

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo
**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA MEDICIÓN
DE CAUDALES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE BELLAVISTA
DE LA CIUDAD DE AZOGUES
TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA CIVIL**

AUTOR: DIANA KAROLINA CORONEL VIVAR

DIRECTOR: ING. FAUSTO DAVID QUEVEDO PESÁNTEZ, MGS.

AZOGUES - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo
**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA MEDICIÓN
DE CAUDALES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE BELLAVISTA
DE LA CIUDAD DE AZOGUES
TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA CIVIL**

AUTOR: DIANA KAROLINA CORONEL VIVAR

DIRECTOR: ING. FAUSTO DAVID QUEVEDO PESÁNTEZ, MGS.

AZOGUES - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo
**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA
Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA MEDICIÓN
DE CAUDALES DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE BELLAVISTA
DE LA CIUDAD DE AZOGUES
TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERA CIVIL**

AUTOR: DIANA KAROLINA CORONEL VIVAR

DIRECTOR: ING. FAUSTO DAVID QUEVEDO PESÁNTEZ, MGS.

AZOGUES - ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Diana Karolina Coronel Vivar portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0302713169**. Declaro ser el autor de la obra: **“Evaluación y propuesta de mejora en la medición de caudales del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Azogues”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Azogues, **17 de marzo de 2023**.

F: 

Diana Karolina Coronel Vivar

C.I. 0302713169

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TESIS

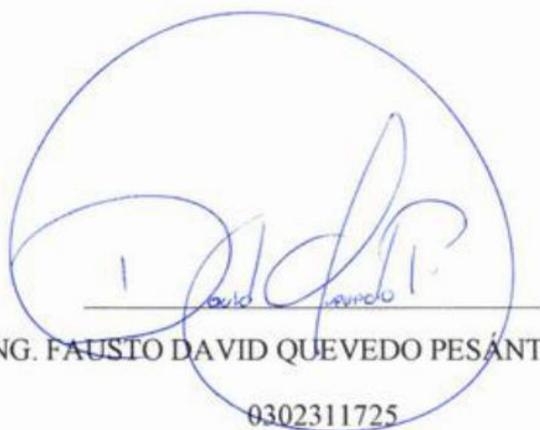
Ing. Fausto David Quevedo Pesántez, Mgs.

DOCENTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

De mí consideración:

Certifico que el presente trabajo de titulación denominado: "**Evaluación y propuesta de mejora en la medición de caudales del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Azogues**", realizado por: **Diana Karolina Coronel Vivar** con documento de identidad: **0302713169**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Civil** ha sido asesorado, orientado, revisado y supervisado durante su ejecución, bajo mi tutoría en todo el proceso, por lo que certifico que el presente documento, fue desarrollado siguiendo los parámetros del método científico, se sujeta a las normas éticas de investigación que exige la Universidad Católica de Cuenca, por lo que está expedito para su presentación y sustentación ante el respectivo tribunal.

Azogues, 17 de marzo de 2023



ING. FAUSTO DAVID QUEVEDO PESÁNTEZ, MGS.

0302311725

DIRECTOR

Dedicatoria.

A mi familia, en especial a mis Padres, Jaime y Rosa; a mis hermanos, Rosita, Mauro y Daniel; a mi sobrino, Daniel Esteban; y a mi tío, Milton, quienes creyeron en mí y fueron pilar fundamental en mi formación académica, siendo un ejemplo de lucha y motivación para mi persona.

Agradecimiento.

A Dios, por enseñarme a ser luz y sal en la vida. A mis padres, porque siempre me han brindado su apoyo incondicional. A la Universidad Católica de Cuenca campus Azogues, por permitirme estudiar en tan prestigiosa unidad académica y a sus docentes en especial al ingeniero David Quevedo, tutor del presente proyecto, quien supo brindarme de sus conocimientos para la elaboración de la misma.

Resumen.

En el presente estudio se realiza una evaluación del sistema de agua potable del sector de Bellavista de la ciudad de Azogues, con el propósito de determinar que el equipo de medición de caudales esté operando bajo los parámetros establecidos, y proponer el diámetro adecuado ya que, el instrumento instalado presenta intermitencias en sus lecturas.

El desarrollo inicia con la recopilación de información cartográfica, demográfica y estadística; datos que fueron procesados para la definición del área de cobertura, proyección poblacional y una dotación que garantice el abastecimiento de agua en el sector; información que fue utilizada en la asignación de demandas en los nodos definidos en la modelación hidráulica mediante el software EPANET 2.0.

Bajo los criterios establecidos en la normativa se definieron los caudales a ser utilizados considerando diferentes escenarios que permite el software, dentro del periodo de vida útil del sistema, siendo el recomendado para redes de distribución el caudal máximo diario más incendio; la velocidad que fluye a través de la tubería es otro parámetro a considerar en el dimensionamiento del equipo de medición.

Con el compendio de la información, se desarrolló una metodología que requiere ingresar el valor del caudal y velocidad que fluye a través de una tubería, lo que permitirá obtener el diámetro del equipo que mejor se ajuste a las condiciones de funcionamiento, este procedimiento servirá de guía a los organismos operadores del servicio de agua que requieran la implementación de mecanismos de medición.

Palabras clave: Caudal, dotación, macromedidor, modelación, velocidad

Abstract

This study evaluates the drinking water supply system of the Bellavista sector in Azogues city to determine that the flow measurement equipment is operating under the established parameters and to propose an adequate diameter since the installed instrument presents intermittency in its reading.

This study started with the collection of cartographic, demographic, and statistical information; data that were processed to define the coverage area, population projection, and an endowment that guarantees the water supply in the sector; information that was used in the allocation of demands in the nodes defined in the hydraulic modeling through the EPANET 2.0 software.

Under the criteria established in the regulations, the flow rates to be used were defined considering different scenarios allowed by the software, within the useful life of the system, being the recommended for distribution networks the maximum daily flow rate plus fire; the velocity flowing through the pipe is another parameter to be considered in the sizing of the metering equipment.

With the compendium of information, a methodology was developed that requires entering the value of the flow rate and velocity flowing through a pipe, which will make it possible to obtain the diameter of the equipment best suited to the operating conditions; this procedure will serve as a guide for water utilities that require the implementation of measurement mechanisms.

Keywords: flow rate, endowment, macrometer, modeling, velocity

TABLA DE CONTENIDO

1. CAPÍTULO: MARCO REFERENCIAL	15
1.1. Introducción.	15
1.2. Planteamiento del Problema.....	16
1.3. Justificación.....	17
1.4. Objetivos.	18
1.4.1. Objetivo General.	18
1.4.2. Objetivos Específicos.....	18
1.5. Definición de la zona de estudio.	19
2. CAPÍTULO: MARCO TEORICO.....	20
2.1. Distribución del agua en el planeta y en el Ecuador.	20
2.2. Importancia del agua.	21
2.3. Consumos de agua.	21
2.3.1. Consumo Doméstico.	21
2.3.2. Consumo Comercial.....	22
2.3.3. Consumo Industrial.	22
2.3.4. Consumo Público.	22
2.4. Consumos de agua en el Ecuador.....	22
2.5. Descripción de la empresa prestadora del servicio de agua potable de la ciudad de Azogues.....	23
2.6. Periodo de diseño.	23
2.7. Población de diseño.....	24
2.7.1. Densidad Poblacional.....	24
2.7.2. Tasa de crecimiento poblacional	24

2.7.3.	Población Actual.	24
2.7.4.	Población Futura.	25
2.8.	Dotación.	27
2.8.1.	Factores que afectan a la dotación.....	27
2.9.	Caudales de diseño.....	29
2.9.1.	Caudal Medio Diario (Qmed).	29
2.9.2.	Caudal Máximo Diario (QMD).....	30
2.9.3.	Caudal Máximo Horario (QMH).....	30
2.9.4.	Caudal para redes de distribución.	30
2.10.	Demanda.	31
2.10.1.	Polígonos de Thiessen.....	31
2.11.	Medición.	31
2.11.1.	Importancia de la medición.....	31
2.12.	Micromedición.	32
2.12.1.	Importancia de la micromedición.....	32
2.12.2.	Micromedidor.....	33
2.12.3.	Tipos de Micromedidores.....	33
2.13.	Macromedición.	37
2.13.1.	Importancia de la macromedición.....	38
2.13.2.	Macromedidor.	38
2.13.3.	Tipos de Macromedidores.....	39
2.14.	Factores para determinar la elección de medidores.	51
2.15.	Descripción del Software EPANET.....	52
2.15.1.	Nodos.	53

2.15.2. Depósitos.....	53
2.15.3. Embalse.....	54
2.15.4. Tuberías.....	54
3. CAPITULO: MARCO METODOLÓGICO.....	55
3.1. Delimitación geográfica de la zona de estudio y aspectos generales del tanque de almacenamiento Bellavista.....	55
3.2. Periodo de diseño.....	58
3.3. Población de diseño.....	58
3.3.1. Población Futura.....	59
3.3.2. Proyección poblacional con criterios asumidos por la EMAPAL EP.....	62
3.4. Selección de la dotación de la zona de estudio.....	63
3.4.1. Dotación asumida por la EMAPAL EP.....	65
3.5. Caudales de diseño.....	65
3.5.1. Calculo de caudales con los criterios asumidos por la EMAPAL EP.....	66
3.5.2. Caudal para redes de distribución.....	66
3.6. Determinación del área y demanda en los nodos.....	67
3.7. Modelación hidráulica de la red de distribución en EPANET 2.0.....	68
3.8. Determinación de la Velocidad.....	70
3.9. Guía para selección del diámetro adecuado del macromedidor.....	70
3.10. Instalación del macromedidor recomendado.....	76
4. CAPITULO: RESULTADOS.....	78
4.1. Macromedidor instalado.....	78
4.2. Macromedidor dimensionado.....	78
4.3. Diámetros apropiados del macromedidor.....	79
4.4. Resultado de la instalación del macromedidor.....	80

5. CONCLUSIONES.....	82
6. RECOMENDACIONES	84
7. BIBLIOGRAFÍA.....	85
8. GLOSARIO.....	92
9. ANEXOS.....	93

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Zona de estudio.....	19
Ilustración 2: Clasificación de los tipos de Micromedidores.....	33
Ilustración 3: Disco Nutante [29].....	34
Ilustración 4: Pistón Rotativo [29].....	34
Ilustración 5: Micromedidor de Chorro Único [29].....	35
Ilustración 6: Componentes del micromedidor Chorro Único [31].	36
Ilustración 7: Chorro Múltiple [29].....	36
Ilustración 8: Componentes del medidor convencional Chorro Múltiple [31].	37
Ilustración 9: Clasificación de los tipos de Macromedidores.	39
Ilustración 10: Macromedidor Turbina [37].	40
Ilustración 11: Medidor Hélice o Propela tipo Woltmann [37].	41
Ilustración 12: Macromedidor tipo Venturi [34].	43
Ilustración 13: Medidor tipo Tobera [37].	44
Ilustración 14: Tiempo en Tránsito [40].	45
Ilustración 15: Medidor de tiempo en tránsito [41].	45
Ilustración 16: Efecto Doppler [40].	46

Ilustración 17: Medidor Efecto Doppler [41].	46
Ilustración 18: Aplicación de la ley de Faraday [42].	47
Ilustración 19: Partes de un medidor electromagnético [40].	48
Ilustración 20: Medidor Electromagnético [28].	48
Ilustración 21: Tubo de medición debe estar lleno por el flujo a medir [43].	49
Ilustración 22: Correcta Instalación de Macromedidor Electromagnético [43].	49
Ilustración 23: Instalación de macromedidor con reducción [43].	49
Ilustración 24: Instalación para tubería en sifón [43].	50
Ilustración 25: Componentes a modelar por EPANET [46].	54
Ilustración 26: Reserva Bellavista de 500m3.	55
Ilustración 27: Ingreso de agua potable	56
Ilustración 28: Dimensión del macromedidor y tubería HD.	56
Ilustración 29: Macromedidor tipo Electromagnético instalado.	57
Ilustración 30: PLC para lectura y registro de datos	57
Ilustración 31: Sistema de rebose con tubería 150 mm.	58
Ilustración 32: Polígonos de Thiessen generados.	67
Ilustración 33: Diámetros de tubería.	68
Ilustración 34: Demanda en cada nodo y Caudal en la tubería.	69
Ilustración 35: Velocidad en la tubería.	69
Ilustración 36: Dimensiones del Macromedidor MAG-C [43].	76
Ilustración 37: Resumen de Diámetros, velocidad y caudal por quinquenios.	80
Ilustración 38: Instalación del macromedidor de 125mm.	81
Ilustración 39: Instalación del macromedidor de 150 mm.	81

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Población de Azogues según censos realizados [48].....	59
Tabla 2: Tasa de crecimiento para el método Aritmético	59
Tabla 3: Población Futura por el método Aritmético	60
Tabla 4: Tasa de crecimiento por el método Exponencial.....	60
Tabla 5: Población futura por el método Exponencial.....	61
Tabla 6: Tasa de Crecimiento por el Método Geométrico.....	61
Tabla 7: Población futura y densidad poblacional por el método geométrico.....	62
Tabla 8: Tasa de crecimiento por el método Geométrico [50].	62
Tabla 9: Población futura y densidad poblacional por el método geométrico [50].	63
Tabla 10: Determinación de la dotación en la zona de estudio.....	64
Tabla 11: Dotaciones recomendadas [1].....	64
Tabla 12: Dotación asumida según la población de la zona de estudio.....	65
Tabla 13: Dotación según EMAPAL EP [50].....	65
Tabla 14: Caudales de diseño calculado.	66
Tabla 15: Caudales según EMAPAL EP [50].....	66
Tabla 16: Caudal Máximo Diario + Incendio	67
Tabla 17: Rango de medición del macromedidor instalado MAG-C [53].....	70
Tabla 18: Diámetro determinado con velocidad de 0.45 m/s y QMD + Inc.....	72
Tabla 19: Diámetro determinado con velocidad de 1.5 m/s y caudal QMD + Inc.	73
Tabla 20: Diámetro determinado con velocidad de 4.5 m/s y QMD + Inc.....	73
Tabla 21: Diámetro determinado con velocidad de 0.45 m/s y QMH.	74
Tabla 22: Diámetro determinado con velocidad de 1.5 m/s y QMH.	74
Tabla 23: Diámetro determinado con velocidad de 4.5 m/s y QMH.....	75

Tabla 24: Diámetro según la EMAPAL EP [50].	75
Tabla 25: Longitud y Altura del Macromedidor MAG-C.	76
Tabla 26: Análisis de velocidad y caudal para el equipo de 200 mm.....	78
Tabla 27: Análisis de velocidad y caudal para el equipo de 125 mm.....	79
Tabla 28: Análisis de velocidad y caudal para el equipo de 150 mm.....	79
Tabla 29: Resumen de diámetro, velocidad y caudal.	79
Tabla 30: Resultados en los nodos para el año 2022.	93
Tabla 31: Resultados en los nodos para el año 2027.	94
Tabla 32: Resultados en los nodos para el año 2032.	95
Tabla 33: Resultados en los nodos para el año 2037.	96
Tabla 34: Resultados en los nodos para el año 2042.	98
Tabla 35: Resultados en los nodos para el año 2047.	99
Tabla 36: Resultados en los nodos para el año 2052.	100
Tabla 37: Datos de la tubería para el año 2022.....	102
Tabla 38: Datos de la tubería para el año 2027.....	103
Tabla 39: Datos de la tubería para el año 2032.....	104
Tabla 40: Datos de la tubería para el año 2037.....	106
Tabla 41: Datos de la tubería para el año 2042.....	107
Tabla 42: Datos de la tubería para el año 2047.....	108
Tabla 43: Datos de la tubería para el año 2052.....	110

1. CAPÍTULO: MARCO REFERENCIAL

1.1. Introducción.

En los diferentes componentes de un sistema de abastecimiento (captación, tratamiento, almacenamiento y distribución) los caudales generalmente deben tener un sistema de medición para evaluar la cantidad disponible y planear un mejoramiento del sistema.

