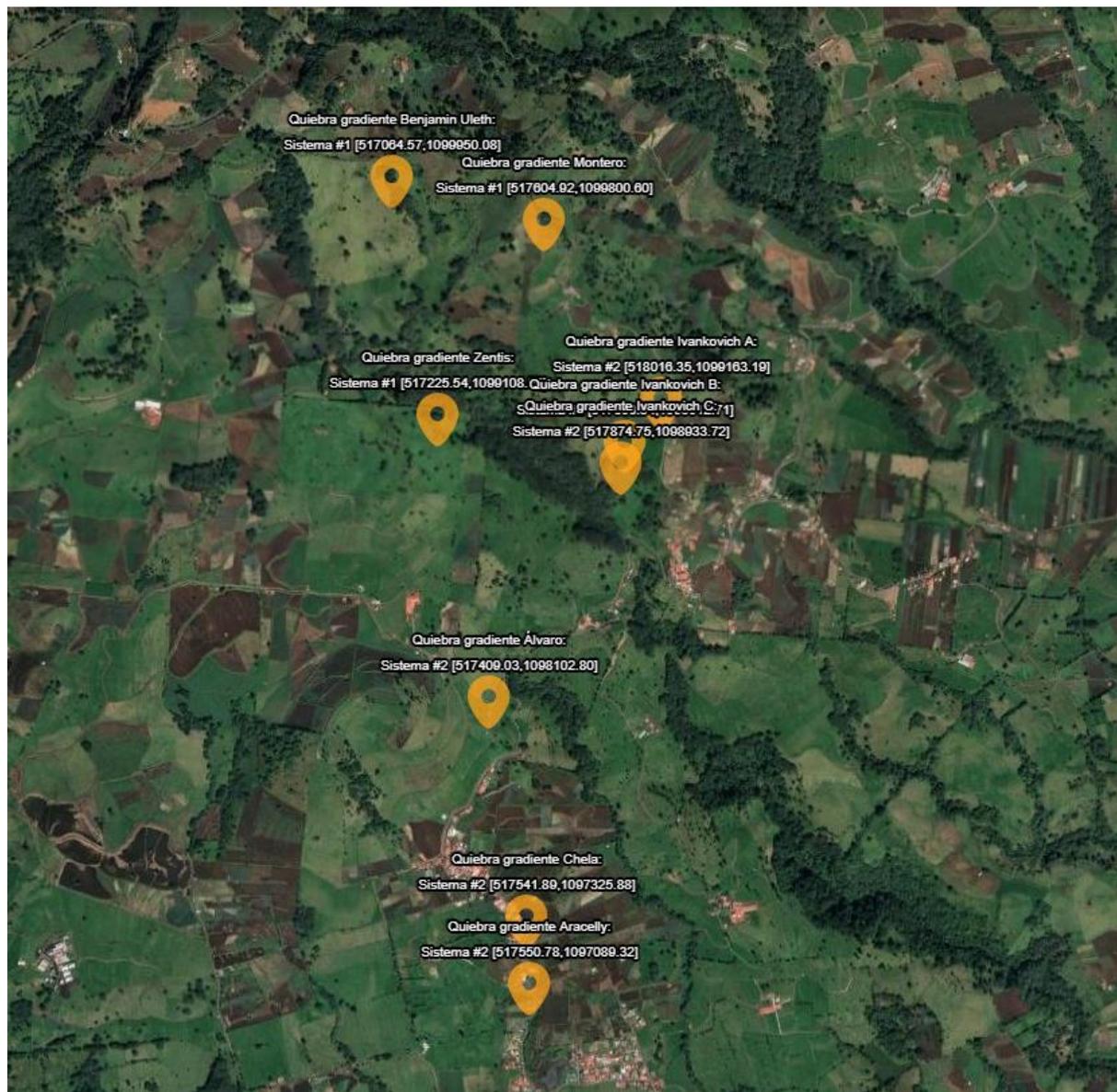
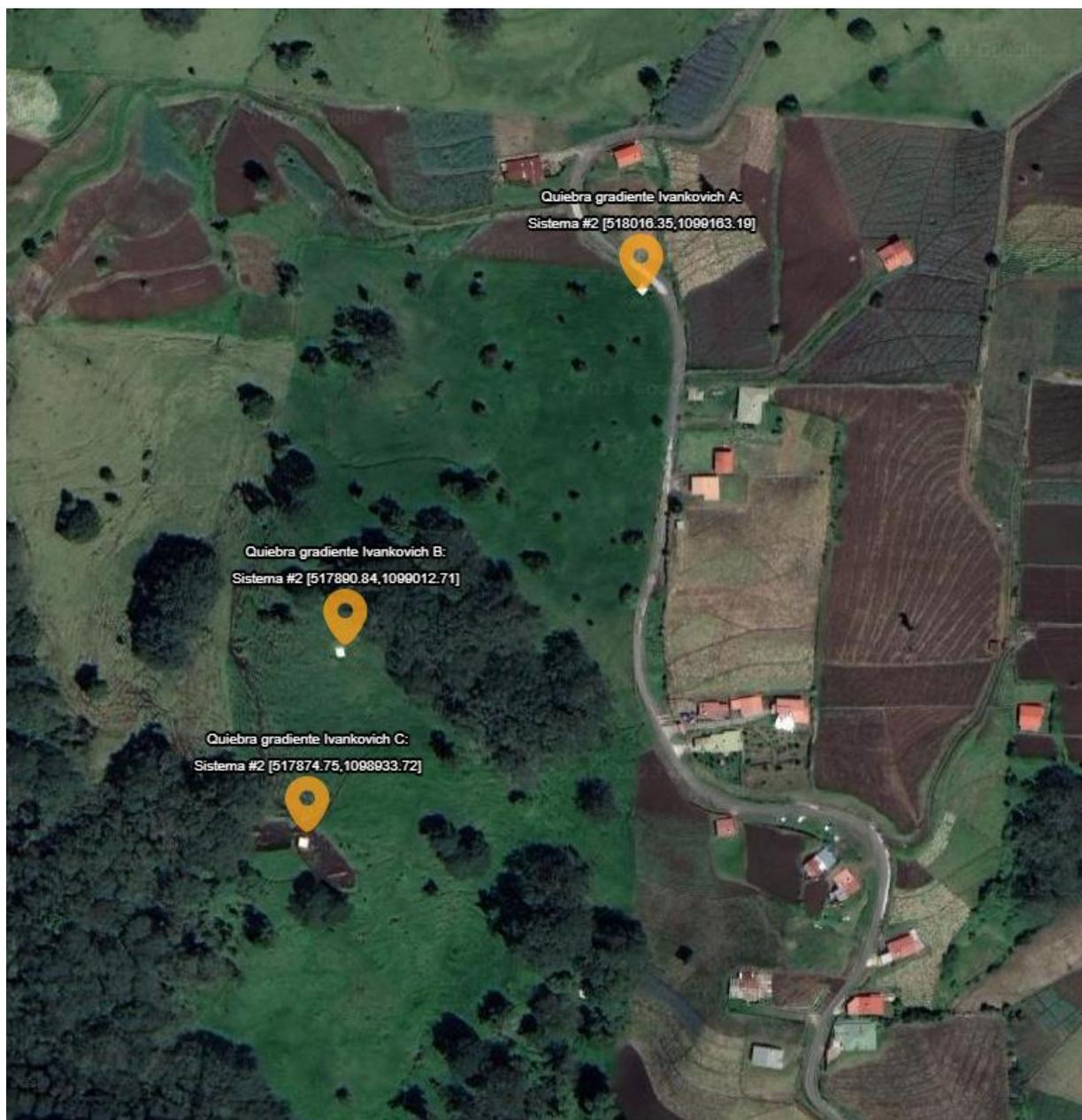


Figura 17
Ampliación de los quebragradientes Ivankovich



Sistemas de cloración

El sistema #1 cuenta con dos cloradores, los cuales se encuentran en los tanques quebragradientes Montero y Zentis. Ambos sistemas de cloración son hechizos y utilizan pastillas para cámara húmeda marca ACL 90 (producto con certificación NSF para agua potable).

Figura 18
Quebragradiente Montero



Figura 19
Quebragradiente Zentis



El sistema #2 cuenta con dos cloradores, los cuales uno se encuentra en el tanque de reunión de la naciente Carlos Martínez y el otro en el tanque quebra gradiente Ivankovich A. El primer tanque cuenta con un clorador hechizo y el segundo con un clorador de la marca Accu-Tab. En ambos tanques se utilizan pastillas de cloro para cámara húmeda de la marca ACL 90.

Figura 20
Quiebragradiiente Ivankovich A



Figura 21
Tanque Carlos Martínez



Figura 22
Clorador en Tanque Carlos Martínez



El sistema #3 cuenta solo con un clorador, el cual se ubica en el tanque de almacenamiento Rodrigo Sancho. Este es un clorador hechizo que utiliza pastillas para cámara húmeda de la marca ACL 90.

Figura 23
Clorador del Tanque Rodrigo Sancho



Figura 24
Tanque de almacenamiento Rodrigo Sancho



Capítulo IV. Datos obtenidos

Balance hídrico

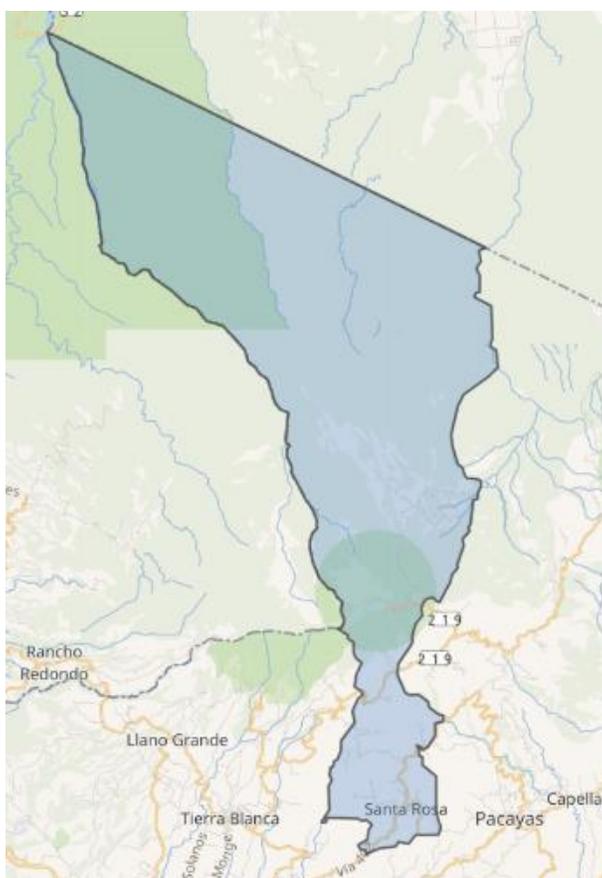
Para realizar el balance hídrico a una proyección de 5 años de las fuentes de abastecimiento contra la demanda de la población atendida, se toman los datos de la hoja *Datos* reportado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2011).

Análisis de población

El distrito de Santa Rosa se califica como una población rural, según datos de factor de hacinamiento presentado por el INEC. El promedio de habitantes por casa en dicho distrito es de 4.3 y el porcentaje de crecimiento poblacional es de 1.0 %.

Figura 25

Distrito de Santa Rosa



Fuente: Google Maps.

Dotación

En cuanto a la dotación según la cantidad de servicios por mes equivale a 182 l/p/d con un factor máximo diario de 1,2 y un factor máximo horario de 1,8. La Asada de Santa Rosa no cuenta con macromedición, sin embargo, tiene un historial de aforos teniendo en cuenta que el valor de incertidumbre de los resultados sería de un $\pm 15\%$, lo cual es válido. Para calcular el ANC (agua no contabilizada) se utilizaron los valores promedio de los aforos de 1 año completo. Se entiende por agua no contabilizada a todas las pérdidas de agua que se dan en un sistema entre el volumen de agua producido y el consumido. La mayoría de las Asadas presentan pérdidas de agua debido a muchos factores, algunos de ellos son:

- Error en las mediciones.
- Fugas en las tuberías.
- Conexiones ilícitas.
- Rebalses en los tanques de almacenamiento.

Tabla 6

Dotación

Dotación (litros/persona/día)	182
% de agua no contabilizada (ANC)	78 %
Factor Máximo Diario	1,2
Factor Máximo Horario	1,8

Tabla 7

Dotación según medición el 2022

Mes	Servicios	Total macromedición m ³	Total micromedición m ³	Dotación mensual (l/p/d)	ANC Año
<i>Enero</i>	844	87250	19877	177	77 % 2022
<i>Febrero</i>	844	87250	19178	170	78 % 2022

<i>Marzo</i>	845	87250	17583	156	80 % 2022
<i>Abril</i>	845	87250	20513	182	76 % 2022
<i>Mayo</i>	846	87250	17785	158	80 % 2022
<i>Junio</i>	847	87250	19327	171	78 % 2022
<i>Julio</i>	848	87250	20488	181	77 % 2022
<i>Agosto</i>	848	87250	18014	159	79 % 2022
<i>Septiembre</i>	850	87250	19266	170	78 % 2022
<i>Octubre</i>	852	87250	18630	164	79 % 2022
<i>Noviembre</i>	853	87250	18147	160	79 % 2022
<i>Diciembre</i>	853	87250	18607	164	79 % 2022
				182	78 %

En caso de no contar con los datos de dotación según medición, ya que se requiere 1 año completo, se toma en cuenta dotaciones de acuerdo con la población tal como lo indica la norma del AyA, en el caso de poblaciones rurales es de 200 l/p/d (AyA, 2017).

Población de la Asada

El número de personas atendidas por cada servicio se determina consultando la información sobre la unidad de consumo equivalente de la *Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento pluvial*. Estos datos pueden modificarse para reflejar las condiciones reales del acueducto y tener un dato más preciso.

Figura 26

Cálculo de servicios equivalentes según el tipo de actividad por desarrollar

Tipo de actividad del nuevo desarrollo	Unidades de cálculo (UC)	Unidad de consumo equivalente ² (UCE) o Servicios equivalentes (SE) ¹
Hoteles, Moteles	Habitación	Un servicio Equivalente por cada 3 Unidades de Cálculo
Escuelas, colegios o centros de educación y capacitación	Estudiante	Un servicio Equivalente por cada 25 Unidades de Cálculo
Bodegas, industrias o centros de acopio, almacenamiento y distribución	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio Equivalente por cada 500 Unidad de Cálculo
Restaurantes, sodas Bares y similares	Metro cuadrado de área de parcela o predio. (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio Equivalente por cada 100 Unidad de Cálculo
Locales comerciales, Centros comerciales, Oficinas administrativas y bancarias (industrial o general)	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio Equivalente por cada 200 Unidad de Cálculo
Parcelamiento agrícola con frente a calle pública	Metro cuadrado del área de parcela	Un servicio Equivalente por cada 500 Unidades de Cálculo
Parcelamiento agrícola con frente a servidumbre	Metro cuadrado del área de parcela	Un servicio Equivalente por cada 5000 Unidades de Cálculo
Centros de recreación, turísticos o club campestre.	Metro cuadrado de área de parcela o predio (incluyendo parqueos y áreas verdes, excluyendo áreas de protección de ríos y quebradas)	Un servicio Equivalente por cada 200 unidad de cálculo.

Nota. Tomado de Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (2022).

La población de diseño se fijará con base en la cantidad de servicios equivalentes, lo cual para la Asada Santa Rosa de Oreamuno es de un total de 935. Lo anterior incluye parqueos y áreas verdes y se excluyen las áreas de protección de ríos y quebradas.

Tabla 8*Población de diseño*

Población abastecida por el acueducto		
Cantidad de servicios equivalentes	935	Servicios
Factor de hacinamiento	4.30	Personas/casa

Población abastecida	4020	Personas
----------------------	------	----------

Según los datos anteriores del factor de hacinamiento y de la cantidad de servicios equivalentes la población abastecida es de un total de 4020 personas aproximadamente.