La zona Oeste de Azogues limitada por la ribera del río Burgay, es servida por la reserva de Zhigzhiquín de 1000 m³, por la reserva Virgenpamba de 150 m³ y por la reserva de Bellavista de 500 m³.

Este trabajo consiste en evaluar la medición de caudales de la reserva Bellavista. Para ello es necesario conocer las características del equipo instalado actualmente, principalmente el diámetro y el rango de medición establecido por el fabricante lo que permitirá identificar los errores en la medición que se presentan hoy en día.

Para el desarrollo del estudio, se determinará el área de cobertura del sistema, la proyección de la población en el periodo de vida útil de la reserva, el cálculo de dotaciones y caudales de diseño, modelación hidráulica de la red de abastecimiento bajo los criterios establecidos por la normativa vigente en el Ecuador en lo relacionado al diseño de sistemas de agua potable con poblaciones mayores a 1000 habitantes (CPE INEN 5 Parte 9-1) [1]. Con el uso del software EPANET 2.0 como herramienta de apoyo se obtendrá los caudales de consumo y las velocidades en la tubería a la salida de la reserva.

El producto obtenido (caudal y velocidad) luego de las simulaciones hidráulicas, establecerá el diámetro del medidor que mejor se adapte a las condiciones actuales de

funcionamiento, registrando los consumos actuales demandados por la población, con lo que se conseguirá realizar una adecuada gestión del recurso en el sector.

1.2. Planteamiento del Problema.

La cobertura de la reserva de Bellavista está definida por el área con potencial servicio de agua potable que comprende actualmente los sectores de San Pedro, Chavay bajo, una parte de Chavay alto y Bellavista.

La reserva de Bellavista tiene instalado un equipo de medición de tipo electromagnético a la salida del sistema de la red de distribución (\varnothing 200 mm); de acuerdo a la información proporcionada por la EMAPAL EP, las lecturas presentan intermitencias, esto es, no existe una continuidad en la toma de datos lo que, conlleva a que no exista un adecuado registro de la información para poder llevar a cabo el balance hidráulico de la red de agua potable, que permita determinar las necesidades de regulación en la prestación del servicio del agua a través de una operación adecuada en el tanque de almacenamiento o mediante la instalación de válvulas reguladoras de presión e inclusive diseñar y elaborar un programa de sectorización de redes.

1.3. Justificación.

Debido a la necesidad del suministro de agua en el sector de Bellavista del cantón Azogues, la empresa prestadora del servicio viene desarrollando actividades cuyo objetivo principal es la promoción de una gestión basada en el uso responsable de los recursos hídricos, mejorar la calidad del servicio y la reducción de impactos ambientales; que serán viables con la medición de caudales y la cantidad de agua que es consumida por la población beneficiaria. La medición es una herramienta que se usa para calcular la cantidad de agua disponible, sin embargo, actualmente el registro de caudales presenta intermitencias en la medición lo que conlleva a no tener información confiable que permita planear estrategias de mejoramiento.

El disponer un sistema de medición adecuado en la reserva Bellavista puede lograr una mejor distribución de caudales con tendencia a ofrecer un servicio continuo a una mayor área de población.

Los macromedidores están diseñados para contabilizar grandes volúmenes de agua, que circulan a través de una tubería con una mínima pérdida de carga, la principal ventaja es la obtención de lecturas confiables en tiempo real, así como su durabilidad y estabilidad a lo largo del tiempo.

El tener un plan de medición proporciona un registro de diferentes parámetros (caudal, velocidad, volumen, etc.) que ayudan en la toma de decisiones relacionadas en la detección y reparación de fugas, lo que garantiza el uso responsable del agua, eficiencia energética, optimización de recursos humanos, materiales y financieros del organismo operador de agua.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo General.

Evaluar el funcionamiento del sistema de medición instalado en la reserva Bellavista del cantón Azogues, mediante los datos obtenidos en las simulaciones hidráulicas para proponer el diámetro adecuado del equipo que cumpla con el rango de medición recomendado por el fabricante

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Calcular la población actual dentro de la zona de estudio a partir de la información disponibles en censos, PDOT y encuestas socio económicas para proyectar la población futura.
- Definir la dotación de agua potable en la zona de beneficio mediante el análisis de los consumos de la ciudad de Azogues para determinar caudales de diseño.
- Calcular la demanda requerida de agua potable según lo establecido en la normativa para realizar la simulación hidráulica de la red de distribución con la ayuda del software EPANET en quinquenios hasta cumplir con la vida útil de la reserva.
- Establecer el diámetro adecuado del macromedidor con los resultados obtenidos en la simulación hidráulica, para que la toma de datos sea acorde a las condiciones reales de funcionamiento en los diferentes años de vida útil de la reserva, mediante la comparación con equipos disponibles en el mercado, lo que permitirá tomar acciones enfocadas al manejo responsable del recurso.

1.5. Definición de la zona de estudio.

La zona de estudio se encuentra localizada en la provincia del Cañar, en el cantón Azogues, parroquia Azogues y está formado por los sectores: Bellavista, San Pedro, Chavay alto y Chavay Bajo, la reserva Bellavista se ubica a una elevación de 2831 msnm.

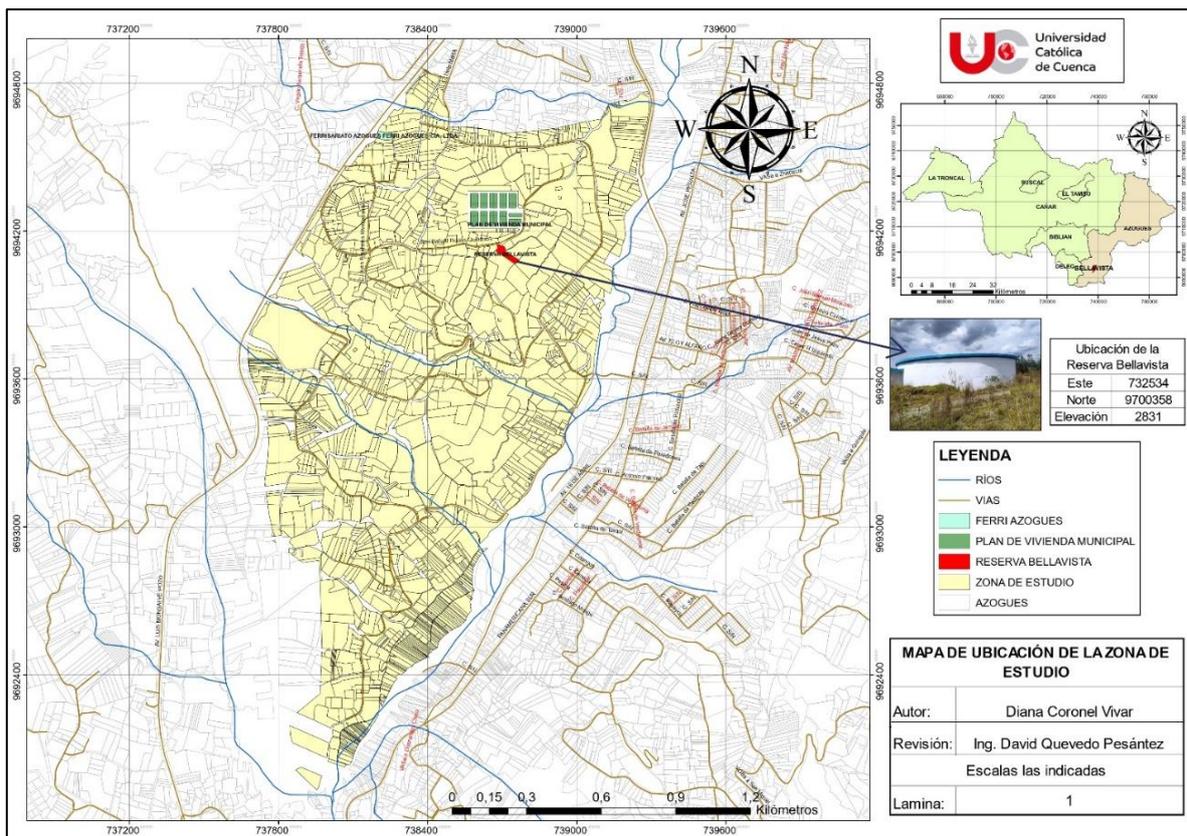


Ilustración 1: Zona de estudio

2. CAPÍTULO: MARCO TEORICO

2.1. Distribución del agua en el planeta y en el Ecuador.

En el planeta el 97.5% del agua, se encuentra en agua salada distribuidas en mares y océanos, y el 2.5% en agua dulce que es ideal para el consumo. Del agua dulce el 69.4% se ubica en casquetes polares en forma de hielo y el 30.6% es agua subterránea, superficial, suelos, atmosfera y biológica. El agua dulce se utiliza en el planeta para la agricultura un 65%, en la industria un 25%, y para uso doméstico el 10%, en donde solo el 0.5% se considera apta para consumo humano [2].

El agua se encuentra en tres estados en la naturaleza: solido, líquido y gaseoso; y su ciclo hidrológico es esencial para la equilibrio climático y biológico del planeta, el agua en estado líquido se gasificada por el sol, es ascendida por la atmosfera como gas, se condensa en las nubes y finalmente se precipita en forma de lluvia [3].

En el Ecuador el agua de acuerdo a la “Constitución de la República” indica que el agua es un patrimonio nacional esencial para la vida y que, por lo tanto, el acceso tanto cuantitativo como cualitativo de agua potable debe garantizar una mejor eficacia de vida, salud y desarrollo en la población [4].

Ecuador se divide en 31 sistemas hidrográficas y 79 cuencas que empieza desde la Cordillera de los Andes, las mismas que se encuentran distribuidas en dos vertientes:

- Vertiente del Pacifico 123.216km² (49%): La distribución del agua corresponde el 27% y se asienta el 88% de la población, distribuida por los ríos: Cayapas, Jubones, Santiago, Esmeraldas, Guayas, Balao, Gala, Cañar, Tenguel y Chone [3].

- Vertiente del Amazonas 133.154km² (51%): La distribución del agua corresponde el 73% y se asienta el 12% de la población, distribuida por los ríos: Aguarico, Morona Santiago, San Miguel, Napo, Pastaza, entre otros [3].

La distribución del agua en el Ecuador es desequilibrada, ya que en donde existe mayor recurso la población es menor, o donde existe menor recurso la población es mayor [3].

2.2. Importancia del agua.

El agua es un recurso importante, sin este recurso no existiera la vida y no funcionarían las industrias. El agua es esencial para el desarrollo humano por lo que es indispensable asegurar su abastecimiento [5].

El acceso al agua potable disminuye cada vez más, la correcta optimización de la misma es de mucha importancia, es decir el uso del agua involucra el manejo de mejores sistemas de captación, conducción, tratamiento y almacenamiento [6].

2.3. Consumos de agua.

El consumo es la cantidad requerida de agua potable para abastecer a un individuo en las 24 horas del día, se expresa en m³/día o en l/día; el consumo de agua satisface las necesidades básicas de higiene, alimentos, lavandería etc. El consumo depende del tipo de usuario y se clasifica en: Doméstico, Comercial, Industrial y Público [7].

2.3.1. Consumo Doméstico.

Conocido también como consumo residencial, es la cantidad de agua utilizada en los hogares tales como: casas, villas, condominios y departamentos, y son destinadas para el uso personal ya sea en preparación de alimentos, limpieza y/o lavado; depende del clima de la zona

y la clase socioeconómica de los beneficiarios, así como de la presión en la red de abastecimiento y si se dispone de un sistema de alcantarillado [8].

2.3.2. Consumo Comercial.

El consumo comercial está relacionado con actividades rentables en la que el agua no se considere como materia prima. Por ejemplo, edificios con oficinas, actividades comerciales, centros educativos, centros comerciales, centros de convenciones, cines, teatros, gimnasios, centros financieros, entre otros [3].

2.3.3. Consumo Industrial.

Es el provecho de agua que se utiliza como materia prima o como insumos en varias actividades de desarrollo de productos como en fábricas, industrias, entre otros. Varía en tamaño y, a menudo tiene sus propias fuentes de agua que no afecta a la población [9].

2.3.4. Consumo Público.

Es todo aquel consumo realizado en edificios, instituciones públicas como por ejemplo mercados, escuelas, servicio contra incendios, hospitales, parques. Este consumo es irregular debido a su uso [9].

2.4. Consumos de agua en el Ecuador.

El agua dulce que se tiene en el planeta, ha hecho que los seres humanos desde la antigüedad se vayan estableciendo cerca de lagos y ríos. El crecimiento poblacional genera mayor demanda de agua, por esta necesidad en los últimos años se ha incrementado los usos que se da este recurso, ya sea doméstico, agrícola e industrial [10].

Ecuador tiene una extensión de 283561 km² se divide en: 26% Costa, 34% Sierra, 37% Amazonia y 3% las islas Galápagos en área. El volumen total del agua es aproximadamente de 375km³, Ecuador hace una década tuvo un consumo de 15.80 km³ distribuido de la siguiente manera:

- Consumo doméstico 1.48 km³ (9.4%)
- Consumo agrícola 13.05 km³ (82.6%)
- Consumo industrial 1.27 km³ (8%) [11].