Cálculo del crecimiento poblacional

Para realizar la proyección poblacional de la comunidad de Oreamuno de Cartago se utilizó la base de datos del INEC.

$$P = P_{actual} + (P_{actual} \times \% \text{ crecimiento}).$$

En donde:

P: población.

Con la información obtenida se determinó el crecimiento de los servicios, para un factor de análisis de 10 años.

$$S = P \div \text{Factor de Hacinamiento}$$

En donde:

S: servicios.

P: población.

Tabla 9
Porcentaje de crecimiento poblacional

Porcentaje de crecimiento poblacional anual					1.0 %
Año	2023	2033	2043	2053	2063
Población	4020	4453	4933	5465	6054
Servicio	935	1036	1148	1272	1409

El porcentaje de crecimiento que se utilizó en los cálculos fue de un 1.0 % y el factor de hacinamiento de 4.3 personas/casa.

Aforos de producción de agua

La Asada de Oreamuno de Cartago abastece a sus comunidades mediante tres sistemas, los cuales están conformados por 7 nacientes denominadas Benjamín Uleth, Miguel Brenes, Piedra, Birrís, Carlos Martínez, Manuel Granados y agua Fría. Para todas las nacientes la Asada cuenta con sus aforos por mes. Para efectos del modelo hidráulico se tomaron los capacidades en los meses más críticos, eso quiere decir en la época que se considera verano que es cuando los caudales de las nacientes producen menos.

Figura 27

Gráfico de aforos de la naciente Agua Fría



La naciente Agua Fría es la que mayor producción de caudal aporta al sistema, en la Figura 27 se puede observar cómo de enero a junio su caudal se ve reducido, ya que es la época de verano.

Tabla 10

Fuentes de abastecimiento

Fuentes de abastecimiento	
Naciente	Caudal L/s
Birrís	9.38
Agua fría	9.84

Manuel Granados	2.38
Miguel Brenes	3.07
Benjamín Uleth	0.63
Piedra	6.01
Carlos Martínez	1.89

Al sumar los caudales de las nacientes, se obtiene que la producción promedio de la Asada es de 33.20 l/s. Se seleccionaron los valores promedio para fines del modelo hidráulico.

Caudales

Los caudales máximo diario y máximo horario se calcularon con las ecuaciones mencionadas en capítulos anteriores y con base en la estimación de la población del acueducto.

Tabla 11
Caudales

Año	2023	2033	2043	2053	2063
Caudal promedio (L/s)	15.11	16.74	18.54	20.54	22.75
Caudal máximo diario (L/s)	18.13	20.08	22.25	24.65	27.30
Caudal máximo horario (L/s)	32.63	36.15	40.05	44.36	49.15

Proyecciones

Estas proyecciones consisten en comparar la producción de las nacientes contra la demanda de la población a través de los años.

Figura 28
Interpretación del balance hídrico

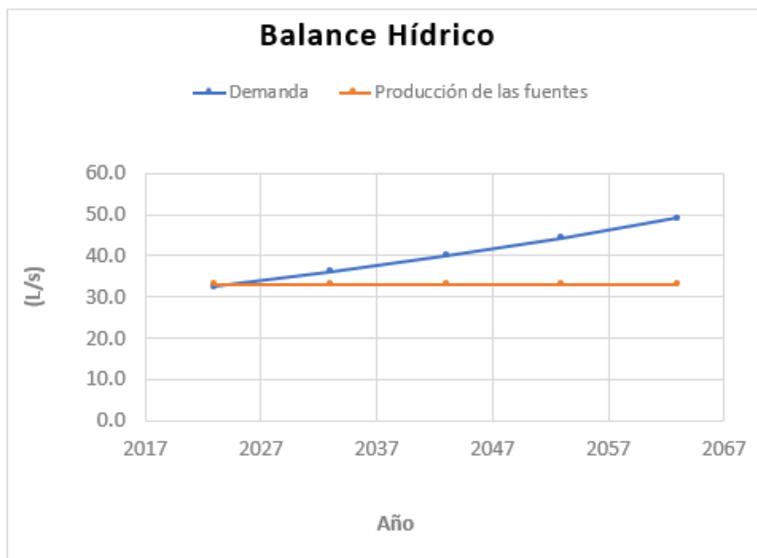
Resultado del balance hídrico		Interpretación
	Positivo	La producción de las fuentes del sistema es suficiente para satisfacer la demanda actual.
	Cercano a cero	La producción de las fuentes del sistema es suficiente para satisfacer la demanda actual, pero no es suficiente para brindar el servicio a nuevos usuarios.
	Negativo	La producción de las fuentes del sistema no es suficiente para satisfacer la demanda actual ni la de futuros usuarios.

Nota. Tomado de Manual Calculadora Balance Hídrico (2022).

Tabla 12
Resultados balance hídrico

Proyecciones					
Año	Servicio ^s	Demanda (L/s)	Producción (L/s)	Balace hídrico (L/s)	Interpretación
2023	935	32.63	33.20	0.57	Buscar nuevas fuentes
2033	1036	36.15	33.20	-2.95	Desabastecimiento y racionamiento del servicio
2043	1148	40.05	33.20	-6.84	Desabastecimiento y racionamiento del servicio
2053	1272	44.36	33.20	-11.16	Desabastecimiento y racionamiento del servicio
2063	1409	49.15	33.20	-15.95	Desabastecimiento y racionamiento del servicio

Figura 29
Gráfico balance hídrico



De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 12 se evidencia que la Asada actualmente dispone de recursos hídricos suficientes para satisfacer las necesidades de la población en cuanto a suministro de agua. Sin embargo, se hace evidente la necesidad de que la Asada busque nuevas fuentes de abastecimiento. Lo anterior tiene el fin de mantener su capacidad para brindar servicios adicionales. No obstante, un análisis a largo plazo, específicamente para el año 2033, señala la posibilidad de enfrentar desafíos en términos de desabastecimiento y la probabilidad de tener que implementar medidas de racionamiento del suministro de agua.

Modelación

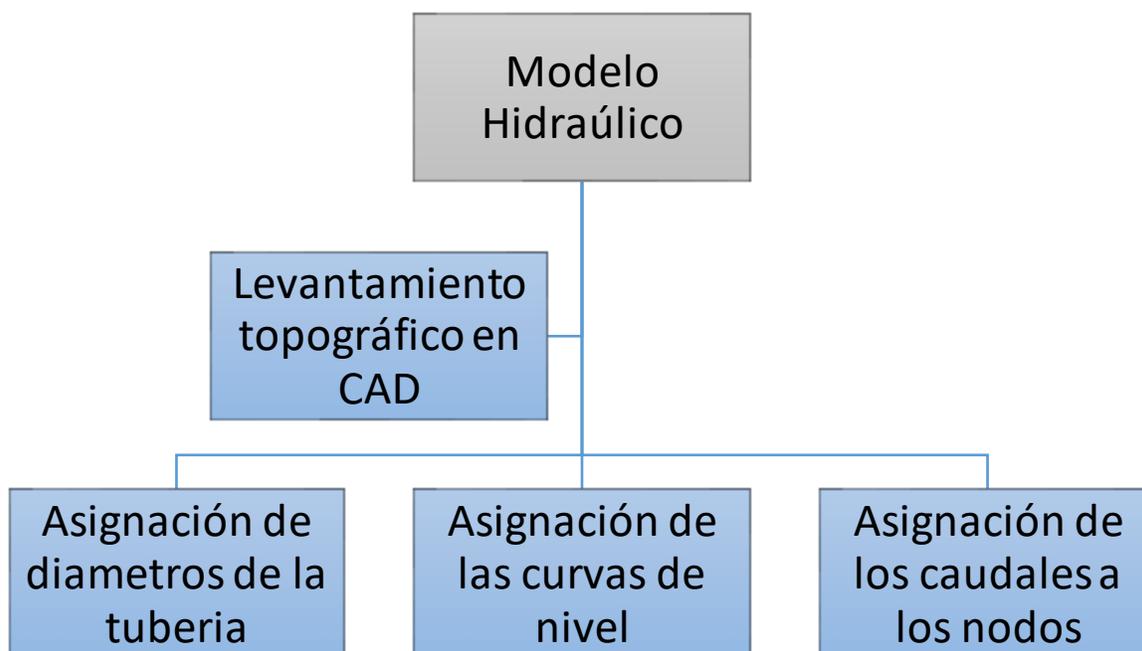
La implementación de un enfoque hidráulico en la construcción de redes de suministro de agua potable permite la simulación y análisis del sistema en cuestión. En el caso específico de modelar la infraestructura de la Asada Santa Rosa, se recurrió al empleo del *software* de simulación WaterGEMS V8i.

Este modelo abarca la representación de diversas entidades del sistema, entre las cuales se incluyen segmentos de tuberías, nodos de consumo, tanques de almacenamiento, quiebragradientes y reservorios. La confiabilidad de los resultados que se derivan de dicho modelo está estrechamente vinculada con el conocimiento detallado de los siguientes factores clave:

- Diseños detallados de la red de distribución que proporcionen información sobre el tipo de materiales que se utilizan y sus respectivas dimensiones.
- Datos precisos de las elevaciones topográficas en la zona de estudio.
- Parámetros dimensionales de los tanques y su capacidad de almacenamiento.
- Caracterización de los patrones de demanda en la región.
- Variaciones temporales en los nodos de consumo a lo largo del día.

Figura 30

Procesos de construcción del modelo hidráulico



Tal como se indicó, la precisión de los resultados del modelo requiere información actualizada y representativa del comportamiento del sistema de la Asada. En esta instancia, se identificaron múltiples factores que han limitado la exactitud de los datos, dificultando la calibración precisa del modelo. A continuación, se describen las limitaciones más significativas que afectaron la precisión del modelo:

- Datos importantes como los consumos de todo 1 año los proporciona la Asada. Sin embargo, la Asada no cuenta con macromedidor por lo que solo se obtuvo la información

de la micromedición, lo cual afecta en el momento de realizar el modelo, ya que para el balance hídrico se necesitan estos datos.

- Los planos del sistema los brindó la Asada sin embargo, el diseño no está actualizado, lo cual también provoca resultados imprecisos.
- Los datos de los tanques y quiebragrados no están actualizados en cuanto a medidas y dimensiones se refiere.

Construcción del modelo

Para realizar el modelo se juntó la información que aportó la Asada y la que se obtuvo en campo el día de las visitas, los datos principales que se requieren para la construcción son los planos del sistema, diámetros y SDR de las tuberías de todo el sistema, cantidad de usuarios, las dimensiones de los tanques, tanto de almacenamiento como quiebragrados, los caudales que producen las nacientes y la demanda equivalente. En el modelo se utilizó Darcy-Weisbach, ya que se iba a trabajar con diámetros de tuberías pequeños.

Se toma en cuenta que en el momento de construir se deben dibujar las líneas de las tuberías en el sentido que tiene que ir el agua. A las tuberías se les añaden sus características como diámetros y tipo de material.

Después de dibujar las tuberías se agregan los reservorios (nacientes) y los tanques, tanto de almacenamiento como quiebragrados. A ambos se les deben dar características específicas como área o diámetro en el caso de ser tanques circulares, elevación base que corresponde a la elevación del piso del tanque con respecto a la elevación del terreno y una elevación mínima. Esto corresponde al nivel del agua mínimo que puede almacenar el tanque, elevación inicial que corresponde al nivel con el cual se mantiene en promedio y elevación máxima que corresponde al nivel máximo del tanque.

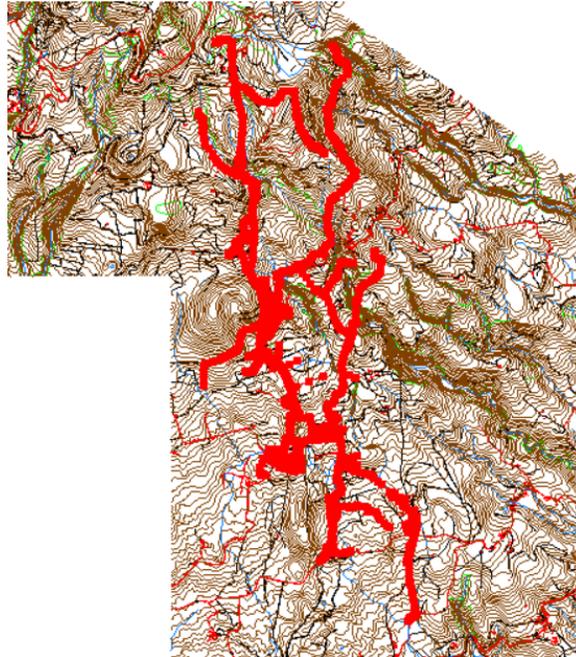
Figura 31
Red de distribución Asada Santa Rosa de Oreamuno



Asignación de las elevaciones

Para asignar las elevaciones a los nodos, tanques y nacientes, se utilizó una cartografía del área en estudio, suministrado por AyA. Esta se editó en el CAD dejando solo las curvas de nivel del terreno, una vez editado se guarda en formato .dxf para que el programa WaterGEMS pueda abrirlo, el programa lo abre mediante una herramienta llamada TRex que asigna las elevaciones automáticamente a todos los elementos mencionados. Es importante saber que la precisión de las elevaciones brindadas por AyA es de ± 5 m por lo que siempre se deben verificar con las elevaciones que se obtuvieron en campo.

Figura 32
Curvas de nivel



Asignación de las demandas

Para este proceso se calculó la demanda que se debe asignar a cada nodo. Con el levantamiento topográfico también se tomaron en cuenta las conexiones de todo el sistema por lo que se asignó el caudal a cada conexión correspondiente en cada nodo.

Figura 33
Distribución de demanda

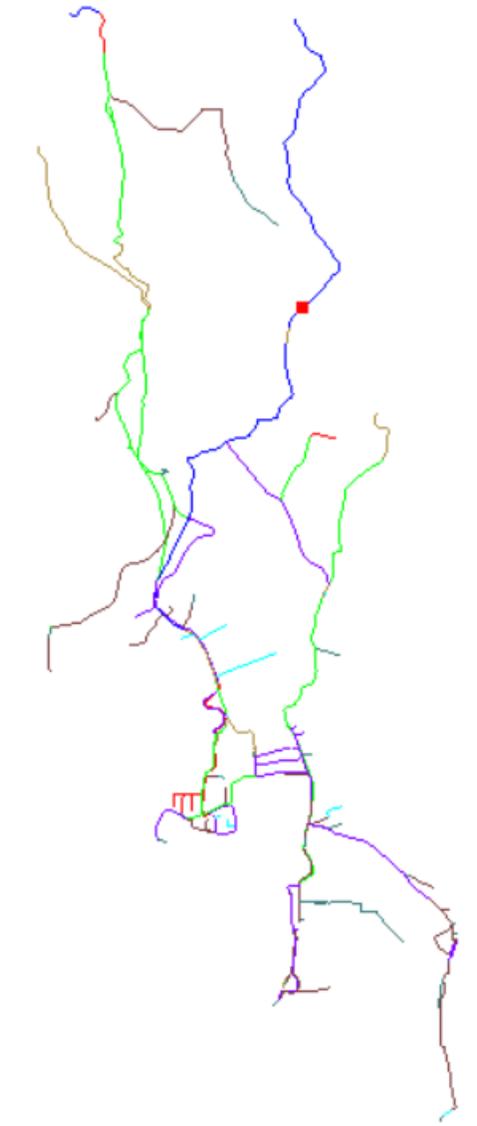


Calibración del modelo

Calibrar el modelo implica realizar modificaciones o ajustes. Lo anterior tiene el fin de lograr una representación más precisa del comportamiento del sistema. Este proceso es esencial, ya que posibilita una interpretación más exacta y respalda la toma de decisiones que se relacionan con el diseño.

La calibración se lleva a cabo al generar un patrón general del comportamiento hidráulico en el modelo. Luego, se verifican y corrigen partes específicas en los que el programa identifica niveles de presión altos o bajos.

Figura 34
Modelo WaterGEMS



Resultados del modelo

Al finalizar la calibración del modelo y correrlo, este muestra el comportamiento y los resultados.

Características de las tuberías. El programa facilita los diámetros y la longitud de las tuberías.