2.5. Descripción de la empresa prestadora del servicio de agua potable de la ciudad de Azogues.

La empresa prestadora de agua del cantón Azogues (EMAPAL EP.) fue creada el 30 de marzo de 1974, mediante ordenanza municipal [12].

La empresa tiene por objeto el abastecimiento de agua potable, alcantarillado e instalaciones sanitarias; y atender sus necesidades mediante la protección, restauración y gestión de los recursos hídricos, las cuencas hidrográficas y los caudales ambientales [12].

2.6. Periodo de diseño.

Es la cantidad tiempo en donde una estructura funciona adecuadamente sin necesidad de ampliaciones para servir a una población. Por lo general se considera los siguientes aspectos:

- El periodo de vida útil de las estructuras y su equipo
- Proyección poblacional.
- Comportamiento de las estructuras al inicio del periodo de diseño o la vida útil durante los primeros años [13].

2.7. Población de diseño.

Es la población beneficiada durante el periodo del proyecto, esta medida se obtiene con la proyección del número de personas actual durante el periodo de diseño, para lo cual se utilizan tasas de crecimiento [14].

2.7.1. Densidad Poblacional

Es el promedio de personas que corresponde a una unidad de área dada, ya sea un país, provincia, cantón o un área en específico [15].

$$DP = \frac{P}{S} \quad (1)$$

En donde la Densidad Poblacional se refiere como "*DP*", "*P*" como Población (hab) y "*S*" como superficie (Ha).

2.7.2. Tasa de crecimiento poblacional

Es el índice a la que crece o decrece la población y depende de parámetros como: nacimientos, muertes y migración, estos parámetros están determinados por factores económicos como sociales [16].

2.7.3. Población Actual.

Se refiere a la cantidad de habitantes beneficiarios dentro de la reserva Bellavista por lo que. Para determinar esto, se recopilan los siguientes datos:

- Resultados de los censos de años anteriores, para obtener información del crecimiento y decrecimiento de la población, realizados por el INEC
- PBVOT [14].

2.7.4. Población Futura.

Se obtiene haciendo proyección de la población actual, teniendo en cuenta los aspectos económicos, geopolíticos y sociales de la población, siendo la tasa de crecimiento un factor importante que se puede determinar en base a las características demográficas de la población [14].

La población futura se puede determinar por diferentes métodos de proyección poblacional, cada una con su respectiva tasa de crecimiento:

- Método Aritmético
- Método Exponencial
- Método Geométrico

2.7.4.1. Método Aritmético.

El crecimiento aritmético es constante y no depende de su tamaño [17]. La población aumenta o disminuye en la misma cantidad durante un período de tiempo. Este método se aplica en poblaciones pequeñas donde su crecimiento poblacional se considere estable o con poca área futura de expansión [14].

López Cualla expresa el crecimiento Aritmético según lo expresado en la Ecuación 2 y la tasa de crecimiento en la Ecuación 3.

$$Pf = Puc + Ka(Tf - Tuc) \quad (2)$$

$$Ka = \frac{Puc - Pci}{(Tuc - Tci)(Puc)} \quad (3)$$

En donde:

En donde: La población proyectada se indica como " Pf ", " Ka " es la tasa de crecimiento, el año del último censo es igual a " Tuc ", " Tci " del año del censo inicial, la población del último censo como " Puc ", la población del censo inicial " Pci " y finalmente como, " Tf " el año de proyección [17].

2.7.4.2. Método Exponencial

Para determinar la tasa de población promedio por el método exponencial es recomendable conocer mínimo tres censos y que la población tenga una expansión y un desarrollo grande [14].

López Cualla expresa el Crecimiento Exponencial según lo expresado en la Ecuación 4 y la tasa de crecimiento en la Ecuación 5.

$$Pf = Puc * e^{Kg(Tf-Tuc)} \quad (4)$$

$$kg = \frac{\ln \frac{Puc}{Pci}}{Tuc - Tci} \quad (5)$$

En donde la tasa de crecimiento es igual a Kg , la población proyectada a Pf , Tuc es el año del último censo, Tci es el año del censo inicial, Población de último censo es igual a Puc , Pci es la población del censo inicial, y finalmente Tf es el año de proyección [17].

2.7.4.3. Método Geométrico.

Si la población es proporcional a su tamaño, el crecimiento es geométrico [17]. Su tasa de crecimiento porcentual es igual en el tiempo, este método se aplica en poblaciones donde su actividad económica esté en pleno desarrollo y su área de expansión sea importante [14].

López Cualla expresa el crecimiento Geométrico según lo expresado en la Ecuación 6 y la tasa de crecimiento en la Ecuación 7.

$$Pf = Puc(1 + r)^{Tf - Tuc} \quad (6)$$

$$r = \left(\frac{Pf}{Puc} \right)^{\frac{1}{Tf - Tuc}} - 1 \quad (7)$$

En donde la tasa de crecimiento es igual a "r", la población proyectada a "Pf", "Tuc" es el año del último censo, Población de último censo es igual a Puc, y finalmente Tf es el año de proyección [17].

2.8. Dotación.

Es la cuantificación de agua que utiliza cada beneficiario para su consumo en un periodo determinado. Las unidades se expresan en l/hab/día [18].

La dotación depende de las actividades de una población, como los usos destinadas a satisfacer las necesidades básicas, agricultura, ganado, comercial etc. Para esto se emplea tablas considerando el número de habitantes y las condiciones climáticas del lugar [19].

2.8.1. Factores que afectan a la dotación.

- **Disponibilidad de agua.**

La disponibilidad del agua es importante para su distribución, cuando existe abundancia del recurso las personas tienden a consumir mayor cantidad de agua sin tener un almacenamiento, por otro lado, cuando hay una escasez de agua la población disminuye su consumo [3].

- **Crecimiento Poblacional.**

Cuando la población crece, crece también el gasto de agua, ello se ve reflejado en la implementación de nuevas redes de distribución y de esta manera cumplir las expectativas de una población en diferentes usos: domestico, comercial, industrial y público [3].

- **El clima.**

El clima afecta la dotación, es decir, si la temperatura es elevada, existirá mayor demanda y consumo de agua en uso personal, actividades recreativas, entre otros, mientras que, si la temperatura es menor, la demanda y el consumo de agua será menor [9].

- **Nivel Económico y Calidad de agua.**

El nivel económico en una población es un factor muy importante, estudios demuestran que, al tener mayores ingresos, las necesidades de consumo del agua tienden a ser mayores, por otro lado, tenemos la calidad de agua, que, si este es excelente, el consumo será en mayor cantidad por la población [7].

- **Presión de agua.**

La alta presión en una red de distribución provoca un mayor gasto de agua debido a posibles fugas, por lo que, se debe llevar un control adecuado dentro del sistema de distribución de agua [7].

- **Medidores.**

Al colocar medidores de agua los usuarios tienen a conservar el líquido y el desperdicio es menor, ya que el medidor permite estimar la cantidad de flujo que se utiliza para previa facturación y cobro [20].

- **Costo de agua.**

El ahorro de agua es importante ya que afecta su costo, es decir, cuanto más caro es el recurso, menos se utiliza y, por tanto, menos se paga [7].

- **Existencia de alcantarillado.**

La presencia de alcantarillados dentro de un sector, incrementa el gasto de agua de una población, en otras palabras, el consumo de agua es mayor cuando el líquido residual se puede drenar más fácilmente. Por otro lado, se reduce las emisiones de residuos cuando no se cuenta con un sistema de alcantarillado [21].

2.9. Caudales de diseño.

2.9.1. Caudal Medio Diario (Q_{med}).

Es el caudal que se tiene durante el año para estimar el caudal máximo diario y el caudal máximo horario. Este caudal se expresa en litros por segundo como se expresa en la Ecuación 8 [22].

$$Q_{med} = \frac{D * P}{86400} \quad (8)$$

El caudal medio diario se expresa como " Q_{med} " en (l/s), la dotación como " D " en (l/hab/día) y finalmente la población como " P " en (hab).

2.9.2. Caudal Máximo Diario (QMD).

Es el mayor consumo que se tiene en un día del año y se calcula según la Ecuación 9 [22].

$$QMD = Qmed * K1 \quad (9)$$

El caudal máximo diario se representa como "*QMD*", "*Qmed*" es el caudal medio diario y "*K1*" es el coeficiente de consumo máximo diario.

Según la INEN el coeficiente de variación del consumo máximo para sistemas existentes se aplica el del proyecto de estudio o se recomienda usar valores entre 1.3 y 1.5 [1].

2.9.3. Caudal Máximo Horario (QMH)

Es la demanda máxima de agua que se tiene en una hora durante un año, el cálculo viene expresado según la ecuación 10 [22].

$$QMH = Qmed * K2 \quad (10)$$

Caudal máximo diario es igual a "*QMD*", *Qmed* es el caudal medio diario y finalmente "*K2*" es el coeficiente de consumo máximo diario.

Según INEN el coeficiente de variación de mayor consumo para sistemas existentes se aplica el del proyecto de estudio o se recomienda usar valores entre 2 y 2.3 [1].

2.9.4. Caudal para redes de distribución.

Para redes de distribución de agua potable su diseño se basa en: caudal máximo diario más incendio y para comprobar las presiones es el caudal máximo horario [1].

Los hidrantes son lugares de agua para el suministro y protección contra incendios, estos se ubican en lugares estratégicos para previa accesibilidad a vehículos del Cuerpo de Bomberos. Los hidrantes se instalan a 200 m entre ellos, dependiendo del número de población y sus necesidades [23].

2.10. Demanda.

Es la cuantificación de agua que debe ser abastecida un sector para satisfacer las necesidades de la población en un periodo de tiempo [1].

2.10.1. Polígonos de Thiessen.

Los polígonos de Thiessen, determina la demanda en cada nodo del sistema de suministro generando zonas de influencia. La base del método es dividir el área cubierta por el nodo en áreas proximales, donde cada nodo tiene su propia área. Se triangula los puntos en cada cuadrícula irregular y generando bisectrices perpendiculares en cada arista del triángulo [24].

2.11. Medición.

En un sistema de abastecimiento la medición tiene como objetivo contabilizar un fluido en procesos de captación, conducción y/o distribución, ya sea caudales consumidos o perdidos; se debe tener una buena planificación, diseño, construcción, operación, mantenimiento y abastecimiento de agua que fundamente un eficiente sistema comercial [25].

2.11.1. Importancia de la medición.

La medición es un mecanismo importante para las siguientes actividades:

- Evaluar las condiciones actuales para un normal funcionamiento del suministro de agua
- Planificar y emprender programas de mantenimiento preventivo
- Planificar e implementar programas de medición
- Ajustar y/o ampliar programas de macromedición y micromedición en base a la evaluación estadística de las mediciones
- Desarrollar, implementar y controlar las políticas tarifarias de las empresas prestadora de servicio de suministro de agua
- Evaluar el sistema de micromedición actual, con la finalidad de que los medidores residenciales satisfagan las necesidades del consumidor en cuanto a precisión, eficiencia y procesamiento de datos
- Comparar el volumen de agua disponible con el agua abastecida
- Reducir costos mediante el desarrollo de programas [25].

2.12. Micromedición.

Es el consumo de agua por parte de los beneficiarios, registrados para previa facturación del servicio, tiene como propósito cobrar de manera justa evitando el desperdicio de agua; la cantidad de agua entregada puede variar dependiendo de la ubicación y el tiempo [26].

2.12.1. Importancia de la micromedición.

- Controla el consumo de agua entregado a los usuarios
- Eliminación de subsidios
- Detecta pérdidas por fugas o tomas clandestinas
- Distribución justa y equitativa [26].

2.12.2. Micromedidor.

Un micromedidor permite calcular la cantidad de agua que consume un beneficiario de un sistema de agua en un periodo de tiempo, por lo general es un mes [3].

Los servicios públicos de agua deben probar y calibrar periódicamente los micromedidores para garantizar su vida útil segura. En caso de que el equipo ya no sea utilizable, deberá ser devuelto al establecimiento para su disposición final [27].

2.12.3. Tipos de Micromedidores.

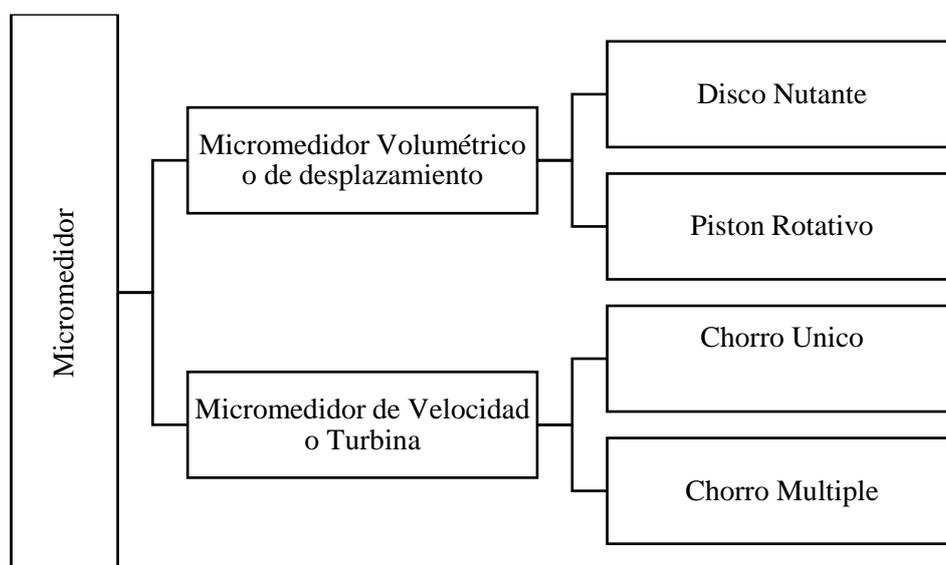


Ilustración 2: Clasificación de los tipos de Micromedidores.

2.12.3.1. Micromedidor Volumétrico o de desplazamiento.

Los medidores volumétricos o de desplazamientos son dispositivos que conecta un conducto cerrado y aplica el principio de una cámara de volumen conocido en donde es operado con un elemento móvil el flujo de agua, en esta cámara es llenada y descargada. El desplazamiento de este elemento móvil se divide en dos comportamientos: el llenado de la

cámara y la descarga de la cámara, en donde se traslada el flujo de agua al mismo sentido que se traslada el mecanismo, por esta razón se llama desplazamiento positivo. Los micromedidores volumétricos o de desplazamiento más comunes son el Disco Nutante y el Pistón Rotativo [28].