Figura 35
Tabla de tuberías

	Diameter (mm)	Length (PVC) (m)	Length (PEAD) (m)	Length (All Materials) (m)
12.0 (mm)	12.0	2,119	0	2,119
12.7 (mm)	12.7	31	0	31
18.0 (mm)	18.0	833	0	833
25.0 (mm)	25.0	6,557	172	6,729
38.0 (mm)	38.0	6,207	0	6,207
50.0 (mm)	50.0	7,367	0	7,367
62.0 (mm)	62.0	1,467	0	1,467
75.0 (mm)	75.0	2,851	0	2,851
100.0 (mm)	100.0	3,769	0	3,769
All Diameters	All Diameters	31,202	172	31,374

Nota. Tomado de WaterGEMS.

Como se observa en la Figura 35, el programa brinda cuatro columnas con información sobre las tuberías de todo el sistema así es posible saber cuántos metros de tubería hay por diámetro y según su material, ya que para este sistema se cuenta con tuberías tanto de PVC (cloruro de polivinilo) como PEAD (polietileno de alta densidad). En la última fila brinda la longitud total de todo el sistema que serían aproximadamente 31,374 m lineales de tubería.

Figura 36
Propiedades de las tuberías

	ID ▲	Label	Length (Scaled) (m)	Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Darcy-Weisbach e (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
509: T-01	509	T-01	5	5	N-11	N-12	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
511: T-02	511	T-02	10	10	N-12	N-13	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
513: T-03	513	T-03	6	6	N-13	N-14	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
515: T-04	515	T-04	11	11	N-14	N-15	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
517: T-05	517	T-05	11	11	N-15	N-16	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
519: T-06	519	T-06	12	12	N-16	N-17	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
521: T-07	521	T-07	5	5	N-17	N-18	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
523: T-08	523	T-08	17	17	N-18	N-19	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
525: T-09	525	T-09	48	48	N-19	N-20	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
527: T-10	527	T-10	47	47	N-20	N-21	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
528: T-11	528	T-11	35	35	N-21	N-01	62.0	PVC	0.0015	3.07	1.02
530: T-12	530	T-12	19	19	N-01	N-22	62.0	PVC	0.0015	3.03	1.00
532: T-13	532	T-13	26	26	N-22	N-23	62.0	PVC	0.0015	3.03	1.00
534: T-14	534	T-14	33	33	N-23	N-24	62.0	PVC	0.0015	3.03	1.00
536: T-15	536	T-15	16	16	N-24	N-25	62.0	PVC	0.0015	3.03	1.00
538: T-16	538	T-16	11	11	N-25	N-26	62.0	PVC	0.0015	3.03	1.00
540: T-17	540	T-17	14	14	N-26	N-27	62.0	PVC	0.0015	3.03	1.00
542: T-18	542	T-18	55	55	N-27	N-28	62.0	PVC	0.0015	3.03	1.00
544: T-19	544	T-19	20	20	N-28	N-29	50.0	PVC	0.0015	3.03	1.54
546: T-20	546	T-20	36	36	N-29	N-30	50.0	PVC	0.0015	3.03	1.54
548: T-21	548	T-21	6	6	N-30	N-31	50.0	PVC	0.0015	3.03	1.54
550: T-22	550	T-22	97	97	N-31	N-32	50.0	PVC	0.0015	3.03	1.54
552: T-23	552	T-23	39	39	N-32	N-33	50.0	PVC	0.0015	3.03	1.54
554: T-24	554	T-24	11	11	N-33	N-34	25.0	PVC	0.0015	0.41	0.83
556: T-25	556	T-25	16	16	N-34	N-35	25.0	PVC	0.0015	0.41	0.83
558: T-26	558	T-26	55	55	N-35	N-36	25.0	PVC	0.0015	0.41	0.83
560: T-27	560	T-27	61	61	N-36	N-37	25.0	PVC	0.0015	0.41	0.83
562: T-28	562	T-28	31	31	N-37	N-38	25.0	PVC	0.0015	0.41	0.83
564: T-29	564	T-29	68	68	N-38	N-39	25.0	PVC	0.0015	0.41	0.83
566: T-30	566	T-30	38	38	N-39	N-40	25.0	PVC	0.0015	0.41	0.83
568: T-31	568	T-31	53	53	N-40	N-41	25.0	PVC	0.0015	0.41	0.83
570: T-32	570	T-32	67	67	N-41	N-42	25.0	PVC	0.0015	0.41	0.83
572: T-33	572	T-33	18	18	N-42	N-43	25.0	PVC	0.0015	0.33	0.67
574: T-34	574	T-34	48	48	N-43	N-44	25.0	PVC	0.0015	0.33	0.67
576: T-35	576	T-35	22	22	N-44	N-45	25.0	PVC	0.0015	0.33	0.67
578: T-36	578	T-36	62	62	N-45	N-46	25.0	PVC	0.0015	0.33	0.67
580: T-37	580	T-37	53	53	N-46	N-47	25.0	PVC	0.0015	0.33	0.67
581: T-38	581	T-38	36	36	N-47	N-02	25.0	PVC	0.0015	0.33	0.67
583: T-39	583	T-39	43	43	N-02	N-48	25.0	PVC	0.0015	0.29	0.59

Nota. Tomado de WaterGEMS.

Características de los nodos. Las características de los nodos se representarán en la Tabla 13 de manera general.

Tabla 13
Características generales de los nodos

Elevaciones en los nodos (m. s. n. m.)		
Mínima	Máxima	Promedio
1811	2860	2286
Presiones en los nodos (mca)		
Mínima	Máxima	Promedio
-8.55	363.74	32.29
Demandas en los nodos (L/s)		
Mínima	Máxima	Promedio
0.015	7.46	0.03

La demanda total de todos los nodos es de 39.88 l/s.

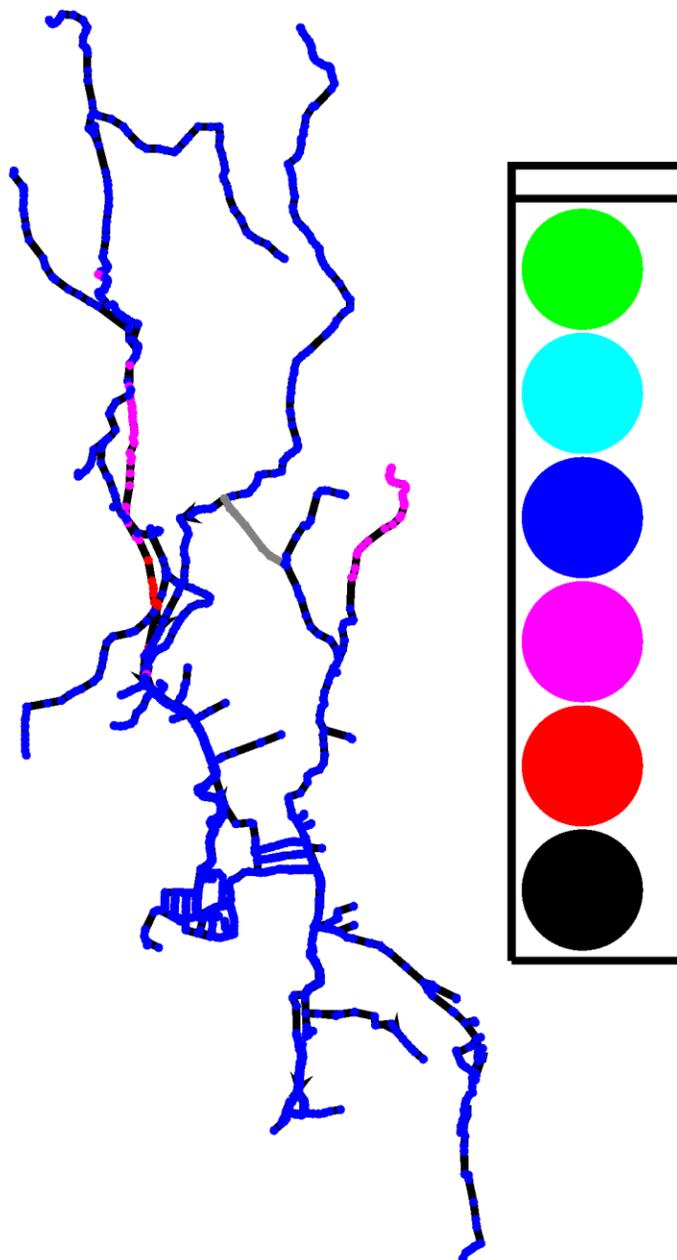
Figura 37
Características de los nodos

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Is Active?	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O) ▲
4505	J-1586	1,976.951	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.01	1,968.384	-8.55
4503	J-1585	1,976.951	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.01	1,968.384	-8.55
4507	J-1587	1,975.108	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.04	1,968.309	-6.79
1871	N-260	1,974.517	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	1,968.415	-6.09
4500	J-1584	1,978.183	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.04	1,973.409	-4.76
1869	N-283	1,978.456	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	1,974.547	-3.90
1269	N-292	2,240.913	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.04	2,237.501	-3.41
4451	J-1566	2,166.924	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.08	2,163.673	-3.24
5054	J-1774	2,238.862	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.04	2,235.740	-3.12
4457	J-1568	2,166.319	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.04	2,163.422	-2.89
1271	N-299	2,238.201	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.04	2,235.313	-2.88
4510	J-1588	1,968.778	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.04	1,965.902	-2.87
4459	J-1569	2,166.439	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.04	2,163.671	-2.76
1777	N-313	2,166.236	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	2,163.671	-2.56
1261	N-306	2,256.741	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.04	2,254.180	-2.56
1273	N-303	2,235.221	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.04	2,232.794	-2.42
1603	N-305	2,166.107	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	2,163.695	-2.41
1601	N-308	2,169.187	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	2,166.874	-2.31
4454	J-1567	2,165.978	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	2,163.671	-2.30
5203	J-1824	2,168.938	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.04	2,166.637	-2.30
1259	N-311	2,257.947	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.08	2,255.801	-2.14
1597	N-309	2,170.020	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.04	2,167.954	-2.06
1275	N-304	2,232.694	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	2,230.712	-1.98
2466	N-316	2,240.089	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	2,238.139	-1.95
1263	N-317	2,252.823	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	2,250.961	-1.86
1599	N-314	2,169.316	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	2,167.511	-1.80
1255	N-319	2,266.771	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.04	2,265.010	-1.76
5051	J-1773	2,244.248	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.04	2,242.605	-1.64
1873	N-295	1,966.639	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.08	1,965.089	-1.55
590	N-287	2,784.427	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	2,782.899	-1.52
1253	N-320	2,267.916	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.08	2,266.520	-1.39
1250	N-321	2,268.226	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.04	2,266.870	-1.35
1267	N-315	2,246.960	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	2,245.626	-1.33
4513	J-1589	1,966.182	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.04	1,964.868	-1.31
1605	N-322	2,154.599	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	2,153.386	-1.21
543	N-124	2,856.688	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00	2,855.568	-1.12
1257	N-323	2,261.160	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.08	2,260.172	-0.99
1595	N-327	2,172.068	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.08	2,171.129	-0.94
1279	N-325	2,221.480	<None>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.04	2,220.653	-0.83

Nota. Tomado de WaterGEMS.

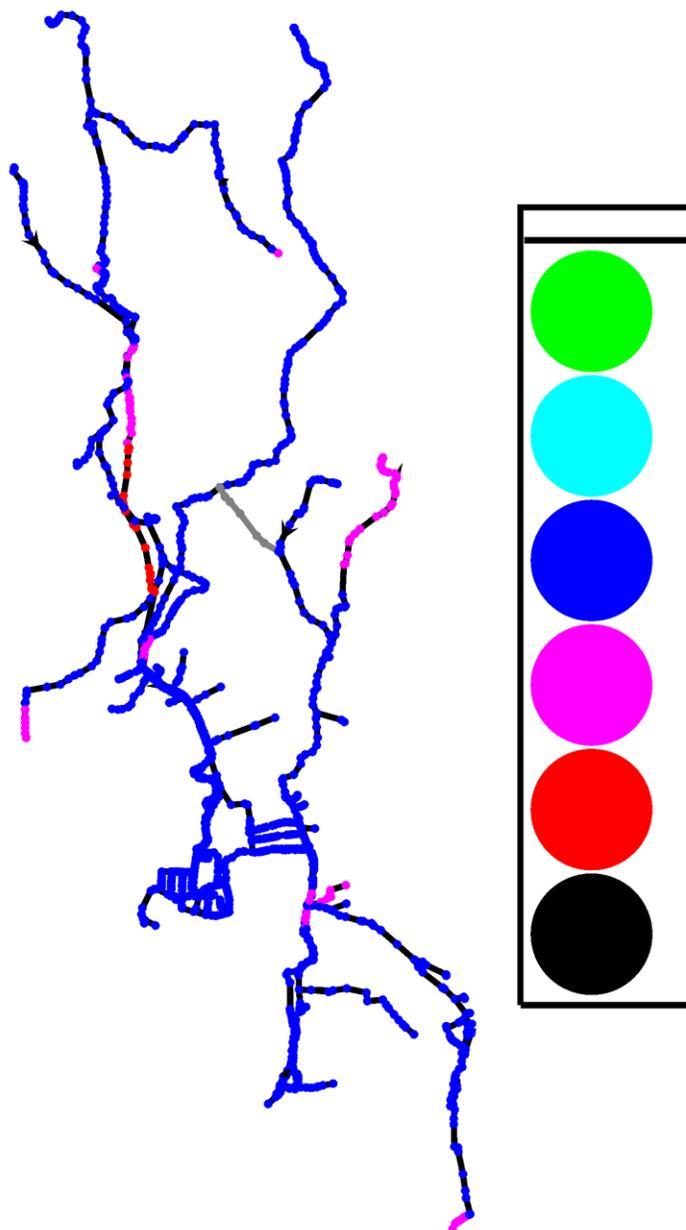
Presiones. Al finalizar la calibración del modelo, se compararon los resultados contra los rangos máximos y mínimos que indica la legislación. Al ser un modelo dinámico, debe cumplir con una presión mínima de 15 mca y una máxima de 70 mca esto debido a la topografía del terreno. En cuanto a las velocidades, deben cumplir con una mínima de 0.6 m/s y una máxima de 5 m/s en las redes de conducción, mientras que para las de distribución, estas no pueden exceder los 3 m/s.

Figura 38
Gráfico de presiones de una simulación dinámica



Nota. Tomado de WaterGEMS

Figura 39
Gráfico de presiones de una simulación estático

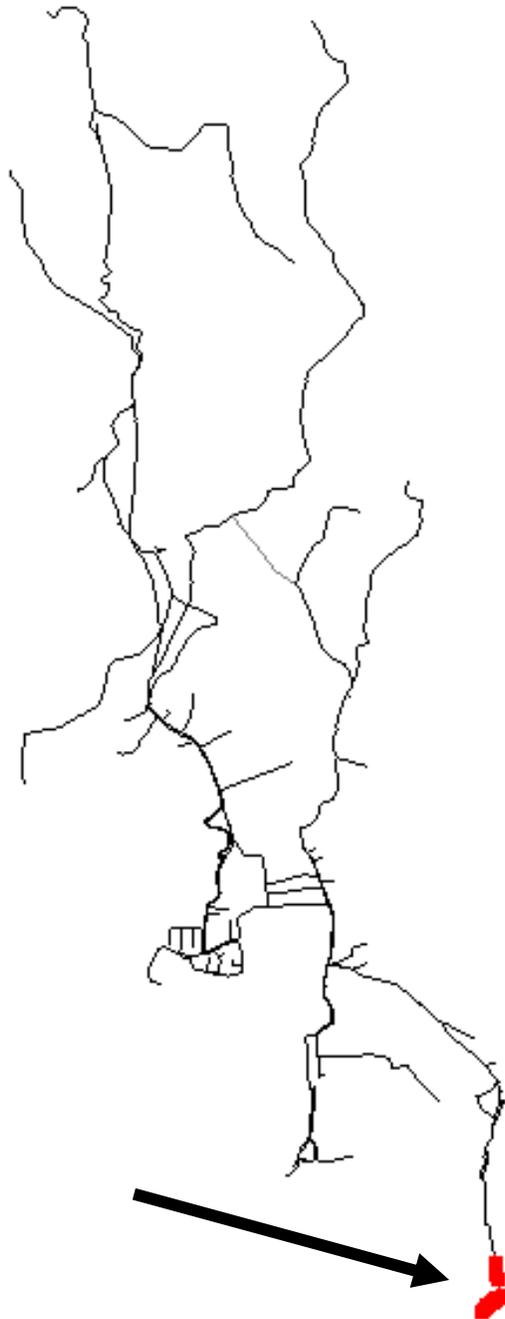


Nota. Tomado de WaterGEMS

Como se puede observar en la Figura 38 y la Figura 39 al modelar en estado estático las presiones en los nodos en ciertos sectores de distribución aumentan, esto debido a que no hay demandas.