2.12.3.1.1. Disco Nutante.

Estos micromedidores son utilizados para el consumo doméstico, la instalación de filtros aguas arriba hace que las partículas en suspensión afecten el funcionamiento del aparato, la medición es adecuada para caudales bajos [29].



Ilustración 3: Disco Nutante [29].

2.12.3.1.2. Pistón Rotativo.

El macromedidor de Pistón rotativo se utiliza de igual manera para el consumo doméstico y registra el caudal mediante el llenado y el vaciado de la cámara, su ventaja es permitir medir caudales bajos y contabilizar si existe fugas [29].



Ilustración 4: Pistón Rotativo [29].

2.12.3.2. Micromedidores de velocidad o turbina.

Los micromedidores de velocidad consisten en la incidencia tangencial del chorro de agua cubierta de una turbina que se encuentra en el parte interior del equipo o cámara. La velocidad que gira la turbina conforme aumenta o baja la velocidad del agua que la golpea y a la vez el caudal que circula. Los micromedidores de velocidad o turbina más habituales son el Chorro único y el Chorro múltiple [30].

2.12.3.2.1. Chorro único.

El micromedidor de chorro único consta de una turbina colocado dentro de un cajón con un orificio de área definida, por donde pasa el agua al anillo. La suma del flujo que circula es igual a la velocidad y al número de giros que realiza la turbina. El consumo de agua se conoce a partir el área de orificio y el número de revoluciones que da el rotor [20].

Estos micromedidores son pequeños, económicos, tiene gran variedad de modelos y sobre todo son muy resistentes para sólidos en suspensión, se debe instalar de manera horizontal o tendrá inconvenientes en su medición [29].



Ilustración 5: Micromedidor de Chorro Único [29].

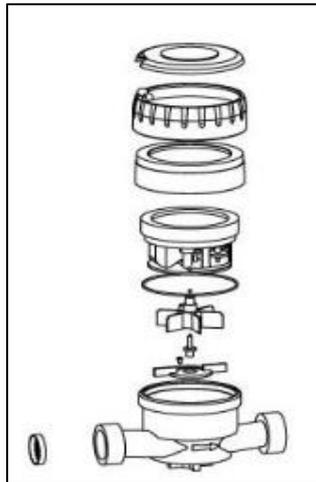


Ilustración 6: Componentes del micromedidor Chorro Único [31].

2.12.3.2.2. Chorro Múltiple.

El micromedidor de chorro múltiple determina el gasto mediante la velocidad y el área transversal de la turbina, el impulso causada por el agua en la turbina permite girar a una velocidad proporcional a la del agua [32].

Estos micromedidores son los más utilizados en los últimos tiempos, son pequeños y tiene gran variedad de modelos y de precios, la medición no es exacta cuando los caudales son medios o altos [29]. estos micromedidores son de uso residencial, municipal e industrial, exclusivo para aguas limpias, el error máximo permitido es de $\pm 2\%$ [33].



Ilustración 7: Chorro Múltiple [29].

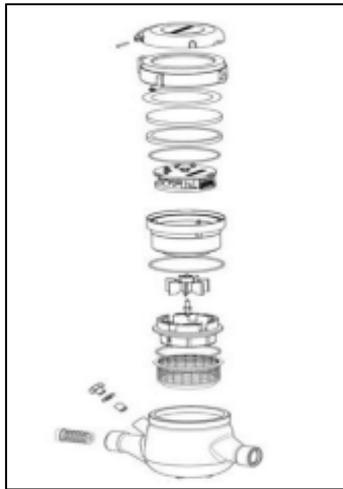


Ilustración 8: Componentes del medidor convencional Chorro Múltiple [31].

2.13. Macromedición.

La macromedición es el conjunto de equipos, actividades, accesorios y elementos de medición que sirven para contabilizar el caudal captado, conducido y distribuido. Los equipos para la macromedición están destinados para obtener, procesar, analizar y divulgar datos relativos a los flujos, volumen de agua, presión y evaluar consumos excesivos de agua de una ciudad con alta precisión [34].

Se debe presentar también para un sistema de macromedición información necesaria para una adecuada planificación, diseño, construcción, operación y protección del sistema de abastecimiento de agua [35].

Los datos a ser evaluados mediante la macromedición son: el equilibrio del abastecimiento de agua en los distintos circuitos hidrométricos, las condiciones hidráulicas reales para el funcionamiento del suministro de agua, el sistema de agua potable con relación al crecimiento poblacional y el sistema de macromedición existente tomando en cuenta la demanda, grado de precisión, grado de eficiencia en lecturas y en el procesamiento de datos.

Los datos a ser determinados gracias a la macromedición son: el volumen, caudal, demanda de agua, presiones, dotación, volumen de agua no contabilizada [35].

2.13.1. Importancia de la macromedición.

El servicio de abastecimiento de agua debe proporcionar una cantidad adecuada para atender la demanda de los consumidores, la dotación debe ser continua y sin intermitencias, el sistema de abastecimiento debe ser confiable, es decir que el personal encargado debe tener conocimiento y dominio de la operación y mantenimiento del sistema. Cuando se desconoce la cantidad de agua que se produce para cubrir las necesidades de una población, se debe por la deficiencia del servicio en las redes de distribución [35].

La macromedición de agua potable es de importancia para la cuantificación de la producción del agua, a partir de esto se puede realizar los balances hidráulicos del sistema, se puede conocer las pérdidas hidráulicas, volúmenes producidos y facturados para determinar la eficiencia comercial del sistema, se puede conocer el comportamiento hidráulico del sistema en tiempo real para tomar decisiones relacionadas con la gestión del agua [36].

2.13.2. Macromedidor.

El macromedidor es un equipo que se usa para contabilizar el volumen de agua entregada a la red, para luego compararla con la micromedición. Su principal objetivo es cuantificar, registrar caudales de agua captada, potabilizada, conducida, regulada y distribuida en sistemas de abastecimiento, los macromedidores a su vez controlan y contabilizan la presión [3].

2.13.3. Tipos de Macromedidores.

En el mercado existe una gran variedad de macromedidores aplicados en el sistema de suministro de agua potable y alcantarillado, su diseño se basa en la presión de operación y la calidad de agua que se requiere contabilizar, se distinguen por sus especificaciones técnicas como su dimensión, operación y exactitud. En la ilustración 9 se muestra una clasificación general de los tipos de macromedidores [37].

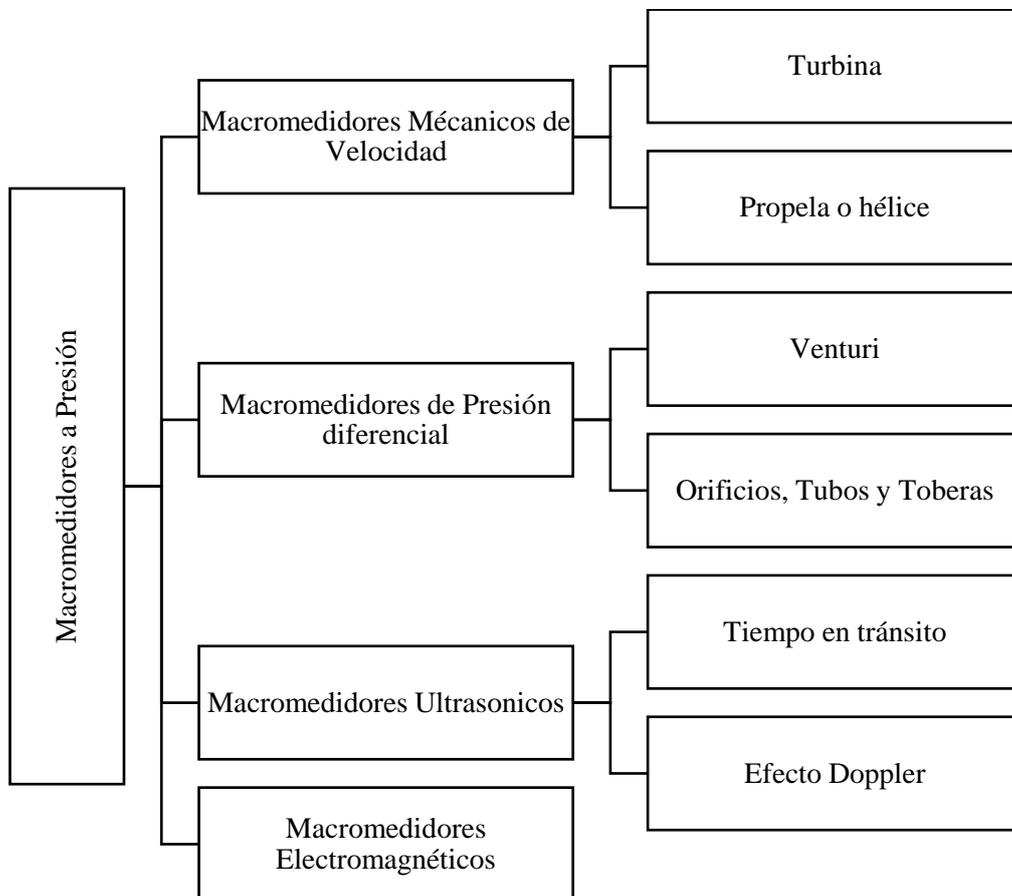


Ilustración 9: Clasificación de los tipos de Macromedidores.

2.13.3.1. Macromedidores Mecánicos de Velocidad.

Los macromedidores mecánicos de velocidad utilizan alabes o un rotor que giran dentro de una tubería a presión en donde pasa el flujo, se llaman de velocidad porque determina el

volumen de agua indirectamente a partir de la velocidad y el área de flujo dentro del aparato, la medición se hace dependiendo al número de revoluciones o vueltas que realiza los alabes y del agua que se transporta en la tubería con su velocidad [28].

2.13.3.1.1. Turbina.

Es un medidor que tiene en el sensor de velocidad una rueda o rotor de turbina, se considera un dispositivo de alta precisión y mínima pérdida de carga. Pueden tener transmisión mecánica o magnética y su señal puede ser remota o local porque tiene un dispositivo de conexión [37].

El medidor tipo turbina se recomienda para uso en agua limpia o un mínimo contenido de sólidos en suspensión, el tamaño del medidor es de 3” a 72” de diámetro, su precisión es del $\pm 2\%$ a $\pm 5\%$, la máxima temperatura de operación es de 38°C , trabaja a una presión del 17.5 kg/cm^2 , una velocidad de operación es de hasta 3 m/s y un rango de caudal de 1.2 a $3000 \text{ m}^3/\text{h}$, es de presión baja y pérdida carga baja, de fácil instalación y necesita mantenimiento constante, bajo costo de adquisición y periodo de vida útil largo [38].

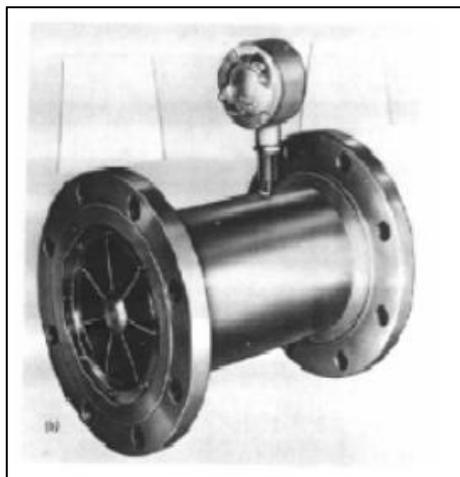


Ilustración 10: Macromedidor Turbina [37].

2.13.3.1.2. Propela o hélice.

Este medidor se compone principalmente de una propela o hélice, un cajón cerrado y un cabezal de medición; para conectar el equipo de medición externa dispone de un registro local y un cajón de acoplamiento. El medidor en su la parte inferior se tiene un cajón que conecta el rotor, y puede ser mecánico o magnética. Su funcionamiento consiste en aplicaciones acústicos que es transmitido diagonalmente por donde pasa el agua por un tubo, la velocidad a la que se transporta el flujo afecta el tiempo que tarda la señal de ir del transmisor al receptor [39].

Este medidor de propela o hélice tipo Woltmann se recomienda para uso solo en aguas limpias o con aguas con bajo contenido de sólidos en suspensión, trabaja en tramos de tubería horizontal a sección llena con un rango de caudal de 0.45 a 3000 m³/h, el tamaño del medidor es de 2" a 20", su precisión es de $\pm 2\%$ a $\pm 5\%$, la temperatura máxima de operación es de 40°C, trabaja a una presión del 10 kg/cm², es de presión baja y carga baja, su costo de adquisición es baja [38].



Ilustración 11: Medidor Hélice o Propela tipo Woltmann [37].

2.13.3.2. Macromedidores de Presión Diferencial.

Estos medidores consisten en una disminución de la sección de flujo, ocasionando así mayor velocidad y menor presión, es decir produce una obstrucción creando una diferencia de presión entre ambos lados del dispositivo. Las pérdidas de presión se expresan en mca y con la ayuda de un manómetro diferencial se puede realizar las lecturas de presión para la determinación de la velocidad del líquido y con el área calcular el caudal que circula. Estos macromedidores son muy precisos, y pueden ser tipo Venturi o de tipo orificio, tubos o toberas [28].

2.13.3.2.1. Venturi.

Los medidores tipo Venturi son dispositivos utilizados para calcular el flujo en una tubería. Su característica principal es su forma y se basan en la diferencia de presión, en donde la sección de garganta de menor diámetro conecta a la tubería principal, con una sección convergente y otra divergente, según el cual un fluido a través de una tubería se acelera a medida que el diámetro de la tubería disminuye. El caudal se calcula cuando el agua pasa por la garganta [35].

Estos medidores se recomiendan solo para uso de aguas limpias, se puede usar también para un bajo contenido de sólidos en suspensión, pero esto provoca obstrucción con frecuencia y se requiere de toma de presiones periódicamente. [37] Trabaja en tubería en tramo recto en régimen uniforme libre de turbulencia y a sección llena, el rango de caudales es constante, el tamaño del medidor es de 2" a 48" de diámetro, su precisión es del $\pm 1\%$ a $\pm 2\%$, la temperatura máxima de operación varía dependiendo del material de construcción del medidor, trabaja a una presión del 10.5 kg/cm², la pérdida de carga es baja, el costo de adquisición es alto y su instalación es costosa, el periodo de vida útil es larga [36].

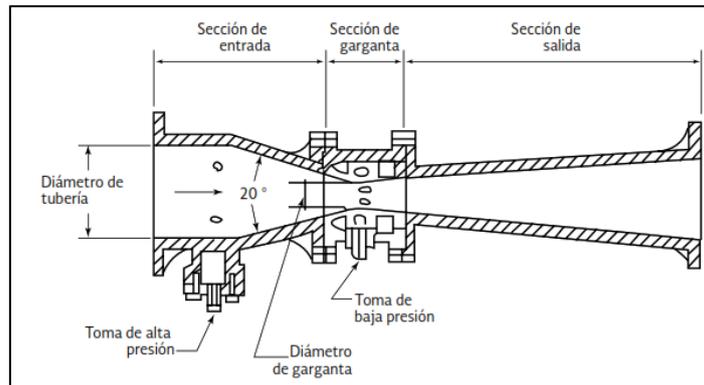


Ilustración 12: Macromedidor tipo Venturi [34].

2.13.3.2.2. Orificio, Tubos y Toberas.

Los medidores tipo orificios, tubos y toberas también son equipos utilizados para contabilizar el fluido en una tubería, se caracteriza por tener un orificio un tubo o una tobera de diámetro en la pared del depósito o en el diafragma de la tubería por donde el fluido pasa, provocando aumento de velocidad y una pérdida de carga ya que la contracción es brusca. Este orificio es un medidor económico, y los más comunes tienen forma rectangular y circular, tienen bordes muy delgados de modo que el flujo pase una línea de corriente y se denomina de pared delgada [34].

Estos medidores se recomiendan solo para uso en aguas limpias, no se aplica para un alto contenido en suspensión ya que puede acumularse ocasionando error en la medida, sin embargo, se puede manejar líquidos con baja concentración de sólidos en suspensión, requiriendo la toma de presiones periódicamente, su instalación debe ser en tubería con bastante longitud. [37] Trabaja a sección llena, el rango de caudal es limitada, el tamaño del medidor es de 2" a 20", su precisión es del $\pm 1\%$ a $\pm 2\%$, la temperatura máxima depende del material de construcción del medidor, trabaja a una presión de más de 100 kg/cm², su pérdida

de carga alta, es de fácil instalación, su mantenimiento es mínimo y tiene bajo costo de adquisición [36].

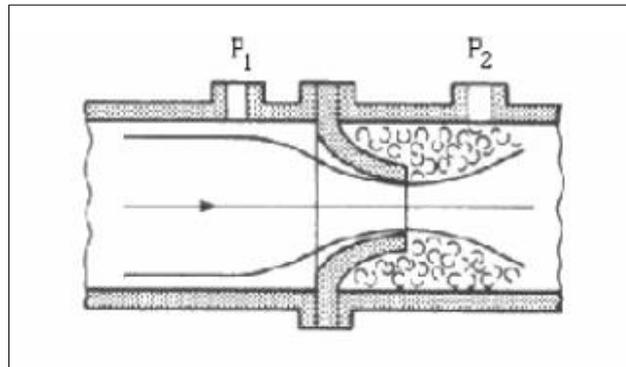


Ilustración 13: Medidor tipo Tobera [37].

2.13.3.3. Macromedidores Ultrasónicos.

Su funcionamiento se basa en una onda que es lanzada del transmisor al receptor que es instalado en la parte externa del tubo, en la tubería se calcula la velocidad media del fluido a través de la propagación de la onda. La medida del caudal se puede visualizar en la pantalla de macromedidor [34].

2.13.3.3.1. Tiempo en Tránsito.

Este medidor tiene una señal acústica va del transmisor al receptor, son modulados por impulsos y son más precisos, se usa solamente para aguas limpias que no contengan sólidos en suspensión, aunque algunos tipos permite un cierto contenido de partículas y gas [40].

El medidor Tiempo en Tránsito se recomienda solamente para uso en aguas limpias en tubería en sección llena, el tamaño del medidor es de 1" a 26", su precisión varia de $\pm 1\%$ a $\pm 5\%$ dependiendo del tamaño de la tubería, para tuberías de tamaños grandes algunos fabricantes ofrecen dos, cuatro o más pares de transductores dispuestos en múltiples

trayectorias acústicas, la temperatura máxima de operación es de 60°C , pérdida de carga es cero, la presión es baja, el rango del caudal es limitada, y su costo es alto [37].

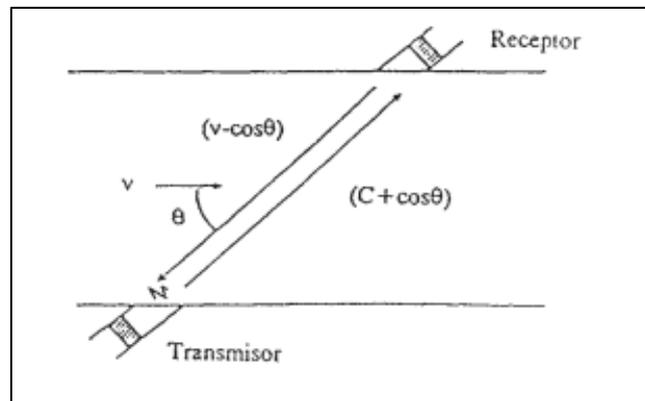


Ilustración 14: Tiempo en Tránsito [40].



Ilustración 15: Medidor de tiempo en tránsito [41].

2.13.3.3.2. Efecto Doppler.

Un medidor de efecto Doppler permite que las ondas de ultrasonido pasen a través de una corriente de partículas en movimiento, y el sonido se reflejará de regreso a las partículas, la velocidad aumenta o disminuye conforme al cambio de la frecuencia [40].

Este macromedidor trabaja en agua que contengan sólidos en suspensión, tubería en sección llena, el rango de caudal es limitada, el tamaño de medidor es de 1” a 26”, su precisión es de $\pm 5\%$, la temperatura máxima de operación es de 30°C , pérdida de carga es cero, pérdida de presión es cero y su costo es medio [36].

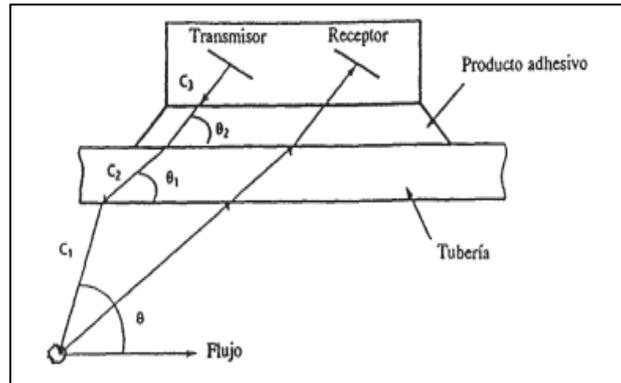


Ilustración 16: Efecto Doppler [40].



Ilustración 17: Medidor Efecto Doppler [41].

2.13.3.4. Macromedidores Electromagnéticos.

El macromedidor de flujo electromagnético se fundamenta en la ley de Faraday, en la cual consiste que el voltaje inducido en cualquier conducto, al moverse en el ángulo correcto mediante un campo magnético aumentando o disminuyendo la velocidad en ese conducto [42].

E es proporcional a $V * B * D$

En donde la velocidad del conductor es igual " V ", el largo del conductor " D ", el voltaje generado en el conductor es igual a " E " y finalmente la fuerza del campo magnético es igual a " B " [42].

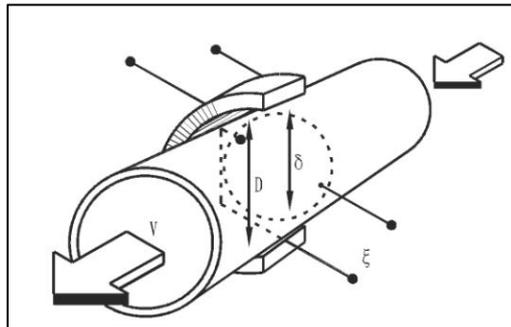


Ilustración 18: Aplicación de la ley de Faraday [42].

Los medidores electromagnéticos tienen un tubo resistente que por lo general es de acero inoxidable o de aluminio, ya que estos materiales son menos magnéticos y está recubierto por materiales no magnéticos como plástico, teflón o cerámica [28].

Se colocan dos bobinas en el tubo a cada lado del medidor, a través de las cuales pasa una corriente alterna, creando un campo magnético dentro del tubo, y cuando el agua fluye a través del medidor, rompe el campo magnético, enviando así un registro del caudal o del volumen [28]. Para la correcta medición del macromedidor es necesario que el fluido a medir debe conducir electricidad, para que aplique la ley de Faraday [42].

Partes de un macromedidor Electromagnético.

- Flujo Magnético
- Tubería
- Electrodo

- Electroimán

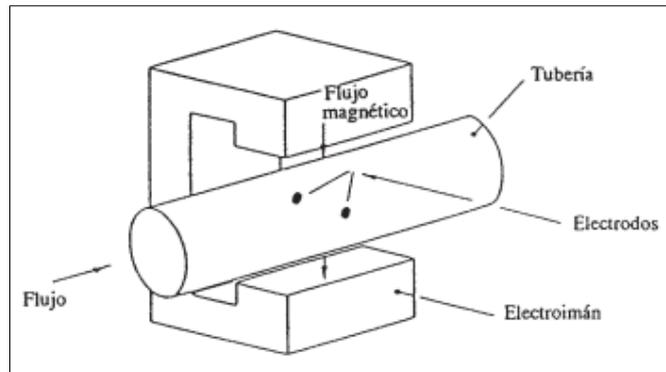


Ilustración 19: Partes de un medidor electromagnético [40].



Ilustración 20: Medidor Electromagnético [28].

Instalación.

- El macromedidor debe estar alineado con la tubería, o esto provocará errores en la medición, se debe tener una conexión a tierra o también afectará el funcionamiento del equipo
- Su instalación debe estar en un lugar ventilado y seco, protegido del sol y la lluvia, y estar ubicado lejos de fuertes vibraciones
- Al instalar el sensor en la tubería, el flujo debe coincidir con el sentido de la flecha que contiene el medidor

- El tubo de medición debe estar lleno por el flujo a medir
- Se debe dejar espacios libres en la tubería, es decir no instalar válvulas, codos, tees, entre otros [42].

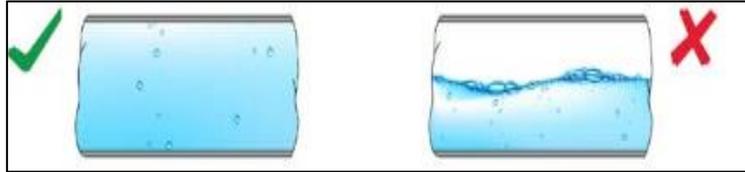


Ilustración 21: Tubo de medición debe estar lleno por el flujo a medir [43].

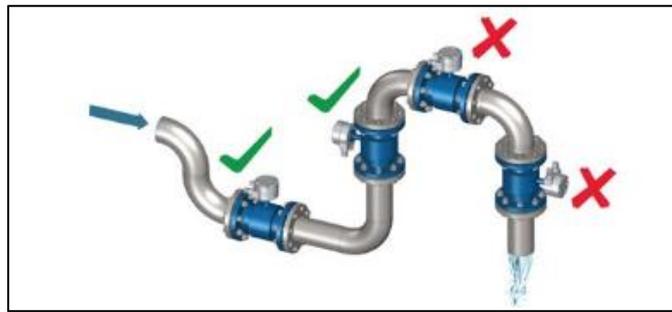


Ilustración 22: Correcta Instalación de Macromedidor Electromagnético [43].

Los macromedidores electromagnéticos cuando se tiene una reducción de diámetro se presenta las siguientes indicaciones:

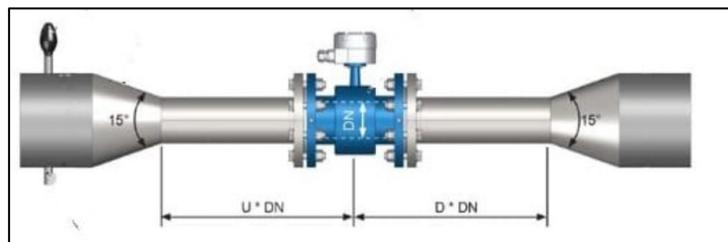


Ilustración 23: Instalación de macromedidor con reducción [43].

En donde el ángulo de vértice máximo recomendado es de 15° , " DN " es el diámetro del macromedidor a ser instalado, $U = 5$, y $D = 3$, como se observa en las Ilustraciones 24 y 25 para tubería en forma de sifón.

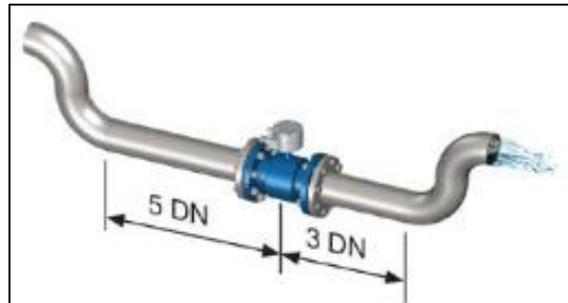


Ilustración 24: Instalación para tubería en sifón [43].

Ventajas.

- No tiene partes móviles que entren en contacto con líquidos.
- Es de fácil instalación
- Su medición es exacta
- Apto para fluidos grandes
- No se requiere de un filtro
- No se obstruye
- Larga vida útil
- Resistente a la abrasión
- Adecuado para grandes y pequeños diámetros [28].

Desventajas.

- Su costo es alto
- Para su instalación y mantenimiento debe tener mano de obra especializada

- Tener cuidado con las fuentes de alimentación externas, ya que pueden distorsionar el funcionamiento.
- Necesita periódicamente un mantenimiento [39].

Características técnicas.

- Estos tipos de macromedidores se recomiendan para uso en agua limpia o con bajo contenido de sólidos en suspensión
- Los diámetros nominales van de 2" a 72"
- Su precisión es del $\pm 0.5\%$ a $\pm 1\%$
- La temperatura máxima de operación es de 120°C
- Rango de caudal 0.45 a 7000 m³/h
- Pérdida de carga es cero
- La presión máxima de trabajo varía con el tamaño del medidor [37].

2.14. Factores para determinar la elección de medidores.

Existe una gran cantidad de tecnologías y criterios que influye en la elección de un medidor, según las necesidades que se requieran. Para ello es importante tener un listado de factores que se debe tener en cuenta para satisfacer el aparato propuesto, con requisitos y parámetros de aplicación. De la misma manera revisar las especificaciones técnicas con las que se adapte el sistema a medir [28].

a. Rango y tipo de fluido.