Figura 40

Sector con altas presiones en estado estático



Nota. Tomado de WaterGEMS

Figura 41
Presiones en estado dinámico del sector de la **Figura 40**

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O) ▲
1963	N-992	1,836.052	0.04	34.69
1965	N-1046	1,828.482	0.04	39.65
3839	N-1055	1,813.546	0.16	40.95
3842	N-1057	1,813.782	0.08	40.99
3845	N-1059	1,813.896	0.04	41.46
1973	N-1060	1,813.011	0.00	41.47
4535	N-1063	1,814.405	0.04	42.19
3828	N-1065	1,815.122	0.04	42.43
3831	N-1068	1,816.218	0.04	42.62
1975	N-1069	1,811.222	0.04	42.69
3835	N-1080	1,816.361	0.04	43.69
4532	N-1087	1,817.182	0.04	45.49
1969	N-1088	1,816.456	0.04	45.54
1971	N-1089	1,816.221	0.00	45.63
1967	N-1090	1,817.220	0.04	45.71

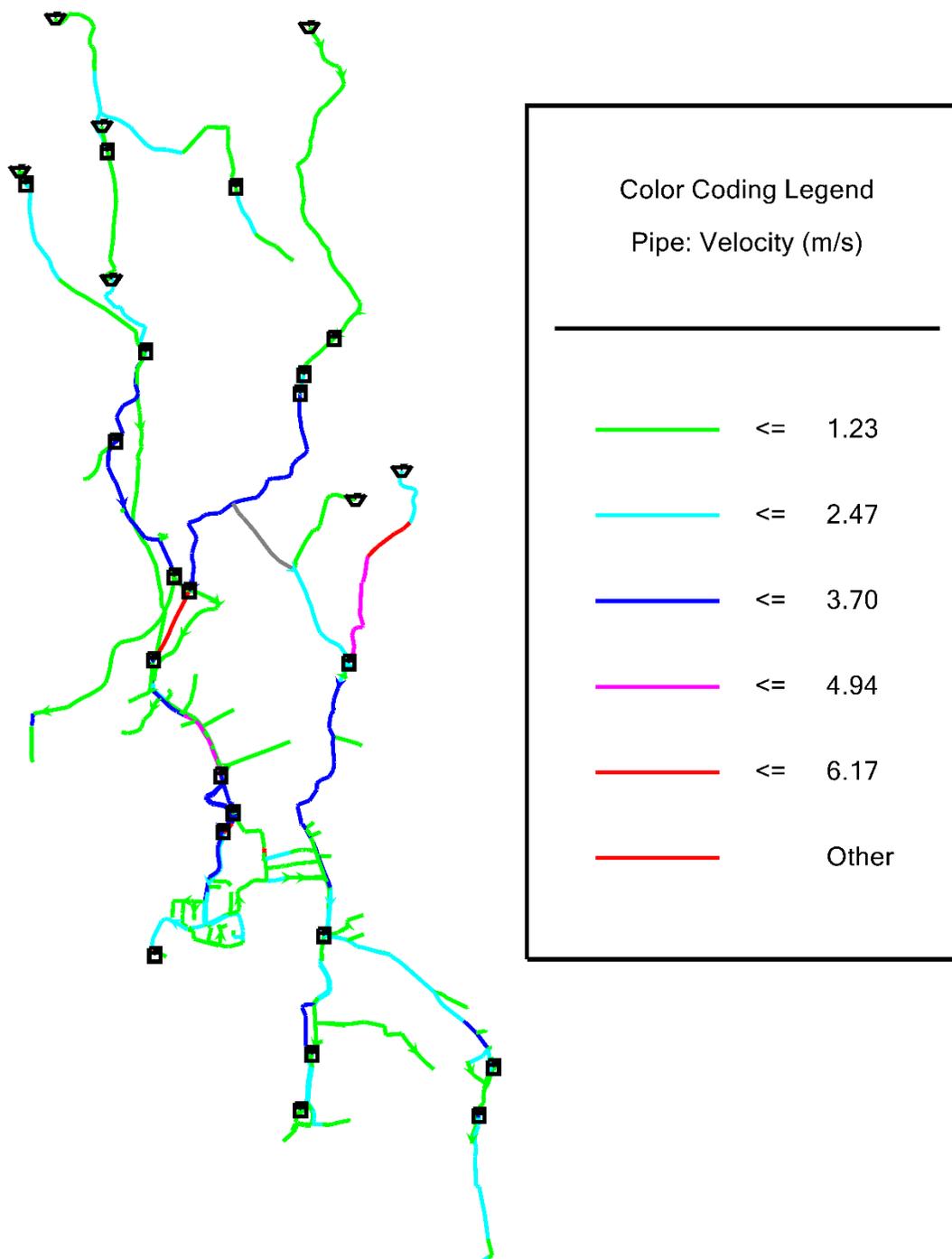
Nota. Tomado de WaterGEMS

Figura 42
Presiones en estado estático del sector de la **Figura 40**

ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O) ▲
1963	N-992	1,836.052	0.00	84.62
1965	N-1046	1,828.482	0.00	92.17
1967	N-1090	1,817.220	0.00	103.41
4532	N-1087	1,817.182	0.00	103.45
1969	N-1088	1,816.456	0.00	104.17
3835	N-1080	1,816.361	0.00	104.27
1971	N-1089	1,816.221	0.00	104.41
3831	N-1068	1,816.218	0.00	104.41
3828	N-1065	1,815.122	0.00	105.50
4535	N-1063	1,814.405	0.00	106.22
3845	N-1059	1,813.896	0.00	106.73
3842	N-1057	1,813.782	0.00	106.84
3839	N-1055	1,813.546	0.00	107.08
1973	N-1060	1,813.011	0.00	107.61
1975	N-1069	1,811.222	0.00	109.40

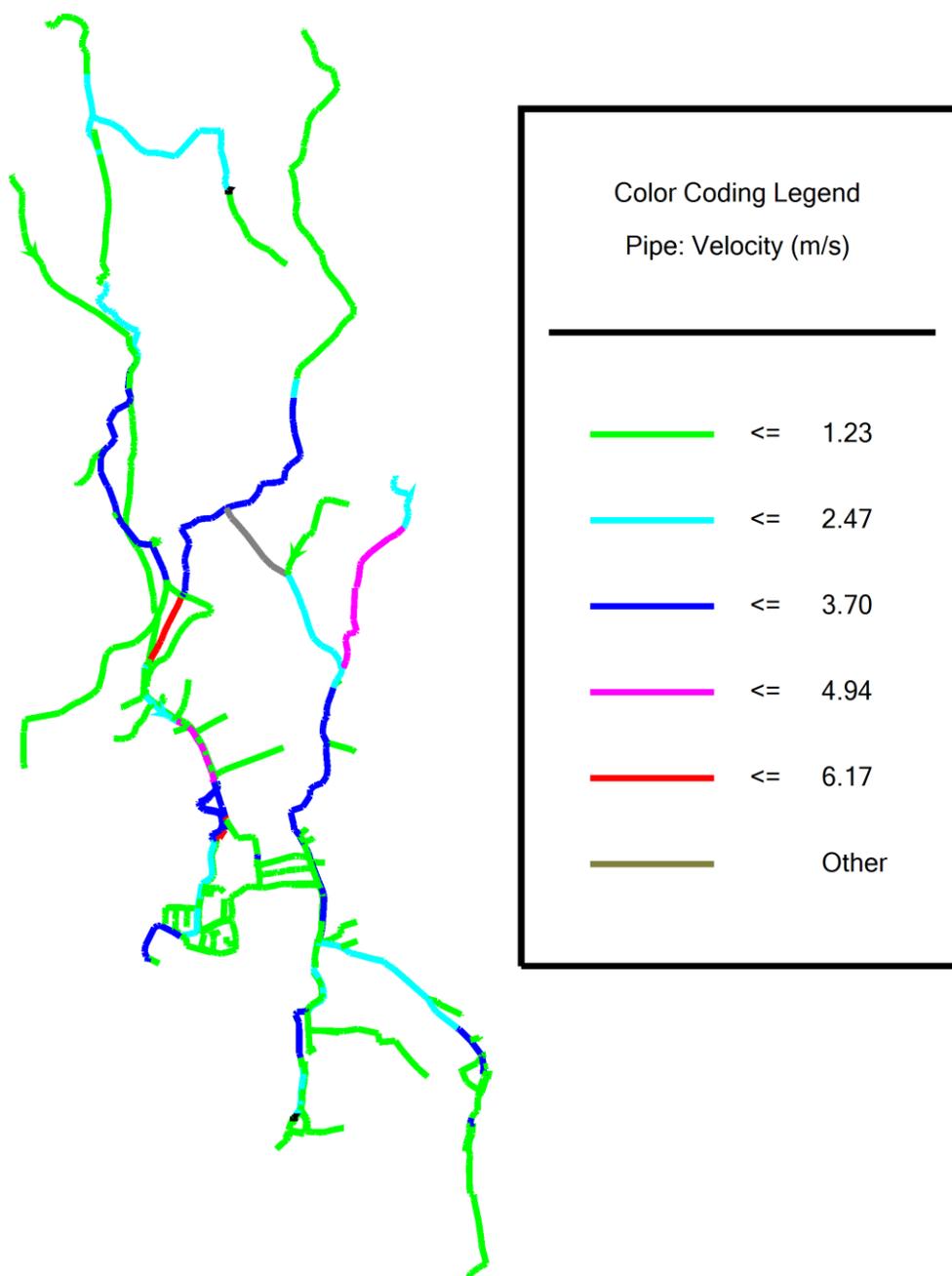
Nota. Tomado de WaterGEMS

Figura 43
Grafica de velocidades de una simulación estática



Nota. Tomado de WaterGEMS

Figura 44
Gráfico de velocidades de una simulación estática



Nota. Tomado de WaterGEMS

Perfil

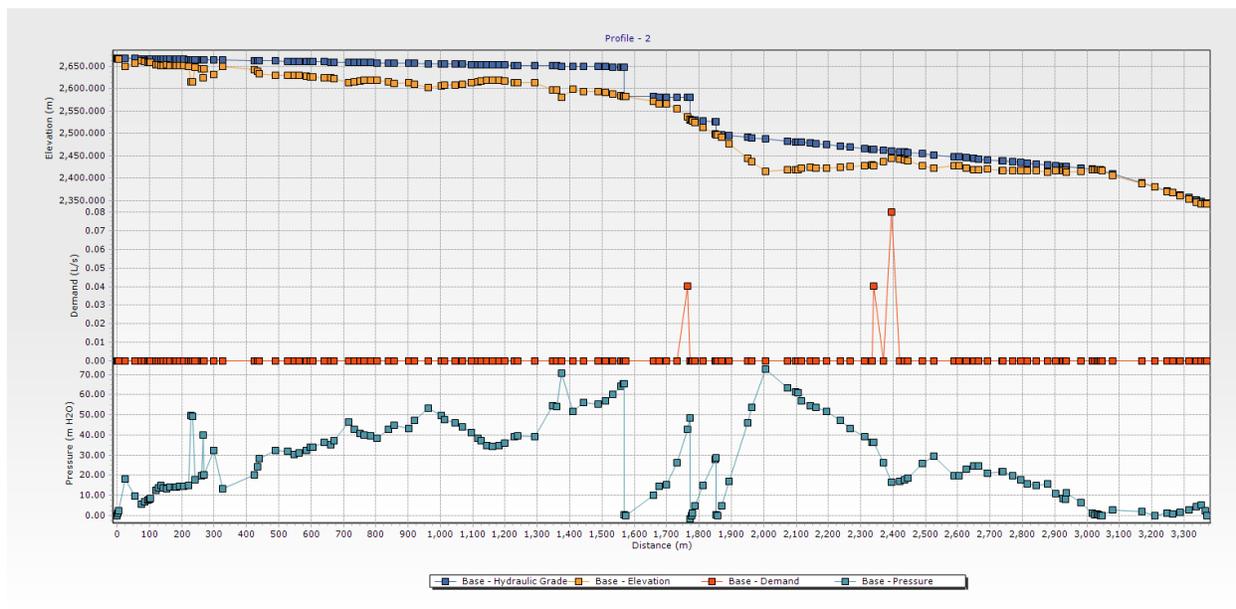
Figura 45

Tramo de la Naciente Birris al Tanque San Gerardo



Nota. Tomado de WaterGEMS

Figura 46
 Perfil de la Naciente Birris al Tanque San Gerardo



Nota. Tomado de WaterGEMS

Como se puede observar en la Figura 46, se pueden crear perfiles de tramos de interés. En este caso se presenta un perfil desde la naciente Birris que corresponde al sistema 2, hasta el tanque de almacenamiento San Gerardo. Es un perfil de 3.370 m de longitud que pasa por los tanques quiebragradientes de Ivankovich A, Ivankovich B, Ivankovich C y Álvaro. Se puede observar como la presión se reduce a 0 al caer a los tanques.

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

Se logró recopilar la información necesaria para evaluar la situación actual de la Asada Santa Rosa de Oreamuno en Cartago a través de variables definidas. Al utilizar esta herramienta, se obtuvieron datos que permiten analizar diversos aspectos operativos dentro de la Asada.

La herramienta empleada para obtener estos resultados es una calculadora de balance hídrico diseñada para Asadas, la cual en colaboración con el AyA y otras instituciones tiene como objetivo determinar la disponibilidad de agua para la prestación de nuevos servicios. Este enfoque proporciona una perspectiva a través del tiempo sobre la capacidad de la Asada para abastecer a una población en crecimiento, considerando su producción actual.

Se detallaron los procedimientos empleados para calcular la demanda, evaluar la población y prever nuevos servicios. Todo esto tiene el propósito de establecer la capacidad hídrica necesaria para un análisis prospectivo de los próximos 10 años.

Mediante visitas de campo, se evaluó el estado de la infraestructura del sistema de suministro de agua potable de la Asada. Lo anterior tiene el fin de verificar el cumplimiento de requerimientos, normativas de diseño y un funcionamiento óptimo en la conducción, almacenamiento y distribución de agua potable en las comunidades.

Además, se desarrolló un modelo hidráulico para el sistema de abastecimiento, utilizando el *software* WaterGEMS. Mediante este modelo se simuló el comportamiento del sistema para analizar los datos como las presiones y las demandas.

Se llevaron a cabo proyecciones de población para el distrito de Santa Rosa en Oreamuno. A partir de estos cálculos se estima que, para el año 2033, la población abastecida por la Asada ascenderá a aproximadamente 4453 personas.

En la actualidad, el sistema operativo de la Asada enfrenta desafíos que se relacionan con presiones elevadas en el sistema de conducción y presiones bajas en ciertos puntos de distribución. Para abordar estos problemas, se requiere implementar cambios en las tuberías y la instalación de válvulas reguladoras de presión.

Se concluyó que para el sector con las mayores presiones se debe corroborar con la Asada si hay alguna válvula liberadora de presión o alguna conexión ilegal, ya que actualmente no existe tubería de PVC que soporte esas presiones tan altas.

Recomendaciones

Nacientes

Se recomienda mejorar el sistema de seguridad de la naciente Birrís, ya que la malla de metal que hace la función de piso presenta deterioro. Cabe destacar que la altura de la naciente es considerable por lo que un accidente es grave, también se sugiere que por lo mojado del terreno el piso que da acceso a la naciente sea antideslizante y tampoco cuenta con barandas de seguridad.