Los medidores requieren de un rango de caudal esperado o requerido, estos van de ml/s a m³/s, por lo tanto, se debe conocer también la magnitud general de la velocidad de flujo,

como también el rango o variación de temperatura. El tipo de fluido también es un factor importante, es decir que las propiedades y las condiciones de un fluido afectan el correcto funcionamiento de los medidores [43].

b. Exactitud.

Todos los dispositivos de medición instalados y operados, proporcionan una exactitud de flujo real, varían desde el 0.5% a 5%, el precio del medidor depende de la exactitud, mientras más exacto sea este, mayor será su costo [45].

c. Pérdida de presión.

La pérdida de presión o pérdida de energía depende de los detalles de construcción que posee cada medidor cuando el flujo corre a través de ellos. Algunos medidores disponen de un dispositivo mecánico o alguna restricción en la corriente para generar pérdida de energía [43].

2.15. Descripción del Software EPANET.

EPANET es un software informático gratuito que modela el comportamiento hidráulico de los fluidos en redes de distribución. Este software establece en cada nodo su presión, el nivel del fluido en un tanque, el caudal que circula en cada tubería y por último la composición química en diferentes periodos de tiempo [46].

EPANET proporciona un espacio de trabajo integrado para editar entradas de red, realizar cálculos y simulaciones hidráulicas y ver resultados en una variedad de formatos. [46].

Este Software presenta las siguientes características:

- No hay límite para la red a analizar

- Calculo de pérdidas por fricción por las fórmulas de Darcy-Weisbach, Chézy o Hazen-Williams
- Se puede incluir perdidas menores
- Modela bombas
- Se puede modelar diferentes tipos de válvulas como: regulación, retención, aislamiento y reguladoras de presión.
- Permite acumulación en tanques de cualquier geometría
- Inclusión de demanda en cada nudo [8].

Los componentes físicos que pueden ser modelados en este software son aquellos que se interconectan entre sí, para transportar de manera óptima el líquido vital a los consumidores, entre ellas tenemos: Nodo de demanda, deposito, embalse, tuberías y válvulas [46].

2.15.1. Nodos.

Los nodos son puntos de la red en donde se une las conexiones ya sea de entrada y salida del agua, los parámetros a utilizar son la elevación, y demanda de agua. Los resultados que se presenta en cada nodo son: la altura piezométrica y la presión [48].

2.15.2. Depósitos.

Los depósitos son nodos que tienen una capacidad para almacenar, es decir que puede variar el volumen de agua almacenada con el tiempo. Los parámetros a utilizar es la cota, diámetro o geometría del depósito y nivel de agua, los resultados que se tendrá son el caudal de entrada y salida, altura piezométrica y presión [48].

2.15.3. Embalse.

Son fuentes de alimentación externas y tienen una capacidad ilimitada, pueden ser ríos, lagos, acuíferos, entre otros [8].

2.15.4. Tuberías.

Son conexiones que transporta agua de un lugar a otro en la red, EPANET 2.0 trabaja las tuberías a sección llena, los parámetros a utilizar son los nodos de ingreso y salida, diámetro, coeficiente de rugosidad, longitud. Los resultados que se obtendrá es el caudal de circulación, velocidad y pérdida de carga [48].

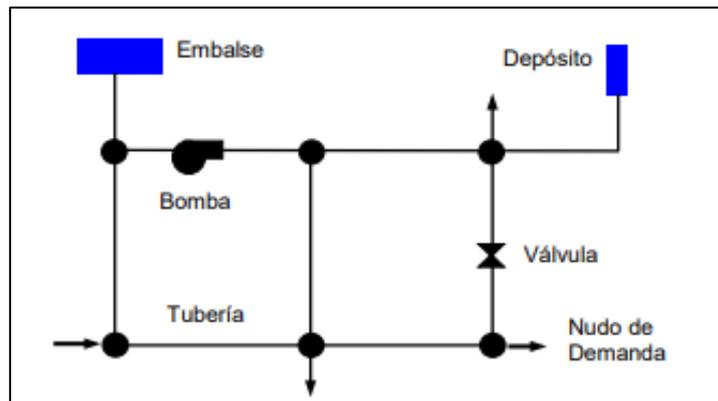


Ilustración 25: Componentes a modelar por EPANET [46].

3. CAPITULO: MARCO METODOLÓGICO

3.1. Delimitación geográfica de la zona de estudio y aspectos generales del tanque de almacenamiento Bellavista

La zona oeste de la ciudad de Azogues limitada por la rivera del río Burgay, es servida por la reserva de Zhigzhiquín de 1000 m³ a una elevación de 2590 msnm, por la reserva Virgenpamba a una elevación de 2580 msnm abastecida desde el sistema de bombeo de la Cooperativa Pucañan y por la reserva de 20 m³ en el sector de San Pedro y Chavay [12].

La reserva Bellavista presenta un área de cobertura de 258.20 Ha donde se ubican los predios con potencial acceso al servicio de agua potable, está delimitada por el norte con la calle Nela Martínez Espinoza, al sur con la vía Chavay Bajo, al este con el río Burgay y al oeste con la avenida Luis Monsalve Pozo.



Ilustración 26: Reserva Bellavista de 500m³.

El tanque de almacenamiento Bellavista tiene una capacidad de 500 m³, se ubica a una elevación de 2570 msnm, dispone de una cámara de válvulas donde se controla el ingreso y la salida del flujo de agua a la red de distribución con tubería PVC de diámetro de 160 mm; la entrada de agua está controlado mediante una válvula tipo mariposa de cierre rápido, el llenado

de la reserva se regula mediante una válvula flotadora de altitud la misma que dispone de un filtro de limpieza manual para protección de este elemento.



Ilustración 27: Ingreso de agua potable

La salida se realiza con tubería de hierro dúctil (HD) de 200 mm de diámetro dispuesto a manera de sifón invertido para la ubicación del macromedidor tipo electromagnético en su punto más bajo, con la finalidad de mantener el equipo a sección llena, las dimensiones del macromedidor y la tubería HD se presentan en la Ilustración 28.

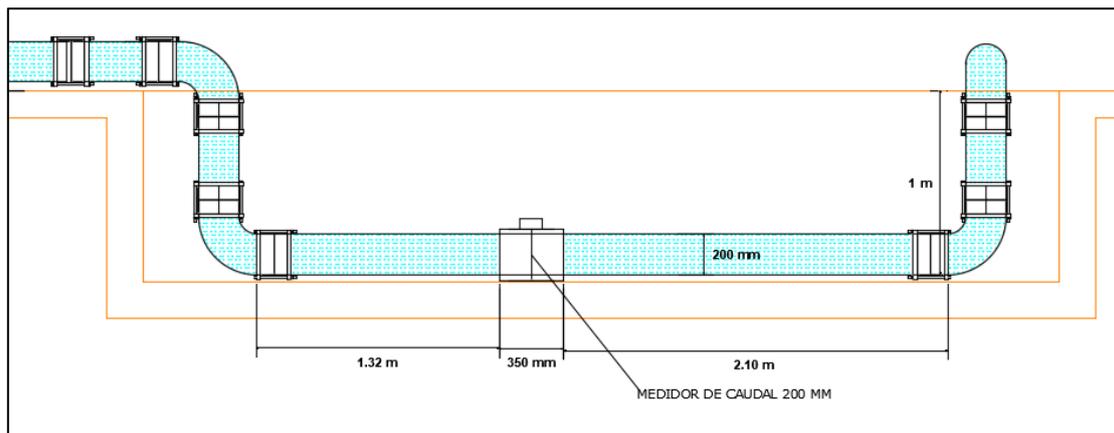


Ilustración 28: Dimensión del macromedidor y tubería HD.



Ilustración 29: Macromedidor tipo Electromagnético instalado

El macromedidor instalado de tipo electromagnético modelo MAG-C de la casa comercial B Meters, dispone de un PLC para la lectura y registro de la velocidad, caudales y volúmenes de agua suministrados al sistema de distribución de la zona de servicio.



Ilustración 30: PLC para lectura y registro de datos

En la cámara de válvulas se dispone también de un sistema de rebose con tubería HD de diámetro de 150 mm y de sistema para el lavado y mantenimiento de la reserva mediante una tubería HD de diámetro de 200 mm controlada por una válvula de compuerta.



Ilustración 31: Sistema de rebose con tubería 150 mm.

Según la información proporcionada por la empresa presentadora de servicio de agua de la ciudad de Azogues el macromedidor de diámetro de 200 mm instalado presenta intermitencia en las lecturas, es decir, no tiene continuidad en la medición y almacenamiento de los datos correspondientes a caudales, y volúmenes de agua de salida a la red de distribución.

3.2. Periodo de diseño.

La reserva Bellavista fue construida en el año 2020, el periodo de diseño según lo establecido en la norma INEN en lo relacionado a tanques de almacenamiento presenta un periodo de vida útil sugerido de 30 años, sin embargo, se conoce que la reserva empezó a operar a inicios del año 2022, en este sentido, se define al año 2052 como el año horizonte de diseño.

3.3. Población de diseño

Para determinar la población de diseño se partió de la información disponible en los censos realizados entre los años 1950-2010 por el INEC en la ciudad de Azogues, provincia del Cañar cuyos resultados se resumen en la Tabla 1 [48].

Tabla 1: Población de Azogues según censos realizados [48].

Azogues	
Año	Población
1950	10708
1962	12882
1974	18832
1982	22605
1990	28638
2001	33980
2010	37995

La tasa de crecimiento intercensal entre los dos últimos recuentos (2001 - 2010) en Azogues establece un valor de 1.24 % según el INEC.

La zona de estudio (Bellavista) según PBVOT establece que la población es de 2146 habitantes en el año 2001 [50].

3.3.1. Población Futura.

Para la determinación de la población futura se realiza por los tres métodos planteados:

3.3.1.1. Método Aritmético.

Usando la Ecuación 3 de la tasa de crecimiento por el método aritmético, nos da un resultado igual a 2.40%, como se observa según el cálculo realizada en la Tabla 2.

Tabla 2: Tasa de crecimiento para el método Aritmético

Azogues		
Año	Población	Ka %
1950	10708	0,00
1962	12882	1,69
1974	18832	3,85
1982	22605	2,50
1990	28638	3,34
2001	33980	1,70
2010	37995	1,31
Promedio		2,40

Los resultados de la población futura por el método Aritmético utilizando la Ecuación 2 y considerando el año 2022 como el año de inicio de vida útil del tanque de almacenamiento, para efectos de análisis se estima la población en quinquenios hasta el año 2052, se presenta además el área y la densidad poblacional de la zona de estudio, como se observa en la Tabla 3.

Tabla 3: Población Futura por el método Aritmético

Bellavista			
Año	Población hab	Densidad (hab/ha)	Población Ha
2001	2146	8,31	
2010	2610	10,11	
2015	2923	11,32	
2020	3274	12,68	
2022	3432	13,29	
2027	3844	14,89	258,2
2032	4305	16,67	
2037	4822	18,68	
2042	5401	20,92	
2047	6049	23,43	
2052	6775	26,24	

3.3.1.2. Método Exponencial.

El resultado de la tasa de crecimiento es de 2.18%, usando la Ecuación 5 para el método exponencial como se observa el cálculo en la Tabla 4.

Tabla 4: Tasa de crecimiento por el método Exponencial

Azogues		
Año	Población	Kg %
1950	10708	0,00
1962	12882	1,54
1974	18832	2,35
1982	22605	2,33
1990	28638	2,46
2001	33980	2,26
2010	37995	2,11
Promedio		2,18

El resultado de la población futura por el método Exponencial, considerando los criterios asumidos en el cálculo del método Aritmético respecto al periodo de vida útil, y el análisis de la población en quinquenios hasta el año 2052 se observa en la Tabla 5.

Tabla 5: Población futura por el método Exponencial.

Azogues			
Año	Población	Densidad	Área
	hab	(hab/ha)	Ha
2001	2146	8,31	
2010	2611	10,11	
2015	2912	11,28	
2020	3247	12,58	
2022	3392	13,14	
2027	3783	14,65	258,2
2032	4219	16,34	
2037	4705	18,22	
2042	5247	20,32	
2047	5851	22,66	
2052	6524	25,27	

3.3.1.3. Método Geométrico

La tasa de crecimiento promedio por el método geométrico de la ciudad de Azogues es del 2,20%, según el cálculo realizado en la Tabla 6 con la Ecuación 7.

Tabla 6: Tasa de Crecimiento por el Método Geométrico

Azogues		
Año	Población	r %
1950	10708	0,00
1962	12882	1,55
1974	18832	2,38
1982	22605	2,36
1990	28638	2,49
2001	33980	2,29
2010	37995	2,13
Promedio:		2,20

El resultado de la población futura se presenta en la Tabla 7 por el método Geométrico, usando la Ecuación 6.

Tabla 7: Población futura y densidad poblacional por el método geométrico

Bellavista			
Año	Población	Densidad	Área
	hab	(hab/ha)	Ha
2001	2146	8,31	258,2
2010	2611	10,11	
2015	2912	11,28	
2020	3247	12,58	
2022	3392	13,14	
2027	3783	14,65	
2032	4219	16,34	
2037	4705	18,22	
2042	5247	20,32	
2047	5851	22,66	
2052	6524	25,27	

La metodología a utilizar en el presente estudio corresponde al Geométrico ya que, la zona de estudio se encuentra en actividad económica en desarrollo con una importante área de expansión.

3.3.2. Proyección poblacional con criterios asumidos por la EMAPAL EP.

De la información proporcionada por la EMAPAL EP, se conoce que se utiliza únicamente el método geométrico para determinar la población en la zona de estudio. La tasa de crecimiento considerada en la proyección de la población futura es de 1.249%, que corresponde al índice de crecimiento calculado entre el periodo 2001- 2010 referidos a los últimos censos publicados por el INEC.

Tabla 8: Tasa de crecimiento por el método Geométrico [50].

Azogues		
Año	Población	r %
1950	10708	0,000
1962	12882	1,552
1974	18832	3,215
1982	22605	2,309
1990	28638	3,001
2001	33980	1,567
2010	37995	1,249

En la Tabla 9 se tiene el resultado realizado por la EMAPAL EP de la población futura por el método Geométrico, considerando el año 2022 como el año de inicio de vida útil del tanque de almacenamiento, para efectos de análisis se estima la población en quinquenios hasta el año 2052, se presenta además el área y la densidad poblacional de la zona de estudio.

Tabla 9: Población futura y densidad poblacional por el método geométrico [50].