Figura 47

Captación naciente Birrís



Visto en la proyección del balance hídrico se recomienda buscar nuevas fuentes de abastecimiento. Esto para evitar el desabastecimiento y el racionamiento, se puede conversar con Asadas cercanas para buscar una posible fusión en caso de no encontrar nuevas fuentes.

Tanques de almacenamiento y quebragradientes

Se recomienda agregar rótulos con los nombres a cada tanque de almacenamiento y quebragradientes junto con su capacidad de volumen. Otra recomendación sería ajustar el flujo para que no se generen rebalses en los tanques de almacenamiento y que sean en la naciente.

Se recomienda hacer mantenimiento de los tanques con frecuencia, ya que muchos presentan fugas, no están techados, presentan maleza y fisuras en las estructuras.

Figura 48
Quebragradiente Zentis



Figura 49
Quebragradiente Montero



Contaminante clorotalonil

Se recomienda buscar diferentes tipos de métodos para intentar eliminar el clorotalonil. Por ejemplo, se puede usar la filtración activada de carbono, ya que los filtros de carbono activado se consideran eficientes y relativamente económicos para eliminar compuestos orgánicos del agua, incluido el clorotalonil.

Estudiar la posibilidad de utilizar microorganismos que ayuden a descomponer el contaminante. Los sistemas de lodos activados y los humedales construidos son ejemplos de procesos biológicos que pueden ayudar en la eliminación.

Sistema

Se recomienda la instalación de macromedidores en las salidas de cada tanque, esto para obtener una lectura más precisa de cuanto cantidad de agua se está facturando y poder obtener un porcentaje de agua no contabilizada más exacto.

Reducir el porcentaje de agua no contabilizada, lo que evita los rebales en los tanques de almacenamiento.

Evaluar la economía de la Asada para tener un presupuesto y buscar posibles soluciones al contaminante que afecta a las nacientes, ya que muchos de los procesos de filtración que se necesitan son muy costosos.

Se recomienda cambiar en el sistema 3 en la zona de plantón, el diámetro de la tubería de 1". Esto debido a que según el modelo hidráulico en estado dinámico se obtienen presiones negativas por pérdidas por energía de la tubería, aumentando el diámetro se reducen las pérdidas por fricción lo cual aumenta la presión.

Figura 50

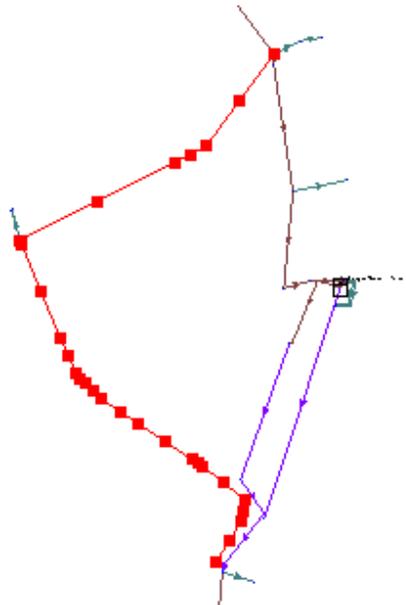
Sector a aumentar diámetros de tubería



Nota. Tomado de Civil3D

Figura 51

Tramo del nodo N-09 al nodo N-374



Nota. Tomado de WaterGEMS.

Figura 52

Características de los nodos del tramo N-09 al N-374

	ID	Label	Elevation (m)	Demand (L/s)	Pressure (m H2O) ▲
4507: N-09	4507	N-09	1,975.108	0.04	-6.79
1871: N-10	1871	N-10	1,974.517	0.00	-6.09
4500: N-11	4500	N-11	1,978.183	0.04	-4.76
1869: N-12	1869	N-12	1,978.456	0.00	-3.90
4510: N-18	4510	N-18	1,968.778	0.04	-2.87
1873: N-35	1873	N-35	1,966.639	0.08	-1.55
4513: N-40	4513	N-40	1,966.182	0.04	-1.31
1875: N-61	1875	N-61	1,964.751	0.16	-0.20
1865: N-117	1865	N-117	1,976.971	0.00	1.22
4516: N-154	4516	N-154	1,962.170	0.04	2.10
1877: N-259	1877	N-259	1,958.967	0.08	4.99
4519: N-273	4519	N-273	1,958.499	0.04	5.43
1879: N-327	1879	N-327	1,956.213	0.00	7.63
1881: N-349	1881	N-349	1,955.369	0.00	8.44
1883: N-374	1883	N-374	1,953.984	0.12	9.76

Nota. Tomado de WaterGEMS.

Referencias bibliográficas

- Arboleda Triviño, A. F. y Ruiz Corredor, B. A. (2017). *Diagnóstico y mejoramiento del sistema de acueducto del municipio de Mesitas del Colegio (Cundinamarca)* (Tesis de licenciatura no publicada). Universidad Católica de Colombia.
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15224/1/Trabajo%20de%20grado.pdf>
- Astorga Espeleta, Y.; Martínez Cascante, Y.; Ramírez Villalta, R.; García Muñoz, G.; Gómez Arce, R. M.; Espinoza Villalobos, D.; Murillo Quesada, H.; Monge, E.; Gómez Montero, A. y Fernández, E. (2015). *Política de Organización y Fortalecimiento de la Gestión Comunitaria de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento*. AyA.
<https://www.aya.go.cr/ASADAS/documentacionAsadas/Pol%C3%ADtica%20de%20ASADAS.pdf>
- Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos. (2022, 04 de agosto). *Aresep fiscaliza labor de ASADAS*. <https://aresep.go.cr/participacion/noticias/1589-aresep-fiscaliza-labor-de-asadas>
- Espinoza López, M. A. (2021). *Evaluación del funcionamiento del sistema de agua potable para la elaboración de un plan de mejora de la infraestructura para el abastecimiento de la asada de San Juan, Santa Cruz, Guanacaste, Costa Rica* (Proyecto final de graduación para optar por el grado de licenciatura en ingeniería hidrológica, Universidad Nacional de Costa Rica).
<https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/23272/Evaluaci%C3%B3n%20Del%20Funcionamiento%20Del%20Sistema%20De%20Agua%20Potable%20Para%20La.PDF?sequence=4&isAllowed=y>
- Garita Granados, C. y Quesada Araya, J. (2019). *Agua, recurso hídrico, manejo y acceso*. Pensis, XV ed. <https://www.tec.ac.cr/pensis/ediciones/pensis-xv-edicion>
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA). (2017, 21 de junio). *Norma Técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial*. AyA.
<https://www.aya.go.cr/Noticias/Documents/Norma%20dise%C3%B1o%20y%20construccion%20sistemas%20agua,%20saneamiento%20y%20pluvial.pdf>

Ministerio de Ambiente y Energía. (s. f.). *Asadas*. <https://da.go.cr/asadas/>

Mora Alvarado, D. y Portuguez, C. F. (2021). *Agua para consumo humano y saneamiento en Costa Rica al 2020: Brechas en tiempos de pandemia*.

https://www.aya.go.cr/transparenciaInst/rendicion_cuentas/PlanesEspecificosSectorial/Agua%20para%20consumo%20humano%20y%20saneamiento%20en%20Costa%20Rica%20al%202020_%20Brechas%20en%20tiempos%20de%20pandemia.pdf

Municipalidad de Oreamuno. (2022a, 9 de marzo). *Generalidades: División Territorial*.

<https://www.oreamuno.go.cr/articulo/66/generalidades->

Municipalidad de Oreamuno. (2022b, 21 de marzo). *Cantón: Santa Rosa*.

<https://www.oreamuno.go.cr/articulo/63/santa-rosa>

Naciones Unidas. (2012). *Costa Rica, en busca del acceso universal al agua potable*.

<https://news.un.org/es/story/2021/03/1489822>

Procuraduría General de la República. (2020, 22 de septiembre). *Política Regulatoria sobre el acceso al agua potable y saneamiento de aguas residuales*.

http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=92644&nValor3=122733&strTipM=TC

Quirós-Guevara, J.; Rodríguez-Hernández, K. D.; Artavia-Pérez, K. V. y Madrigal-Rojas, K.

(2021). *Potencial Turístico en el distrito de Santa Rosa, cantón de Oreamuno, provincia de Cartago (Dissertation)*. TEC. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/13559>

Ramírez Vargas, S. A. (2021). *Plan de mejoras para el acueducto de la ASADA Suerre, Jiménez, Pococí, Limón* (Tesis de licenciatura no publicada). Instituto Tecnológico de Costa Rica.

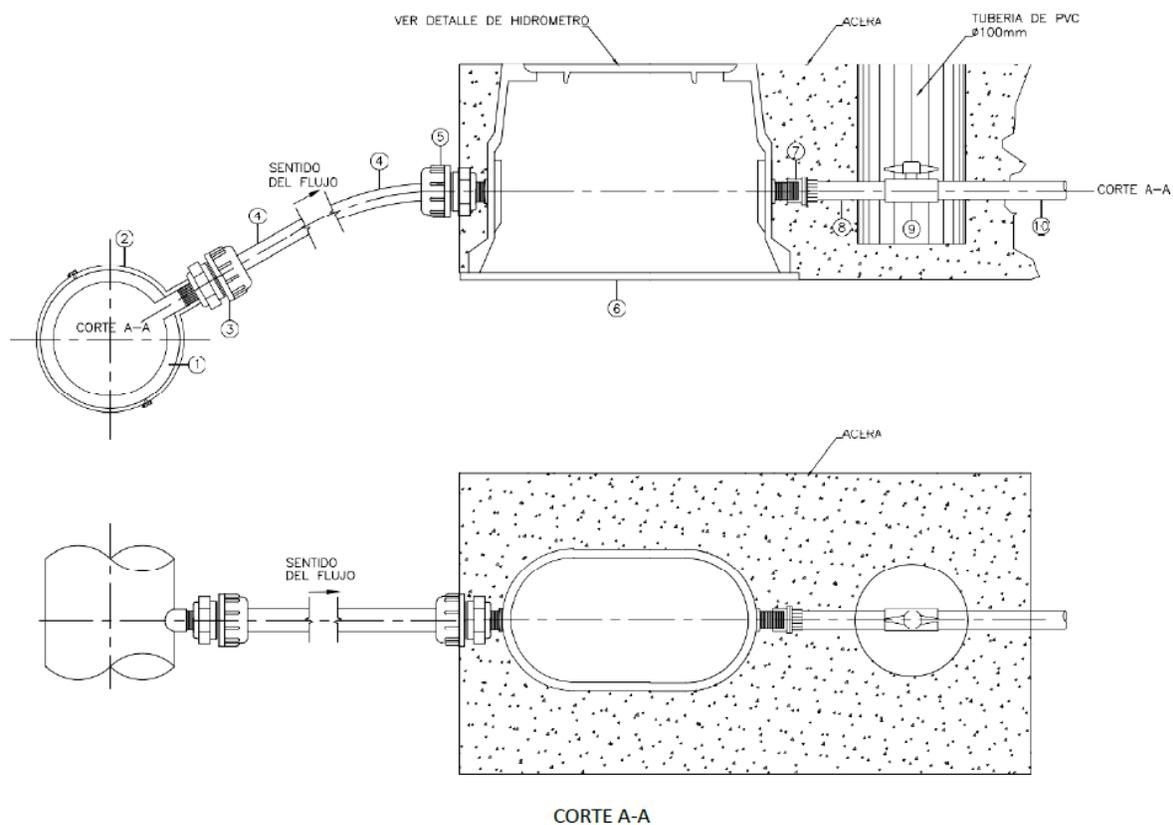
https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/13763/TF9239_BIB306981_Sofia_Ramirez_Vargas.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Anexos

Anexo 1. Materiales

PREVISTA DOMICILIAR DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD PARA TUBERÍAS DE PVC

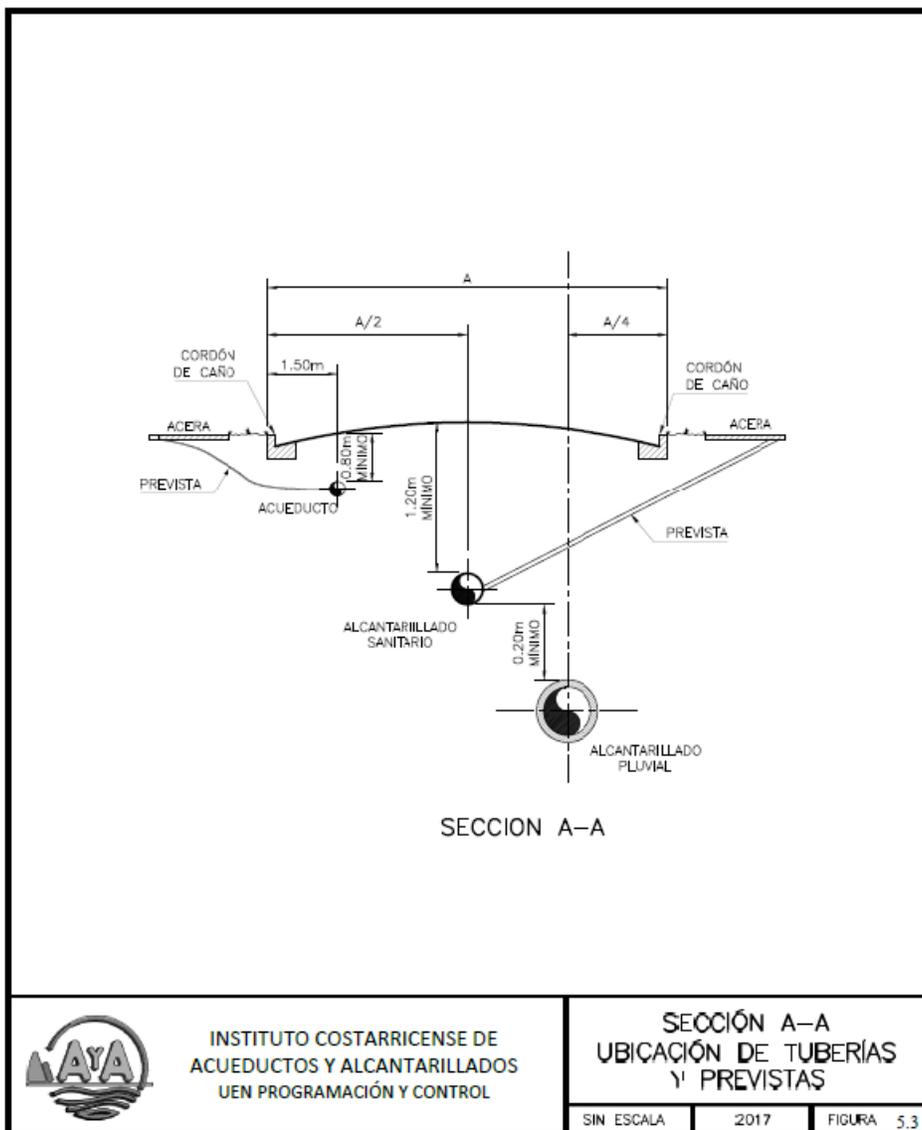
SIN ESCALA



MATERIALES A USAR EN PREVISTA DE ACUEDUCTO DE POLIETILENO DE ALIA DENSIDAD PARA TUBERIAS DE PVC		
N°	CANTIDAD	ELEMENTO
1	1 un	TUBERIA PVC.
2	1 un	SILLETA PVC CON ROSCA Y ESPIGA (ASTM U2466)
3	1 un	UNION DE COMPRESION DE PVC, ROSCA MACHO (ASTM D2466)
4	VARIABLE	TUBERIA (MANGUERA) DE POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD, PE 4710, RAZON DIMENSIONAL-9, 17.6 Kg/cm ² (250PSI), 23°C, SEGUN NORMA INTECO 16-05-D6 (ASTM D3035), CON DIAMETRO EXTERNO 21.3mm.
5	1 un	UNION DE COMPRESION PVC, ROSCA HEMBRA. (ASTM D2466)
6	1 un	CAJA PARA HIDROMETRO DE HIERRO FUNDIDO (ASTM A48, CLASE 25)
7	1 un	ADAPTADOR HEMBRA PVC (ASTM D2466)
8	1 un	NIPLE PVC (ASTM U2241)
9	1 un	VALVULA DE PASO PVC (ASTM D2466)
10	1 un	TUBERIA DOMICILIAR PVC (ASTM D2241)

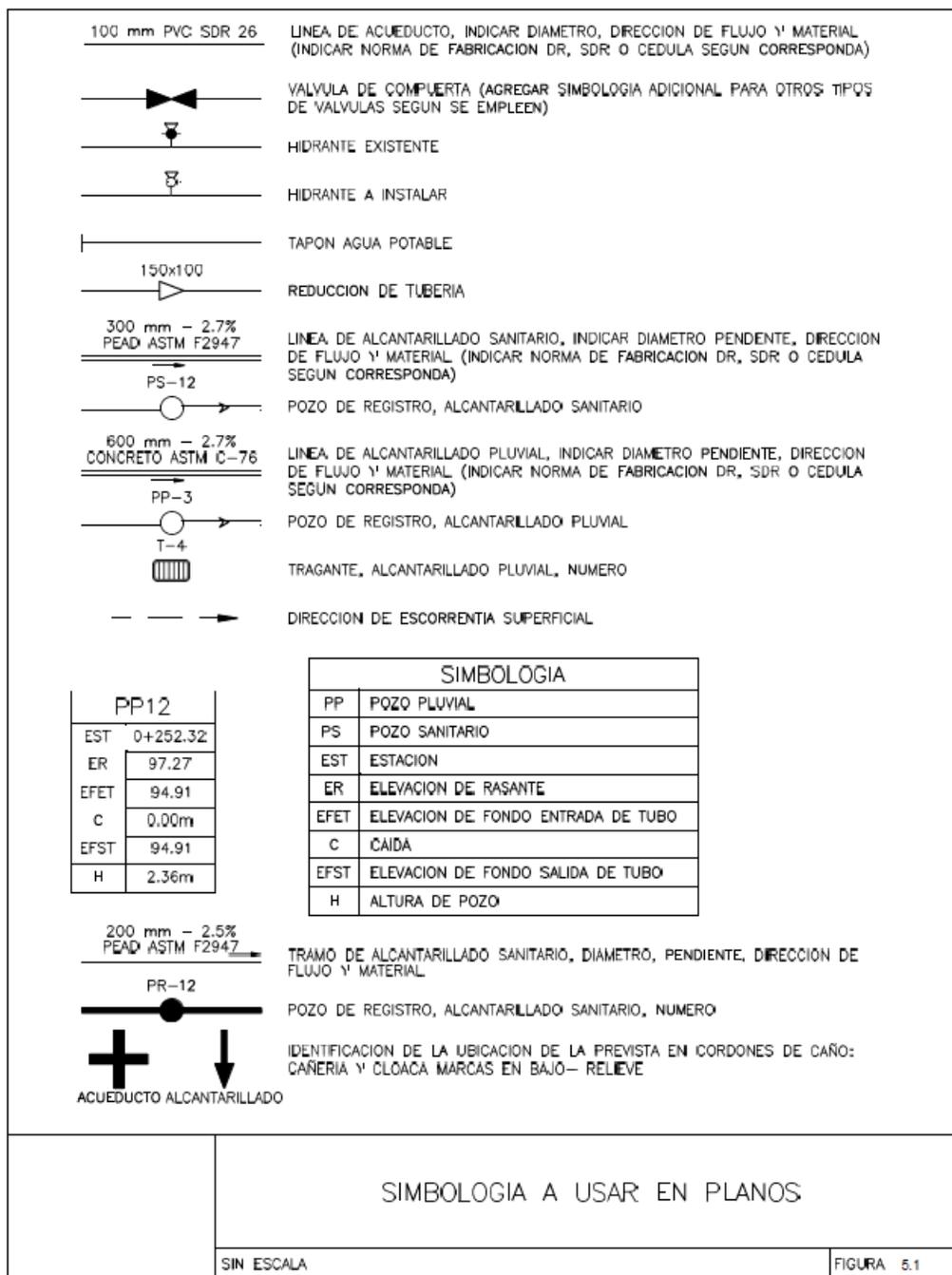
Nota. Tomado de Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial.

Anexo 2. Ubicación de tuberías y previstas



Nota. Tomado de Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial.

Anexo 3. Simbología para usar en planos



Nota. Tomado de Norma técnica para diseño y construcción de sistemas de abastecimiento de agua potable, de saneamiento y pluvial.

Anexo 4. Especificaciones tubería PVC ASTM D 2241

Diam. Nom.	Diámetro Promedio Externo (mm)	Espesor mínimo de pared (mm) (Tolerancia positiva equivalente al 6% del espesor mínimo)					
		SDR 41	SDR 32,5	SDR 26	SDR 21	SDR17	SDR 13,5
12	21,34±0,10	...	...	...	...	...	1,57+0,09
18	26,67±0,10	...	...	...	1,52+0,09	1,57+0,09	1,98+0,12
25	33,40±0,13	...	...	1,52+0,09	1,60+0,10	1,96+0,12	2,46+0,15
31	42,16±0,13	1,18+0,07	1,52+0,09	1,63+0,10	2,01+0,12	2,49+0,15	3,12+0,19
38	48,26±0,15	1,18+0,07	1,52+0,09	1,85+0,11	2,29+0,14	2,84+0,17	3,58+0,21
50	60,32±0,15	1,47+0,09	1,85+0,11	2,31+0,14	2,87+0,17	3,56+0,21	4,47+0,27
62	73,02±0,18	1,78+0,11	2,24+0,13	2,79+0,17	3,48+0,21	4,29+0,26	5,41+0,32
75	88,90±0,20	2,16+0,13	2,74+0,16	3,43+0,21	4,24+0,25	5,23+0,31	6,58+0,39
100	114,30±0,23	2,79+0,17	3,51+0,21	4,39+0,26	5,44+0,33	6,73+0,40	8,46+0,51
150	168,28±0,28	4,11+0,25	5,18+0,31	6,48+0,39	8,03+0,48	9,91+0,59	12,47+0,75
200	219,08±0,38	5,33+0,32	6,73+0,40	8,43+0,51	10,41+0,62	12,90+0,77	...
250	273,05±0,38	6,65+0,40	8,41+0,50	10,49+0,63	12,98+0,78	16,05+0,96	...
300	323,85±0,38	7,90+0,47	9,96+0,60	12,45+0,75	15,39+0,92	19,05+1,14	...
375	388,62±0,41	9,47+0,57	11,96+0,72	14,94+0,90	18,49+1,11	...	...
450	457,20±0,48	11,15+0,67	14,07+0,84	17,58+1,05	21,77+1,31	26,90+1,61	...

Nota. Tomado de ficha técnica Durman.

Anexo 5. Tabla de tubería

	ID	Label	Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Darcy-Weisbach e (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
509: T-01	509	T-01	5	N-135	N-140	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
511: T-02	511	T-02	10	N-140	N-146	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
513: T-03	513	T-03	6	N-146	N-142	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
515: T-04	515	T-04	11	N-142	N-139	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
517: T-05	517	T-05	11	N-139	N-138	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
519: T-06	519	T-06	12	N-138	N-143	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
521: T-07	521	T-07	5	N-143	N-148	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
523: T-08	523	T-08	17	N-148	N-202	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
525: T-09	525	T-09	48	N-202	N-154	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
527: T-10	527	T-10	47	N-154	N-130	100.0	PVC	0.0015	3.07	0.39
528: T-11	528	T-11	35	N-130	N-150	62.0	PVC	0.0015	3.07	1.02
530: T-12	530	T-12	19	N-150	N-155	62.0	PVC	0.0015	3.03	1.00
532: T-13	532	T-13	26	N-155	N-156	62.0	PVC	0.0015	3.03	1.00
534: T-14	534	T-14	33	N-156	N-152	62.0	PVC	0.0015	3.03	1.00
536: T-15	536	T-15	16	N-152	N-145	62.0	PVC	0.0015	3.03	1.00
538: T-16	538	T-16	11	N-145	N-141	62.0	PVC	0.0015	3.03	1.00
540: T-17	540	T-17	14	N-141	N-137	62.0	PVC	0.0015	3.03	1.00
542: T-18	542	T-18	55	N-137	N-127	62.0	PVC	0.0015	3.03	1.00
544: T-19	544	T-19	20	N-127	N-124	50.0	PVC	0.0015	3.03	1.54
546: T-20	546	T-20	36	N-124	N-144	50.0	PVC	0.0015	3.03	1.54
548: T-21	548	T-21	6	N-144	N-151	50.0	PVC	0.0015	3.03	1.54
550: T-22	550	T-22	97	N-151	N-166	50.0	PVC	0.0015	3.03	1.54
552: T-23	552	T-23	39	N-166	N-182	50.0	PVC	0.0015	3.03	1.54
554: T-24	554	T-24	11	N-182	N-176	25.0	PVC	0.0015	0.41	0.83
556: T-25	556	T-25	16	N-176	N-188	25.0	PVC	0.0015	0.41	0.83
558: T-26	558	T-26	55	N-188	N-184	25.0	PVC	0.0015	0.41	0.83
560: T-27	560	T-27	61	N-184	N-199	25.0	PVC	0.0015	0.41	0.83
562: T-28	562	T-28	31	N-199	N-204	25.0	PVC	0.0015	0.41	0.83
564: T-29	564	T-29	68	N-204	N-213	25.0	PVC	0.0015	0.41	0.83
566: T-30	566	T-30	38	N-213	N-231	25.0	PVC	0.0015	0.41	0.83
568: T-31	568	T-31	53	N-231	N-248	25.0	PVC	0.0015	0.41	0.83
570: T-32	570	T-32	67	N-248	N-285	25.0	PVC	0.0015	0.41	0.83
572: T-33	572	T-33	18	N-285	N-279	25.0	PVC	0.0015	0.33	0.67
574: T-34	574	T-34	48	N-279	N-263	25.0	PVC	0.0015	0.33	0.67
576: T-35	576	T-35	22	N-263	N-261	25.0	PVC	0.0015	0.33	0.67
578: T-36	578	T-36	62	N-261	N-255	25.0	PVC	0.0015	0.33	0.67
580: T-37	580	T-37	53	N-255	N-270	25.0	PVC	0.0015	0.33	0.67
581: T-38	581	T-38	36	N-270	N-257	25.0	PVC	0.0015	0.33	0.67
583: T-39	583	T-39	43	N-257	N-265	25.0	PVC	0.0015	0.29	0.59

	ID	Label	Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Darcy-Weisbach e (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
585: T-40	585	T-40	39	N-265	N-301	25.0	PVC	0.0015	0.29	0.59
587: T-41	587	T-41	39	N-301	N-368	25.0	PVC	0.0015	0.29	0.59
589: T-42	589	T-42	37	N-368	N-294	25.0	PVC	0.0015	0.29	0.59
591: T-43	591	T-43	31	N-294	N-287	25.0	PVC	0.0015	0.29	0.59
593: T-44	593	T-44	25	N-287	N-332	25.0	PVC	0.0015	0.29	0.59
594: T-45	594	T-45	16	N-332	N-379	25.0	PVC	0.0015	0.29	0.59
595: T-46	595	T-46	30	N-379	Queibra ...	25.0	PVC	0.0015	0.25	0.51
597: T-47	597	T-47	9	Queibra ...	N-514	25.0	PVC	0.0015	0.20	0.41
599: T-48	599	T-48	49	N-514	N-698	25.0	PVC	0.0015	0.20	0.41
601: T-49	601	T-49	50	N-698	N-737	12.0	PVC	0.0015	0.20	1.79
603: T-50	603	T-50	48	N-737	N-755	12.0	PVC	0.0015	0.20	1.79
604: T-51	604	T-51	10	N-755	N-770	12.0	PVC	0.0015	0.20	1.79
605: T-52	605	T-52	49	N-770	N-727	12.0	PVC	0.0015	0.20	1.79
607: T-53	607	T-53	20	N-727	N-739	12.0	PVC	0.0015	0.12	1.07
609: T-54	609	T-54	38	N-739	N-678	12.0	PVC	0.0015	0.12	1.07
611: T-55	611	T-55	45	N-678	N-617	12.0	PVC	0.0015	0.12	1.07
613: T-56	613	T-56	61	N-617	N-729	12.0	PVC	0.0015	0.12	1.07
614: T-57	614	T-57	34	N-729	N-767	12.0	PVC	0.0015	0.08	0.72
616: T-58	616	T-58	21	N-182	N-197	50.0	PVC	0.0015	2.62	1.34
618: T-59	618	T-59	52	N-197	N-241	50.0	PVC	0.0015	2.62	1.34
620: T-60	620	T-60	33	N-241	N-291	50.0	PVC	0.0015	2.62	1.34
622: T-61	622	T-61	50	N-291	N-345	50.0	PVC	0.0015	2.62	1.34
623: T-62	623	T-62	23	N-345	Queibra B...	50.0	PVC	0.0015	3.25	1.66
625: T-63	625	T-63	96	Queibra B...	N-578	50.0	PVC	0.0015	0.12	0.06
627: T-64	627	T-64	38	N-578	N-674	50.0	PVC	0.0015	0.08	0.04
629: T-65	629	T-65	19	N-674	N-768	50.0	PVC	0.0015	0.04	0.02
631: T-66	631	T-66	24	N-768	N-847	50.0	PVC	0.0015	0.04	0.02
633: T-67	633	T-67	33	N-847	N-913	50.0	PVC	0.0015	0.04	0.02
635: T-68	635	T-68	31	N-913	N-916	50.0	PVC	0.0015	0.04	0.02
637: T-69	637	T-69	24	N-916	N-925	50.0	PVC	0.0015	0.04	0.02
639: T-70	639	T-70	42	N-925	N-956	50.0	PVC	0.0015	0.04	0.02
641: T-71	641	T-71	30	N-956	N-969	50.0	PVC	0.0015	0.04	0.02
643: T-72	643	T-72	37	N-969	N-994	50.0	PVC	0.0015	0.04	0.02
645: T-73	645	T-73	4	N-994	N-997	50.0	PVC	0.0015	0.04	0.02
647: T-74	647	T-74	61	N-997	N-1031	50.0	PVC	0.0015	0.04	0.02
649: T-75	649	T-75	21	N-1031	N-1038	50.0	PVC	0.0015	0.04	0.02
651: T-76	651	T-76	30	N-1038	N-1035	50.0	PVC	0.0015	0.04	0.02
653: T-77	653	T-77	16	N-1035	N-1039	50.0	PVC	0.0015	0.04	0.02
655: T-78	655	T-78	13	N-1039	N-1040	50.0	PVC	0.0015	0.04	0.02