Bellavista			
Año	Población	Densidad	Área
	hab	(hab/ha)	Ha
2001	2146	8,31	
2010	2400	9,30	
2015	2554	9,89	
2020	2718	10,53	
2022	2787	10,79	
2027	2966	11,49	258,2
2032	3156	12,22	
2037	3359	13,01	
2042	3575	13,85	
2047	3804	14,73	
2052	4048	15,68	

3.4. Selección de la dotación de la zona de estudio.

A partir de datos proporcionados por la EMAPAL EP relacionados a la micromedición del año 2021 de la zona de estudio Bellavista, se procedió a determinar la dotación; para lo cual se tabuló datos de los consumos mensuales de los usuarios descartando lecturas atípicas, obteniendo una muestra de 154 usuarios en la zona de estudio; para determinar los habitantes por el número de usuario se basó en el estudio realizado en la ciudad de Azogues por el Ingeniero Carlos Fajardo en donde establece una media de ocupación de 4 habitantes por usuario [52], a partir de estos datos se obtiene una población de 616 habitantes; con el consumo diario obtenido de la información tabulada, al dividir ésta para la población se obtiene una dotación promedio de 102.87 l/hab*día.

Tabla 10: Determinación de la dotación en la zona de estudio

Mes	Usuarios	Hab*Usuario	Población	Consumo	Dotación
	N.º	Hab	Hab	l/día	l/hab*día
Enero	154	4	616	62741.94	101.85
Febrero	154	4	616	76142.86	123.61
Marzo	154	4	616	72387.10	117.51
Abril	154	4	616	47000.00	76.30
Mayo	154	4	616	73354.84	119.08
Junio	154	4	616	61133.33	99.24
Julio	154	4	616	57677.42	93.63
Agosto	154	4	616	60290.32	97.87
Septiembre	154	4	616	69033.33	112.07
Octubre	154	4	616	51064.52	82.90
Noviembre	154	4	616	66333.33	107.68
Diciembre	154	4	616	63258.06	102.69
				Promedio	102.87

La dotación media futura según lo establecido por la INEN, considera a la población por un rango determinado de habitantes y a las condiciones climáticas del sector como se observa en la Tabla 11 [1].

Tabla 11: Dotaciones recomendadas [1].

Población hab	Clima	Dotación media futura (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 - 150
	Templado	130 - 160
	Cálido	170 - 200
5000 a 50000	Frío	180 - 200
	Templado	190 - 220
	Cálido	200 - 230
Más de 50000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Con los cálculos realizados, se estima que la zona de Bellavista tendrá una población en el año 2052 de 6524 habitantes, es decir, acorde a la Tabla 12 se ubica en el rango de población entre 5000 a 50000 habitantes, con una condición climática Frío propia de las ciudades ubicadas en los Andes Ecuatorianos, en este sentido, la dotación de 102.87 en la zona de estudio es baja, y se recomienda utilizar una dotación de 180 – 200 l/hab/día, para el estudio

de la zona se tomará una dotación futura de 180 l/hab/día con la propósito de mejorar la calidad de vida y asegurar una dotación que satisfaga las necesidades futuras de la población del sector, como se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12: Dotación asumida según la población de la zona de estudio.

Año	Población	Dotación
2022	3392	180
2027	3783	180
2032	4219	180
2037	4705	180
2042	5247	180
2047	5851	180
2052	6524	180

3.4.1. Dotación asumida por la EMAPAL EP.

EMAPAL EP mediante estudios realizados considera una dotación futura de 180 l/hab/día [52].

Tabla 13: Dotación según EMAPAL EP [50].

Año	Población	Dotación
2022	2787	180
2042	3575	180

3.5. Caudales de diseño.

Para la zona de Bellavista es necesario diseñar instalaciones de agua para satisfacer las necesidades de la población en las que el agua pueda ser utilizada de manera continua y eficiente.

Con las Ecuaciones 8, 9 y 10 de caudal medio diario, caudal máximo diario con un coeficiente $K1=1.3$, y el caudal máximo horario con un coeficiente $K2=2$ respectivamente se realiza el cálculo de los caudales de diseño como se observa en la Tabla 14.

Tabla 14: Caudales de diseño calculado.

Año	Caudal Medio Diario (Qmed)	Caudal Máximo Diario (QMD)	Caudal Máximo Horario (QMH)	Caudal Máximo Diario (QMD) + Incendio
	l/s	l/s	l/s	l/s
2022	7.07	9.19	14.13	14.187
2027	7.88	10.25	15.76	15.246
2032	8.79	11.43	17.58	16.426
2037	9.80	12.74	19.60	17.743
2042	10.93	14.21	21.86	19.211
2047	12.19	15.85	24.38	20.846
2052	13.59	17.67	27.18	22.669

3.5.1. Cálculo de caudales con los criterios asumidos por la EMAPAL EP.

La EMAPAL EP realiza los cálculos del caudal medio diario, caudal máximo diario con un coeficiente $K1=1.3$, y el caudal máximo horario con un coeficiente $K2=2$, como se observa en la Tabla 15.

Tabla 15: Caudales según EMAPAL EP [50].

Año	Caudal Medio Diario (Qmed)	Caudal Máximo Diario (QMD)	Caudal Máximo Horario (QMH)
	l/s	l/s	l/s
2022	5,81	7,55	11,61
2042	7,45	9,68	14,90

3.5.2. Caudal para redes de distribución.

En redes de distribución el caudal a utilizar es el caudal máximo diario más incendio. Para una población menor de 10000 habitantes, se usa bocas de fuego en lugar de hidrantes, se ubican con los mismos criterios establecidos por los hidrantes, teniendo una capacidad de 5 l/s [1].

Tabla 16: Caudal Máximo Diario + Incendio

Año	Caudal Máximo Diario (QMD) + Incendio	
	l/s	
2022	14.187	
2027	15.246	
2032	16.426	
2037	17.743	
2042	19.211	
2047	20.846	
2052	22.669	

3.6. Determinación del área y demanda en los nodos.

Se genera polígonos de Thiessen con la ayuda de un sistema ArcGis, la demanda que se asigne a cada nodo será el resultado de la población, dotación y área de incidencia. En la Ilustración 31 se tiene los polígonos de Thiessen generados con su respectiva área, para previa obtención de las demandas.

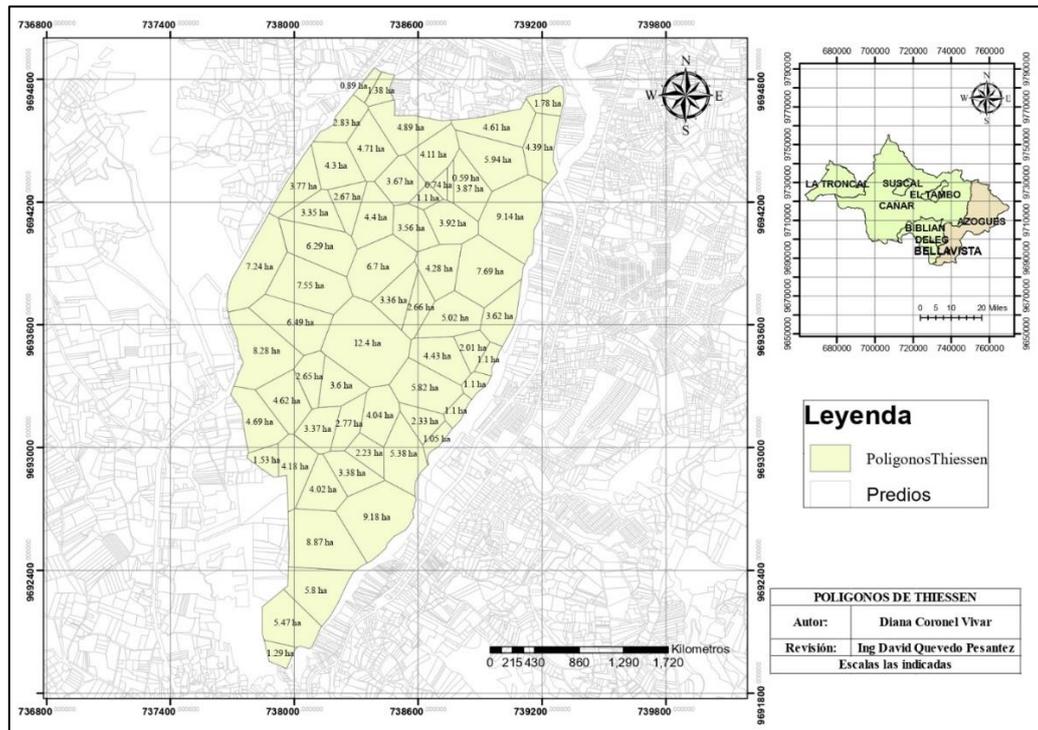


Ilustración 32: Polígonos de Thiessen generados.

3.7. Modelación hidráulica de la red de distribución en EPANET 2.0.

En el programa EPANET 2.0. se realiza la modelación de la red de distribución considerando escenarios cada cinco años durante el periodo de vida útil de la reserva, la misma que se encuentra configurada por: Tuberías, Nodos y Reserva.

La red se encuentra definida por tuberías PVC de diferentes diámetros internos siendo estos: 58.0 mm, 83.0 mm, 101.6 mm y a la salida de la reserva de 147.6 mm, como se muestra en la Ilustración 33.

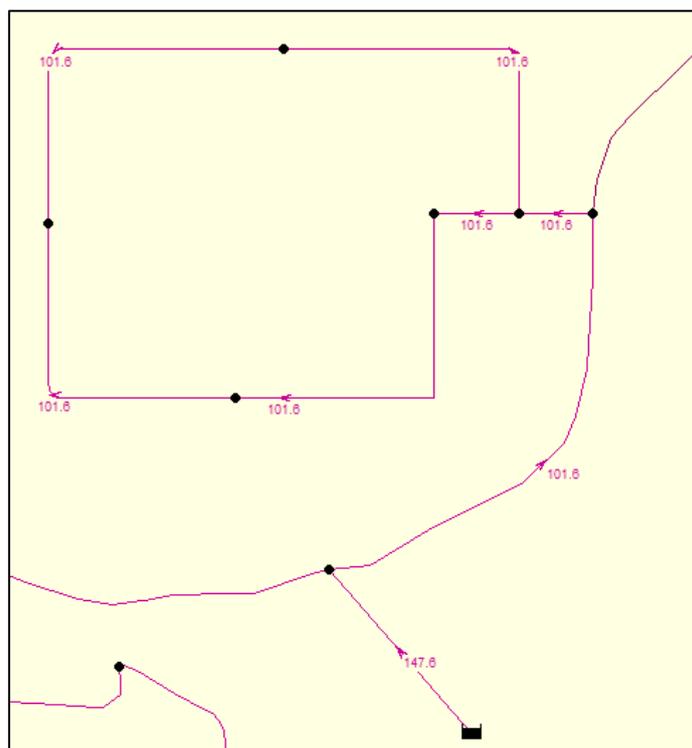


Ilustración 33: Diámetros de tubería.

Luego de la simulación, en las Ilustraciones 34 y 35 se puede apreciar el caudal y la velocidad que pasa por las diferentes tuberías, así como la demanda en cada nodo según la distribución establecida de manera preliminar mediante el método de polígonos de Thiessen.

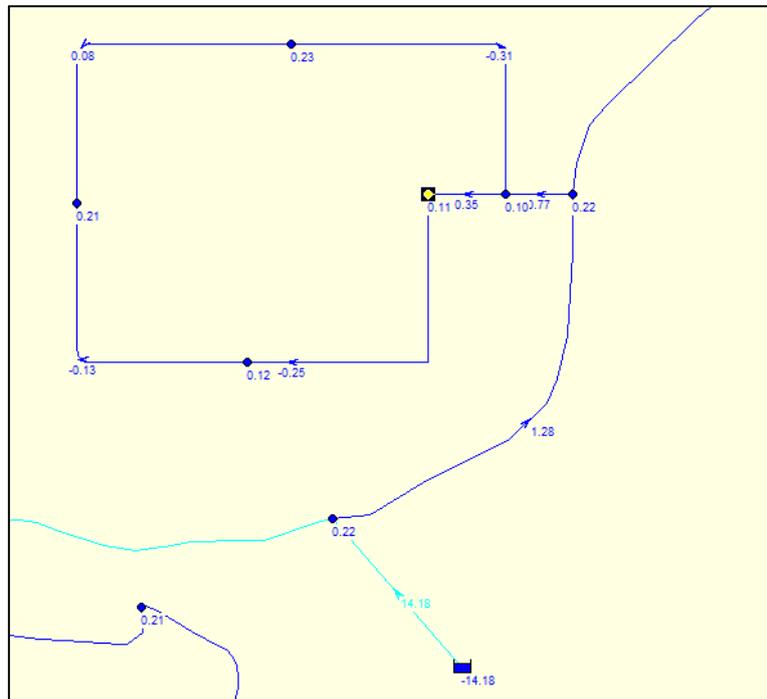


Ilustración 34: Demanda en cada nodo y Caudal en la tubería.

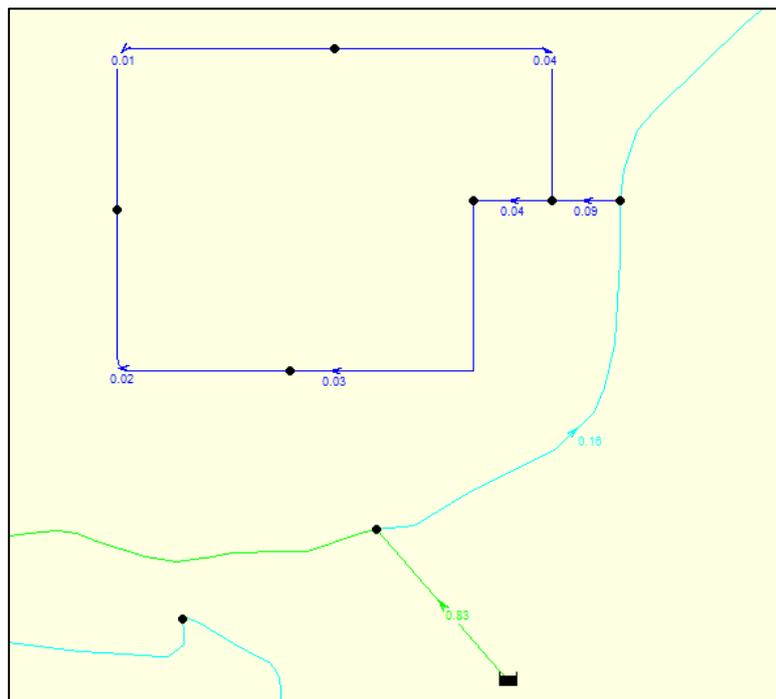


Ilustración 35: Velocidad en la tubería.