	ID	Label	Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Darcy-Weisbach e (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
657: T-79	657	T-79	27	N-1040	N-1041	50.0	PVC	0.0015	0.00	0.00
659: T-80	659	T-80	15	N-1041	N-1042	50.0	PVC	0.0015	0.00	0.00
661: T-81	661	T-81	23	N-1042	N-1043	50.0	PVC	0.0015	0.00	0.00
662: T-82	662	T-82	15	N-1043	N-209	50.0	PVC	0.0015	0.00	0.00
666: T-83	666	T-83	6	N-209	N-211	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
668: T-84	668	T-84	7	N-211	N-218	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
670: T-85	670	T-85	2	N-218	N-219	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
672: T-86	672	T-86	7	N-219	N-217	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
674: T-87	674	T-87	10	N-217	N-220	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
676: T-88	676	T-88	2	N-220	N-222	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
678: T-89	678	T-89	9	N-222	N-223	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
680: T-90	680	T-90	8	N-223	N-229	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
682: T-91	682	T-91	5	N-229	N-228	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
684: T-92	684	T-92	5	N-228	N-227	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
686: T-93	686	T-93	22	N-227	N-225	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
688: T-94	688	T-94	10	N-225	N-230	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
690: T-95	690	T-95	11	N-230	N-239	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
692: T-96	692	T-96	9	N-239	N-243	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
694: T-97	694	T-97	40	N-243	N-272	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
696: T-98	696	T-98	19	N-272	N-275	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
698: T-99	698	T-99	8	N-275	N-276	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
700: T-100	700	T-100	22	N-276	N-271	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
702: T-101	702	T-101	19	N-271	N-286	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
704: T-102	704	T-102	12	N-286	N-282	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
706: T-103	706	T-103	10	N-282	N-280	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
708: T-104	708	T-104	9	N-280	N-277	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
710: T-105	710	T-105	10	N-277	N-274	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
712: T-106	712	T-106	19	N-274	N-273	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
714: T-107	714	T-107	29	N-273	N-266	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
716: T-108	716	T-108	2	N-266	N-267	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
718: T-109	718	T-109	2	N-267	N-269	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
720: T-110	720	T-110	68	N-269	N-307	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
722: T-111	722	T-111	34	N-307	N-333	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
724: T-112	724	T-112	11	N-333	N-371	75.0	PVC	0.0015	6.01	1.36
725: T-113	725	T-113	2	N-371	Quebra Z...	75.0	PVC	0.0015	5.97	1.35
727: T-114	727	T-114	31	Quebra Z...	N-503	75.0	PVC	0.0015	6.73	1.52
729: T-115	729	T-115	11	N-503	N-542	75.0	PVC	0.0015	6.73	1.52
731: T-116	731	T-116	33	N-542	N-641	50.0	PVC	0.0015	6.73	3.43
733: T-117	733	T-117	73	N-641	N-634	50.0	PVC	0.0015	6.73	3.43

	ID	Label	Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Darcy-Weisbach e (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
739: T-118	739	T-118	32	N-965	N-978	50.0	PVC	0.0015	8.15	4.15
741: T-119	741	T-119	29	N-978	N-1007	50.0	PVC	0.0015	8.15	4.15
743: T-120	743	T-120	10	N-1007	N-1018	50.0	PVC	0.0015	8.15	4.15
745: T-121	745	T-121	17	N-1018	N-1025	50.0	PVC	0.0015	8.15	4.15
747: T-122	747	T-122	18	N-1025	N-1029	50.0	PVC	0.0015	8.15	4.15
749: T-123	749	T-123	17	N-1029	N-1030	50.0	PVC	0.0015	8.15	4.15
751: T-124	751	T-124	30	N-1030	N-1022	50.0	PVC	0.0015	8.15	4.15
753: T-125	753	T-125	23	N-1022	N-1011	50.0	PVC	0.0015	8.15	4.15
755: T-126	755	T-126	22	N-1011	N-1010	50.0	PVC	0.0015	8.15	4.15
757: T-127	757	T-127	22	N-1010	N-1020	50.0	PVC	0.0015	8.15	4.15
759: T-128	759	T-128	46	N-1020	N-1017	50.0	PVC	0.0015	8.15	4.15
761: T-129	761	T-129	22	N-1017	N-1023	50.0	PVC	0.0015	8.15	4.15
763: T-130	763	T-130	15	N-1023	N-1021	50.0	PVC	0.0015	8.15	4.15
764: T-131	764	T-131	52	N-1021	N-995	50.0	PVC	0.0015	8.15	4.15
766: T-132	766	T-132	52	N-995	N-948	50.0	PVC	0.0015	8.06	4.11
768: T-133	768	T-133	89	N-948	N-883	50.0	PVC	0.0015	8.06	4.11
770: T-134	770	T-134	36	N-883	N-837	50.0	PVC	0.0015	8.03	4.09
772: T-135	772	T-135	17	N-837	N-815	50.0	PVC	0.0015	8.03	4.09
774: T-136	774	T-136	20	N-815	N-728	50.0	PVC	0.0015	8.03	4.09
776: T-137	776	T-137	69	N-728	N-501	50.0	PVC	0.0015	8.03	4.09
778: T-138	778	T-138	17	N-501	N-453	50.0	PVC	0.0015	8.03	4.09
780: T-139	780	T-139	97	N-453	N-244	50.0	PVC	0.0015	8.03	4.09
782: T-140	782	T-140	88	N-244	N-181	50.0	PVC	0.0015	8.03	4.09
784: T-141	784	T-141	22	N-181	N-187	50.0	PVC	0.0015	8.03	4.09
786: T-142	786	T-142	11	N-187	N-186	50.0	PVC	0.0015	8.03	4.09
788: T-143	788	T-143	22	N-186	N-179	50.0	PVC	0.0015	8.03	4.09
790: T-144	790	T-144	37	N-179	N-203	50.0	PVC	0.0015	8.03	4.09
792: T-145	792	T-145	14	N-203	N-216	50.0	PVC	0.0015	8.03	4.09
794: T-146	794	T-146	11	N-216	N-226	50.0	PVC	0.0015	8.03	4.09
796: T-147	796	T-147	180	N-226	N-436	50.0	PVC	0.0015	8.03	4.09
798: T-148	798	T-148	14	N-436	N-468	50.0	PVC	0.0015	8.03	4.09
799: T-149	799	T-149	17	N-468	Tanque S...	50.0	PVC	0.0015	8.03	4.09
801: T-150	801	T-150	10	Tanque S...	N-429	38.0	PVC	0.0015	1.87	1.65
803: T-151	803	T-151	90	N-429	N-642	38.0	PVC	0.0015	1.87	1.65
805: T-152	805	T-152	8	N-642	N-652	38.0	PVC	0.0015	1.87	1.65
807: T-153	807	T-153	18	N-652	N-672	38.0	PVC	0.0015	1.79	1.58
809: T-154	809	T-154	7	N-672	N-679	38.0	PVC	0.0015	1.79	1.58
811: T-155	811	T-155	8	N-679	N-684	38.0	PVC	0.0015	1.79	1.58
813: T-156	813	T-156	17	N-684	N-695	38.0	PVC	0.0015	1.75	1.54

	ID	Label	Length (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Darcy-Weisbach e (mm)	Flow (L/s)	Velocity (m/s)
815: T-157	815	T-157	9	N-695	N-694	38.0	PVC	0.0015	1.71	1.51
817: T-158	817	T-158	6	N-694	N-692	38.0	PVC	0.0015	1.67	1.47
819: T-159	819	T-159	18	N-692	N-687	38.0	PVC	0.0015	1.63	1.44
821: T-160	821	T-160	12	N-687	N-688	38.0	PVC	0.0015	1.55	1.37
823: T-161	823	T-161	8	N-688	N-697	38.0	PVC	0.0015	1.11	0.98
825: T-162	825	T-162	10	N-697	N-703	38.0	PVC	0.0015	1.07	0.95
827: T-163	827	T-163	4	N-703	N-708	38.0	PVC	0.0015	1.04	0.91
829: T-164	829	T-164	52	N-708	N-773	38.0	PVC	0.0015	1.00	0.88
833: T-165	833	T-165	5	N-785	N-792	38.0	PVC	0.0015	0.52	0.46
835: T-166	835	T-166	35	N-792	N-778	38.0	PVC	0.0015	1.36	1.20
837: T-167	837	T-167	20	N-778	N-761	38.0	PVC	0.0015	1.32	1.16
839: T-168	839	T-168	20	N-761	N-735	38.0	PVC	0.0015	1.23	1.09
843: T-169	843	T-169	33	N-793	N-808	38.0	PVC	0.0015	0.91	0.81
845: T-170	845	T-170	20	N-808	N-821	38.0	PVC	0.0015	0.83	0.73
847: T-171	847	T-171	17	N-821	N-831	38.0	PVC	0.0015	0.71	0.63
849: T-172	849	T-172	17	N-831	N-840	38.0	PVC	0.0015	0.67	0.59
851: T-173	851	T-173	16	N-840	N-842	38.0	PVC	0.0015	0.59	0.52
853: T-174	853	T-174	15	N-842	N-849	38.0	PVC	0.0015	0.55	0.49
855: T-175	855	T-175	21	N-849	N-867	38.0	PVC	0.0015	0.47	0.42
857: T-176	857	T-176	21	N-867	N-880	38.0	PVC	0.0015	0.39	0.34
859: T-177	859	T-177	10	N-880	N-889	38.0	PVC	0.0015	0.35	0.31
865: T-178	865	T-178	15	N-918	N-928	18.0	PVC	0.0015	0.27	1.07
866: T-179	866	T-179	266	N-928	N-1024	18.0	PVC	0.0015	0.12	0.47
872: T-180	872	T-180	5	N-889	N-897	38.0	PVC	0.0015	0.31	0.28
874: T-181	874	T-181	23	N-897	N-914	38.0	PVC	0.0015	0.00	0.00
875: T-182	875	T-182	32	N-897	N-918	18.0	PVC	0.0015	0.27	1.07
879: T-183	879	T-183	77	N-318	N-345	50.0	PVC	0.0015	0.63	0.32
883: T-184	883	T-184	20	N-77	N-118	100.0	PVC	0.0015	9.38	1.19
885: T-185	885	T-185	31	N-118	N-91	100.0	PVC	0.0015	9.38	1.19
887: T-186	887	T-186	19	N-91	N-78	100.0	PVC	0.0015	9.38	1.19
889: T-187	889	T-187	12	N-78	N-81	100.0	PVC	0.0015	9.38	1.19
891: T-188	891	T-188	8	N-81	N-84	100.0	PVC	0.0015	9.38	1.19
893: T-189	893	T-189	2	N-84	N-85	100.0	PVC	0.0015	9.38	1.19
895: T-190	895	T-190	4	N-85	N-86	100.0	PVC	0.0015	9.38	1.19
897: T-191	897	T-191	2	N-86	N-87	100.0	PVC	0.0015	9.38	1.19
899: T-192	899	T-192	18	N-87	N-100	100.0	PVC	0.0015	9.38	1.19
901: T-193	901	T-193	7	N-100	N-104	100.0	PVC	0.0015	9.38	1.19
903: T-194	903	T-194	8	N-104	N-113	100.0	PVC	0.0015	9.38	1.19
905: T-195	905	T-195	9	N-113	N-105	100.0	PVC	0.0015	9.38	1.19

Anexo 6. Tabla de nodos

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O) ▲
1686	N-01	1,999.25	<None>	0.12	1,688.25	-310
1688	N-02	1,989.61	<None>	0.08	1,683.62	-305
1684	N-04	2,012.21	<None>	0.08	1,720.42	-291
1682	N-07	2,019.14	<None>	0.04	1,749.07	-270
1680	N-10	2,016.35	<None>	0.00	1,802.12	-214
1678	N-13	2,021.32	<None>	0.00	1,831.61	-189
1676	N-62	2,021.09	<None>	0.00	1,900.19	-121
2667	N-03	2,143.69	<None>	3.89	2,056.97	-87
1674	N-71	2,029.67	<None>	0.00	1,947.48	-82
2665	N-05	2,153.32	<None>	0.08	2,084.42	-69
2663	N-06	2,154.85	<None>	3.89	2,087.50	-67
880	N-77	2,665.10	<None>	0.00	2,601.91	-63
886	N-78	2,661.00	<None>	0.00	2,601.02	-60
888	N-81	2,659.58	<None>	0.00	2,600.88	-59
890	N-84	2,658.45	<None>	0.00	2,600.77	-58
892	N-85	2,658.39	<None>	0.00	2,600.75	-58
894	N-86	2,658.00	<None>	0.00	2,600.70	-57
896	N-87	2,657.59	<None>	0.00	2,600.68	-57
884	N-91	2,657.10	<None>	0.00	2,601.26	-56
898	N-100	2,653.28	<None>	0.00	2,600.45	-53
934	N-102	2,650.00	<None>	0.00	2,597.85	-52
906	N-103	2,652.00	<None>	0.00	2,600.04	-52
900	N-104	2,652.21	<None>	0.00	2,600.36	-52
904	N-105	2,651.81	<None>	0.00	2,600.15	-52
908	N-106	2,651.33	<None>	0.00	2,599.92	-51
912	N-108	2,651.03	<None>	0.00	2,599.66	-51
910	N-109	2,650.95	<None>	0.00	2,599.73	-51
914	N-111	2,650.42	<None>	0.00	2,599.51	-51
916	N-112	2,650.20	<None>	0.00	2,599.36	-51
902	N-113	2,651.00	<None>	0.00	2,600.27	-51
918	N-114	2,649.66	<None>	0.00	2,599.18	-50
924	N-117	2,646.51	<None>	0.00	2,598.92	-47
882	N-118	2,649.00	<None>	0.00	2,601.66	-47
926	N-120	2,644.36	<None>	0.00	2,598.67	-46
930	N-121	2,644.00	<None>	0.00	2,598.57	-45
936	N-122	2,642.00	<None>	0.00	2,596.61	-45
543	N-124	2,857.00	<None>	0.00	2,812.40	-45
541	N-127	2,857.00	<None>	0.00	2,813.31	-44
526	N-130	2,860.00	<None>	0.00	2,816.77	-43
506	N-135	2,859.38	<None>	0.00	2,817.07	-42
539	N-137	2,856.22	<None>	0.00	2,814.22	-42
516	N-138	2,858.90	<None>	0.00	2,816.99	-42
514	N-139	2,858.79	<None>	0.00	2,817.01	-42
508	N-140	2,858.82	<None>	0.00	2,817.06	-42
537	N-141	2,856.00	<None>	0.00	2,814.45	-41
512	N-142	2,858.52	<None>	0.00	2,817.03	-41
518	N-143	2,858.45	<None>	0.00	2,816.97	-41
545	N-144	2,852.12	<None>	0.00	2,810.76	-41
535	N-145	2,856.00	<None>	0.00	2,814.64	-41
510	N-146	2,858.37	<None>	0.00	2,817.04	-41
520	N-148	2,858.28	<None>	0.00	2,816.96	-41

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O) ▲
938	N-149	2,637.59	<None>	0.00	2,596.50	-41
65	N-150	2,856.98	<None>	0.04	2,816.18	-41
547	N-151	2,851.18	<None>	0.00	2,810.46	-41
533	N-152	2,855.55	<None>	0.00	2,814.90	-41
524	N-154	2,857.06	<None>	0.00	2,816.85	-40
529	N-155	2,855.92	<None>	0.00	2,815.87	-40
531	N-156	2,855.00	<None>	0.00	2,815.44	-39
940	N-158	2,633.61	<None>	0.00	2,596.42	-37
946	N-159	2,630.00	<None>	0.00	2,595.05	-35
948	N-160	2,629.38	<None>	0.00	2,594.87	-34
944	N-161	2,629.00	<None>	0.00	2,595.31	-34
932	N-162	2,631.47	<None>	0.00	2,598.19	-33
942	N-163	2,629.00	<None>	0.00	2,595.79	-33
950	N-164	2,627.52	<None>	0.00	2,594.60	-33
549	N-166	2,838.66	<None>	0.00	2,805.96	-33
954	N-167	2,625.80	<None>	0.00	2,594.35	-31
952	N-168	2,625.86	<None>	0.00	2,594.41	-31
1000	N-169	2,618.32	<None>	0.00	2,587.35	-31
1002	N-171	2,617.69	<None>	0.00	2,587.10	-31
998	N-172	2,618.12	<None>	0.00	2,587.55	-31
958	N-173	2,624.00	<None>	0.00	2,593.64	-30
553	N-176	2,833.01	<None>	0.00	2,803.75	-29
1004	N-177	2,616.11	<None>	0.00	2,586.86	-29
956	N-178	2,623.00	<None>	0.00	2,593.89	-29
787	N-179	2,444.28	<None>	0.00	2,415.90	-28
996	N-180	2,616.16	<None>	0.00	2,587.78	-28
781	N-181	2,458.96	<None>	0.00	2,430.67	-28
551	N-182	2,832.32	<None>	0.00	2,804.16	-28
960	N-183	2,621.58	<None>	0.00	2,593.51	-28
557	N-184	2,829.24	<None>	0.00	2,801.18	-28
785	N-186	2,449.33	<None>	0.00	2,421.68	-28
783	N-187	2,452.32	<None>	0.00	2,424.68	-28
555	N-188	2,830.51	<None>	0.00	2,803.17	-27
972	N-189	2,618.85	<None>	0.00	2,591.84	-27
994	N-190	2,614.91	<None>	0.00	2,587.91	-27
1010	N-191	2,612.08	<None>	0.00	2,585.69	-26
1006	N-192	2,612.72	<None>	0.00	2,586.50	-26
970	N-194	2,618.00	<None>	0.00	2,592.09	-26
1008	N-195	2,612.13	<None>	0.00	2,586.35	-26
928	N-196	2,624.13	<None>	0.00	2,598.60	-25
615	N-197	2,828.68	<None>	0.00	2,803.42	-25
968	N-198	2,617.58	<None>	0.00	2,592.33	-25
559	N-199	2,823.93	<None>	0.00	2,798.97	-25
966	N-200	2,617.00	<None>	0.00	2,592.50	-24
992	N-201	2,612.49	<None>	0.00	2,588.17	-24
522	N-202	2,841.05	<None>	0.00	2,816.93	-24
789	N-203	2,429.92	<None>	0.00	2,406.11	-24
561	N-204	2,821.32	<None>	0.00	2,797.83	-23
964	N-205	2,615.23	<None>	0.00	2,592.71	-22
974	N-206	2,613.79	<None>	0.00	2,591.39	-22
978	N-207	2,612.56	<None>	0.00	2,590.61	-22

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O) ▲
663	N-209	2,670.53	<None>	0.00	2,648.99	-21
990	N-210	2,610.00	<None>	0.00	2,588.50	-21
665	N-211	2,669.68	<None>	0.00	2,648.84	-21
976	N-212	2,611.52	<None>	0.00	2,591.18	-20
563	N-213	2,815.57	<None>	0.00	2,795.35	-20
988	N-214	2,608.00	<None>	0.00	2,588.78	-19
962	N-215	2,612.00	<None>	0.00	2,592.95	-19
791	N-216	2,421.49	<None>	0.00	2,402.46	-19
671	N-217	2,667.44	<None>	0.00	2,648.47	-19
667	N-218	2,667.58	<None>	0.00	2,648.68	-19
669	N-219	2,667.28	<None>	0.00	2,648.63	-19
673	N-220	2,666.66	<None>	0.00	2,648.25	-18
980	N-221	2,608.59	<None>	0.00	2,590.37	-18
675	N-222	2,666.35	<None>	0.00	2,648.21	-18
677	N-223	2,665.82	<None>	0.00	2,648.01	-18
986	N-224	2,607.00	<None>	0.00	2,589.20	-18
685	N-225	2,664.85	<None>	0.00	2,647.13	-18
793	N-226	2,417.10	<None>	0.00	2,399.55	-18
683	N-227	2,665.02	<None>	0.00	2,647.61	-17
681	N-228	2,665.00	<None>	0.00	2,647.72	-17
679	N-229	2,665.00	<None>	0.00	2,647.83	-17
687	N-230	2,663.51	<None>	0.00	2,646.91	-17
565	N-231	2,810.21	<None>	0.00	2,793.99	-16
922	N-232	2,615.23	<None>	0.00	2,599.02	-16
1037	N-233	2,565.10	<None>	0.00	2,549.11	-16
1938	N-234	1,900.42	<None>	0.15	1,884.46	-16
984	N-235	2,605.00	<None>	0.00	2,589.34	-16
920	N-236	2,614.60	<None>	0.00	2,599.07	-16
689	N-239	2,660.99	<None>	0.00	2,646.66	-14
1018	N-240	2,598.00	<None>	0.00	2,584.19	-14
617	N-241	2,815.17	<None>	0.00	2,801.57	-14
1039	N-242	2,554.05	<None>	0.00	2,540.71	-13
691	N-243	2,659.46	<None>	0.00	2,646.45	-13
779	N-244	2,467.34	<None>	0.00	2,454.35	-13
1940	N-245	1,896.43	<None>	0.04	1,883.90	-13
982	N-246	2,602.00	<None>	0.00	2,589.83	-12
1033	N-247	2,571.03	<None>	0.00	2,559.64	-11
567	N-248	2,803.35	<None>	0.00	2,792.08	-11
1035	N-249	2,566.41	<None>	0.00	2,555.15	-11
1014	N-250	2,595.95	<None>	0.00	2,584.83	-11
1012	N-251	2,595.92	<None>	0.00	2,584.99	-11
1936	N-253	1,903.00	<None>	0.04	1,892.39	-11
1022	N-254	2,593.35	<None>	0.00	2,583.22	-10
577	N-255	2,795.50	<None>	0.00	2,785.98	-9
1020	N-256	2,593.01	<None>	0.00	2,583.79	-9
67	N-257	2,793.00	<None>	0.04	2,783.80	-9
1024	N-259	2,591.23	<None>	0.00	2,582.92	-8
1871	N-260	1,974.97	<None>	0.12	1,966.67	-8
575	N-261	2,795.51	<None>	0.00	2,787.49	-8
573	N-263	2,795.61	<None>	0.00	2,788.02	-8
2677	N-264	2,030.07	<None>	0.04	2,022.51	-8

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O) ▲
582	N-265	2,789.69	<None>	0.00	2,782.95	-7
713	N-266	2,648.69	<None>	0.00	2,641.97	-7
715	N-267	2,648.65	<None>	0.00	2,641.93	-7
717	N-269	2,648.50	<None>	0.00	2,641.89	-7
579	N-270	2,791.15	<None>	0.00	2,784.69	-6
699	N-271	2,650.81	<None>	0.00	2,644.42	-6
693	N-272	2,651.92	<None>	0.00	2,645.54	-6
711	N-273	2,648.90	<None>	0.00	2,642.63	-6
709	N-274	2,649.00	<None>	0.00	2,643.06	-6
695	N-275	2,650.89	<None>	0.00	2,645.10	-6
697	N-276	2,650.65	<None>	0.00	2,644.92	-6
707	N-277	2,649.00	<None>	0.00	2,643.29	-6
2674	N-278	2,029.73	<None>	0.00	2,024.08	-6
571	N-279	2,794.82	<None>	0.00	2,789.20	-6
705	N-280	2,649.00	<None>	0.00	2,643.50	-5
703	N-282	2,649.00	<None>	0.00	2,643.73	-5
1869	N-283	1,978.52	<None>	0.04	1,973.35	-5
1026	N-284	2,587.76	<None>	0.00	2,582.64	-5
569	N-285	2,794.74	<None>	0.08	2,789.64	-5
701	N-286	2,649.00	<None>	0.00	2,643.99	-5
590	N-287	2,785.00	<None>	0.00	2,780.09	-5
1041	N-288	2,536.90	<None>	0.04	2,532.20	-5
619	N-291	2,804.75	<None>	0.00	2,800.38	-4
1269	N-292	2,241.62	<None>	0.08	2,237.42	-4
1934	N-293	1,907.39	<None>	0.00	1,903.19	-4
588	N-294	2,784.80	<None>	0.00	2,780.70	-4
1873	N-295	1,967.33	<None>	0.12	1,963.32	-4
2136	N-296	2,749.25	<None>	0.00	2,745.33	-4
2134	N-298	2,748.96	<None>	0.00	2,745.37	-4
1271	N-299	2,238.77	<None>	0.08	2,235.21	-4
584	N-301	2,785.51	<None>	0.00	2,782.19	-3
1273	N-303	2,235.80	<None>	0.04	2,232.70	-3
1275	N-304	2,233.66	<None>	0.00	2,230.63	-3
1603	N-305	2,166.84	<None>	0.00	2,163.91	-3
1261	N-306	2,256.97	<None>	0.04	2,254.10	-3
719	N-307	2,643.22	<None>	0.00	2,640.37	-3
1601	N-308	2,169.77	<None>	0.04	2,167.05	-3
1597	N-309	2,170.76	<None>	0.04	2,168.14	-3
1259	N-311	2,258.27	<None>	0.08	2,255.72	-3
1875	N-312	1,965.25	<None>	0.24	1,962.73	-3
1777	N-313	2,166.24	<None>	0.15	2,163.87	-2
1599	N-314	2,170.00	<None>	0.00	2,167.70	-2
1267	N-315	2,247.80	<None>	0.00	2,245.56	-2
2466	N-316	2,240.40	<None>	0.00	2,238.18	-2
1263	N-317	2,253.10	<None>	0.00	2,250.88	-2
877	N-318	2,801.00	<None>	0.00	2,798.81	-2
1255	N-319	2,267.04	<None>	0.04	2,264.89	-2
1253	N-320	2,268.18	<None>	0.00	2,266.41	-2
1250	N-321	2,268.40	<None>	0.12	2,266.77	-2
1605	N-322	2,155.13	<None>	0.00	2,153.56	-2
1257	N-323	2,261.56	<None>	0.08	2,260.04	-2

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O) ▲
1277	N-324	2,227.82	<None>	0.00	2,226.39	-1
1279	N-325	2,222.00	<None>	0.04	2,220.64	-1
2464	N-326	2,244.43	<None>	0.04	2,243.07	-1
1595	N-327	2,172.54	<None>	0.12	2,171.22	-1
1028	N-328	2,583.60	<None>	0.00	2,582.35	-1
1613	N-330	2,132.55	<None>	0.08	2,131.41	-1
2468	N-331	2,236.11	<None>	0.00	2,235.00	-1
592	N-332	2,780.69	<None>	0.00	2,779.58	-1
721	N-333	2,640.67	<None>	0.00	2,639.60	-1
1265	N-334	2,249.97	<None>	0.00	2,248.94	-1
2543	N-335	2,151.82	<None>	0.00	2,150.80	-1
1615	N-336	2,131.30	<None>	0.08	2,130.30	-1
1617	N-337	2,129.38	<None>	0.12	2,128.44	-1
1248	N-338	2,270.19	<None>	0.00	2,269.28	-1
2462	N-339	2,246.36	<None>	0.04	2,245.49	-1
2491	N-340	2,210.57	<None>	0.00	2,209.83	-1
2545	N-341	2,149.50	<None>	0.00	2,148.77	-1
1246	N-342	2,272.95	<None>	0.00	2,272.24	-1
1141	N-344	2,418.66	<None>	0.00	2,418.09	-1
621	N-345	2,799.08	<None>	0.00	2,798.59	0
2443	N-346	2,219.04	<None>	0.00	2,218.57	0
1044	N-347	2,528.50	<None>	0.00	2,528.15	0
1227	N-348	2,286.16	<None>	0.08	2,285.84	0
1889	N-349	1,977.24	<None>	0.00	1,976.94	0
1229	N-350	2,284.36	<None>	0.08	2,284.11	0
2470	N-351	2,232.83	<None>	0.04	2,232.68	0
1932	N-352	1,912.86	<None>	0.00	1,912.71	0
1152	N-353	2,379.56	<None>	0.00	2,379.48	0
1237	N-354	2,274.82	<None>	0.15	2,274.74	0
1244	N-355	2,273.33	<None>	0.00	2,273.27	0
1231	N-356	2,282.30	<None>	0.04	2,282.26	0
1143	N-357	2,417.89	<None>	0.00	2,417.86	0
1611	N-358	2,134.28	<None>	0.15	2,134.33	0
1281	N-359	2,216.14	<None>	0.00	2,216.26	0
1240	N-360	2,273.70	<None>	0.00	2,273.82	0
1865	N-361	1,977.21	<None>	0.00	1,977.34	0
1030	N-362	2,581.96	<None>	0.00	2,582.19	0
3821	N-363	2,267.18	<None>	0.00	2,267.47	0
1233	N-364	2,280.18	<None>	0.04	2,280.51	0
1891	N-365	1,971.78	<None>	0.00	1,972.13	0
1146	N-366	2,416.61	<None>	0.00	2,416.98	0
2400	N-367	2,423.09	<None>	0.00	2,423.48	0
586	N-368	2,781.03	<None>	0.00	2,781.42	0
2460	N-369	2,247.32	<None>	0.00	2,247.77	0
1235	N-370	2,278.89	<None>	0.12	2,279.40	1
723	N-371	2,638.82	<None>	0.04	2,639.36	1
2541	N-372	2,156.38	<None>	0.00	2,156.95	1
1046	N-373	2,523.99	<None>	0.00	2,524.59	1
1781	N-374	2,163.20	<None>	0.08	2,163.80	1
2493	N-375	2,207.25	<None>	0.00	2,207.84	1
1283	N-376	2,214.29	<None>	0.00	2,215.01	1

ID	Label	Elevation (m)	Zone	Demand (L/s)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O) ▲
1719	N-63	2,089.78	<None>	0.04	2,174.99	85
744	N-1025	2,549.10	<None>	0.00	2,634.32	85
1815	N-1026	2,023.90	<None>	0.00	2,109.94	86
2361	N-1027	2,326.36	<None>	0.04	2,414.55	88
2363	N-1028	2,325.40	<None>	0.08	2,414.49	89
746	N-1029	2,540.29	<None>	0.00	2,629.39	89
1721	N-65	2,085.46	<None>	0.04	2,174.75	89
748	N-1030	2,535.00	<None>	0.00	2,624.70	90
646	N-1031	2,705.54	<None>	0.00	2,797.34	92
1532	N-1032	2,274.14	<None>	0.00	2,366.23	92
2365	N-1033	2,322.00	<None>	0.12	2,414.29	92
2367	N-1034	2,321.61	<None>	0.39	2,414.26	92
650	N-1035	2,703.00	<None>	0.00	2,797.34	94
2371	N-1036	2,319.76	<None>	0.08	2,414.26	94
2369	N-1037	2,319.61	<None>	0.00	2,414.26	94
648	N-1038	2,701.89	<None>	0.00	2,797.34	95
652	N-1039	2,701.64	<None>	0.00	2,797.34	96
654	N-1040	2,698.70	<None>	0.04	2,797.34	98
656	N-1041	2,695.38	<None>	0.00	2,797.34	102
658	N-1042	2,692.43	<None>	0.00	2,797.34	105
660	N-1043	2,677.60	<None>	0.00	2,797.34	119
1530	N-1044	2,279.95	<None>	0.00	2,416.37	136
1528	N-1045	2,281.56	<None>	0.00	2,419.13	137
1526	N-1046	2,294.57	<None>	0.00	2,433.18	138
1524	N-1047	2,310.50	<None>	0.00	2,455.17	144
1522	N-1048	2,311.80	<None>	0.04	2,460.53	148
4155	N-1049	2,317.17	<None>	0.00	2,471.63	154
1520	N-1050	2,326.64	<None>	0.00	2,483.67	157
1518	N-1051	2,349.95	<None>	0.00	2,517.32	167
1516	N-1052	2,353.22	<None>	0.00	2,531.67	178
1478	N-1053	2,371.34	<None>	0.00	2,561.66	190
1480	N-1054	2,371.11	<None>	0.00	2,561.43	190
1482	N-1055	2,370.80	<None>	0.00	2,561.21	190
1512	N-1056	2,357.27	<None>	0.12	2,547.75	190
1514	N-1057	2,356.31	<None>	0.00	2,547.07	190
1484	N-1058	2,369.70	<None>	0.00	2,560.78	191
1510	N-1059	2,359.00	<None>	0.00	2,550.12	191
1508	N-1060	2,358.64	<None>	0.00	2,550.70	192
1486	N-1061	2,367.00	<None>	0.00	2,559.80	192
1496	N-1062	2,362.53	<None>	0.00	2,555.51	193
1488	N-1063	2,366.19	<None>	0.00	2,559.21	193
1490	N-1064	2,365.29	<None>	0.00	2,558.51	193
1500	N-1065	2,360.96	<None>	0.00	2,554.53	193
1498	N-1066	2,361.32	<None>	0.00	2,554.89	193
1502	N-1067	2,360.54	<None>	0.00	2,554.13	193
1494	N-1068	2,363.34	<None>	0.00	2,557.03	193
1506	N-1069	2,358.00	<None>	0.00	2,551.85	193
1492	N-1070	2,363.98	<None>	0.00	2,557.89	194
1504	N-1071	2,358.91	<None>	0.00	2,552.91	194
3848	N-1072	352.58	<None>	0.04	2,004.44	1,649

Glosario

- Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Comunes (Asadas).
- Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (Aresep).
- Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica (CFIA).
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA).
- Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica (Minae).
- Tecnológico de Costa Rica (TEC).