3.8. Determinación de la Velocidad.

La velocidad mínima para tuberías plásticas según la EMAAP-Q es de 0.45 m/s, este valor está determinado para evitar sedimentación [53]. La velocidad máxima según la INEN es de 4.5 m/s, con la finalidad de evitar mayor deterioro o desgaste en la tubería; en redes de distribución la velocidad dentro de la tubería se debe mantener alrededor de 1.5 m/s, valor que se usará en el estudio de la zona Bellavista [1].

3.9. Guía para selección del diámetro adecuado del macromedidor.

El macromedidor instalado en la reserva Bellavista es de tipo electromagnético MAG-C de la marca B Meters, este presenta un amplio rango de diámetros, para diferentes valores de medición en función de la velocidad y caudales requeridos; para el presente análisis se resume en la Tabla 17 los rangos de medición de los diámetros más cercanos a utilizar, tomando como referencia al equipo instalado.

Tabla 17: Rango de medición del macromedidor instalado MAG-C [53].

Velocidad m/s	Caudal m ³ /h							
	φ 65 mm	φ 80 mm	φ 100 mm	φ 125 mm	φ 150 mm	φ 200 mm	φ 250 mm	φ 300 mm
0.05	0.6	0.9	1.41	2.21	3.18	5.65	8.84	12.72
0.5	5.97	90.5	14.14	22.09	31.81	56.55	88.36	127.23
5	59.73	90.48	141.37	220.89	318.09	565.49	883.57	1272.35
10	119.46	180.96	282.74	441.79	636.17	1,130.97	1,767.15	2,544.69

Para la determinación del diámetro del macromedidor que se adapte a las condiciones de funcionamiento actuales y futuras acorde a las demandas de agua presentadas en los diferentes años del periodo de diseño de vida útil de la reserva Bellavista, se estableció la siguiente metodología a seguir:

1. Conforme lo determinado la norma INEN en su séptima parte, numeral 4.2.3, los caudales a utilizarse serán: (QMD+Inc, QMH) al final del periodo de diseño.
2. Según lo enunciado en el numeral 3.8, se manifiesta que la velocidad máxima recomendada es de 4.5 m/s según la norma INEN en cuanto que la velocidad mínima se establece de 0.45 m/s según la EMAAP-Q; en este sentido, se analizó que la velocidad dentro de la tubería para redes de distribución se debe mantener un valor alrededor de 1.5 m/s, por lo que, en la presente metodología se ha planteado analizar con las tres velocidades descritas.
3. Con los valores de los diferentes caudales y velocidades, se utiliza la Expresión 11 para el cálculo del área necesaria y la Ecuación 12 establece el diámetro aproximado del equipo a utilizar.

$$A = \frac{Q}{V} \quad (11)$$

En donde "A" es el área necesaria, "Q" es el caudal (QMD+Inc, QMH), y finalmente "V" Velocidad (Máxima, Mínima, Recomendada).

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (12)$$

En donde "D" es el diámetro y "A" es el área necesaria.

4. El valor del diámetro calculado sirve de referencia para la elección del equipo adecuado o recomendado por las diferentes casas comerciales, en este caso se hace referencia en los rangos de diámetros presentados en la Tabla 17 del macromedidor tipo electromagnético de modelo MAG-C.

5. No obstante, el diámetro definido difiere del aproximado, es decir, el área calculada inicialmente no corresponde al área del equipo a instalar, por ende, la velocidad también será diferente, por lo que, corresponde realizar un nuevo cálculo mediante el uso de la Ecuación 13, finalmente la velocidad real se despeja de la Ecuación 11.

$$A = \pi \frac{D^2}{4} \quad (13)$$

En donde el área instalada se representa con "A" y el diámetro comercial como "D"

La metodología descrita considerando el caudal Máximo Diario más Incendio en los diferentes años del periodo de diseño con la velocidad mínima recomendada se describe en la Tabla 18.

Tabla 18: Diámetro determinado con velocidad de 0.45 m/s y QMD + Inc.

Año	Velocidad	Caudal	Caudal	Área	Diámetro	Diámetro	Área	Velocidad
	m/s	m3/h	m3/s	necesaria	Aprox.	comercial	instalada	real
				m2	mm	mm	m2	m/s
2022	0.45	51.07	0.0142	0.0315	200.35	250	0.0491	0.29
2027	0.45	54.88	0.0152	0.0339	207.69	250	0.0491	0.31
2032	0.45	59.14	0.0164	0.0365	215.59	250	0.0491	0.33
2037	0.45	63.87	0.0177	0.0394	224.06	250	0.0491	0.36
2042	0.45	69.16	0.0192	0.0427	233.14	250	0.0491	0.39
2047	0.45	75.05	0.0208	0.0463	242.87	250	0.0491	0.42
2052	0.45	81.61	0.0227	0.0504	253.26	300	0.0707	0.32

Con las consideraciones detalladas, el diámetro comercial a utilizar en el año 2022 es de 250 mm y para el año 2052 se tiene de 300 mm.

En la Tabla 19 se presenta el cálculo realizado con la metodología descrita considerando el caudal Máximo Diario más Incendio en los diferentes años del periodo de diseño con la velocidad recomendada para redes de distribución de 1.5 m/s

Tabla 19: Diámetro determinado con velocidad de 1.5 m/s y caudal QMD + Inc.

Año	Velocidad m/s	Caudal m3/h	Caudal m3/s	Área necesaria m2	Diámetro Aprox. mm	Diámetro comercial mm	Área instalada m2	Velocidad real m/s
2022	1.5	51.07	0.0142	0.0095	109.74	125	0.0123	1.16
2027	1.5	54.88	0.0152	0.0102	113.76	125	0.0123	1.24
2032	1.5	59.14	0.0164	0.0110	118.08	125	0.0123	1.34
2037	1.5	63.87	0.0177	0.0118	122.72	125	0.0123	1.45
2042	1.5	69.16	0.0192	0.0128	127.70	150	0.0177	1.09
2047	1.5	75.05	0.0208	0.0139	133.02	150	0.0177	1.18
2052	1.5	81.61	0.0227	0.0151	138.72	150	0.0177	1.28

Los resultados muestran que durante el periodo 2022 – 2037 se requiere de un diámetro de 125 mm, y partir del periodo 2042 - 2052 de un diámetro de 150 mm.

Con la velocidad máxima de 4.5 m/s y QMD + Inc., el cálculo de los diámetros comerciales se observa en la Tabla 20.

Tabla 20: Diámetro determinado con velocidad de 4.5 m/s y QMD + Inc.

Año	Velocidad m/s	Caudal m3/h	Caudal m3/s	Área requerida m2	Diámetro Aprox. mm	Diámetro comercial mm	Área instalada m2	Velocidad real m/s
2022	4.50	51.07	0.0142	0.0032	63.36	65	0.0033	4.28
2027	4.50	54.88	0.0152	0.0034	65.68	80	0.0050	3.03
2032	4.50	59.14	0.0164	0.0037	68.17	80	0.0050	3.27
2037	4.50	63.87	0.0177	0.0039	70.85	80	0.0050	3.53
2042	4.50	69.16	0.0192	0.0043	73.73	80	0.0050	3.82
2047	4.50	75.05	0.0208	0.0046	76.80	80	0.0050	4.15
2052	4.50	81.61	0.0227	0.0050	80.09	100	0.0079	2.89

Con las consideraciones detalladas, el diámetro comercial a utilizar en el año 2022 es de 65 mm, en el periodo de 2027 – 2047 el diámetro comercial será de 80 mm y finalmente para el año 2052 el diámetro es de 100 mm.

En la Tabla 21 se determina el diámetro comercial por quinquenio utilizando la velocidad mínima de 0.45 m/s y el caudal máximo horario (QMH).

Tabla 21: Diámetro determinado con velocidad de 0.45 m/s y QMH.

Año	Velocidad	Caudal	Caudal	Área	Diámetro	Diámetro	Área	Velocidad
	m/s	m ³ /h	m ³ /s	necesaria	Aprox.	comercial	instalada	real
				m ²	mm	mm	m ²	m/s
2022	0.45	50.88	0.0141	0.0314	199.97	200	0.0314	0.45
2027	0.45	56.75	0.0158	0.0350	211.18	250	0.0491	0.32
2032	0.45	63.29	0.0176	0.0391	223.02	250	0.0491	0.36
2037	0.45	70.58	0.0196	0.0436	235.52	250	0.0491	0.40
2042	0.45	78.71	0.0219	0.0486	248.71	250	0.0491	0.45
2047	0.45	87.77	0.0244	0.0542	262.64	300	0.0707	0.34
2052	0.45	97.86	0.0272	0.0604	277.33	300	0.0707	0.38

Los resultados que se presentan en el año 2022 es de un diámetro de 200 mm, para el periodo 2027 – 2042 el diámetro comercial es de 250 mm y para el periodo de 2047 – 2052 será de 300 mm

En la Tabla 22 se presenta el cálculo realizado con la metodología descrita considerando el caudal Máximo Horario en los diferentes años del periodo de diseño con la velocidad recomendada de 1.5 m/s.

Tabla 22: Diámetro determinado con velocidad de 1.5 m/s y QMH.

Año	Velocidad	Caudal	Caudal	Área	Diámetro	Diámetro	Área	Velocidad
	m/s	m ³ /h	m ³ /s	necesaria	Aprox.	comercial	instalada	real
				m ²	mm	mm	m ²	m/s
2022	1.5	50.88	0.0141	0.0094	109.53	125	0.0123	1.15
2027	1.5	56.75	0.0158	0.0105	115.67	125	0.0123	1.28
2032	1.5	63.29	0.0176	0.0117	122.15	125	0.0123	1.43
2037	1.5	70.58	0.0196	0.0131	129.00	150	0.0177	1.11
2042	1.5	78.71	0.0219	0.0146	136.23	150	0.0177	1.24
2047	1.5	87.77	0.0244	0.0163	143.85	150	0.0177	1.38
2052	1.5	97.86	0.0272	0.0181	151.90	200	0.0314	0.87

Los resultados muestran un diámetro comercial de 125 en el periodo de 2022 – 2032, de 150 mm en el periodo de 2037 – 2047 y un diámetro de 200 para el año 2052.

Con la velocidad de 4.5 m/s y el QMH., el cálculo de los diámetros comerciales se resume en la Tabla 23.

Tabla 23: Diámetro determinado con velocidad de 4.5 m/s y QMH.

Año	Velocidad	Caudal	Caudal	Área	Diámetro	Diámetro	Área	Velocidad
	m/s	m3/h	m3/s	necesaria m2	Aprox. mm	comercial mm	instalada m2	real m/s
2022	4.50	50.88	0.0141	0.0031	63.24	65	0.0033	4.26
2027	4.50	56.75	0.0158	0.0035	66.78	80	0.0050	3.14
2032	4.50	63.29	0.0176	0.0039	70.53	80	0.0050	3.50
2037	4.50	70.58	0.0196	0.0044	74.48	80	0.0050	3.90
2042	4.50	78.71	0.0219	0.0049	78.65	80	0.0050	4.35
2047	4.50	87.77	0.0244	0.0054	83.05	100	0.0079	3.10
2052	4.50	97.86	0.0272	0.0060	87.70	100	0.0079	3.46

Con las consideraciones detalladas, el diámetro comercial a utilizar en el año 2022 es de 65 mm, para el periodo de 2027 – 2042 el diámetro será de 80 mm y finalmente para el periodo 2047-2052 el diámetro será igual a 100 mm.

3.9.1.1. Dimensionamiento del macromedidor por EMAPAL EP.

Por otro lado, la EMAPAL EP en el dimensionamiento del diámetro del macromedidor, utiliza el Caudal Máximo Horario (QMH) considerando la población descrita en el capítulo 3.3.5., la dotación en el capítulo 3.4.1. y el diámetro interno (147.6 mm) de la tubería a la salida de la red de distribución; con esta información se calcula el área instalada mediante la Ecuación 13 y la velocidad real despejando de la Ecuación 11.

Tabla 24: Diámetro según la EMAPAL EP [50].

Año	Caudal	Diámetro	Área	Velocidad
	QMH	ϕ	instalada A	real V
	l/s	mm	m2	m/s
2022	11.61	160	0.0201	0.578
2042	14.90	160	0.0201	0.741

Es importante recalcar como se ha explicado en párrafos anteriores, el diámetro del macromedidor instalado en la reserva Bellavista corresponde a 200 mm, por lo que, la velocidad real debería ser recalculada con este diámetro, sin embargo, en el catálogo del equipo

instalado no se dispone de un diámetro comercial de 160 mm, a lo que la EMAPAL EP asume el diámetro inmediato superior según la Tabla 17.

3.10. Instalación del macromedidor recomendado.

En la Ilustración 35 se presenta un resumen de las longitudes y alturas para los diferentes diámetros que dispone el macromedidor modelo MAG-C y que tienen que ser considerados previo a su instalación.

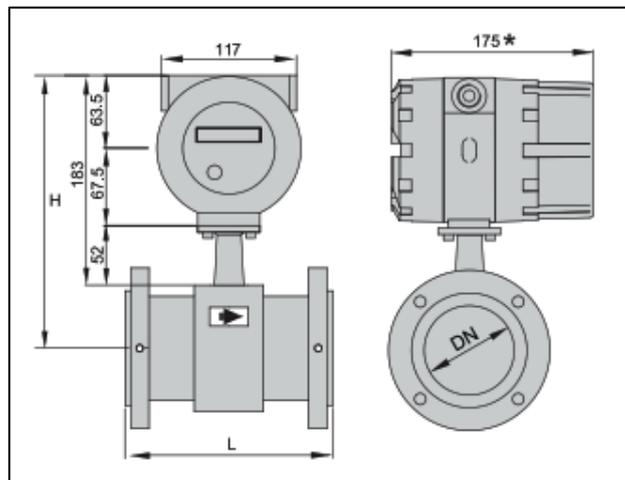


Ilustración 36: Dimensiones del Macromedidor MAG-C [43].

Tabla 25: Longitud y Altura del Macromedidor MAG-C.

Diámetro	L	H
mm	mm	mm
65	200	240
80	200	246.5
100	250	259
125	250	272
150	300	286
200	350	311.5
250	450	338.5
300	500	364

Para el macromedidor recomendado de diámetros de 125 mm y 150 mm se tiene la longitud de 250 mm y 300 mm, de altura de 272 mm y 286 mm respectivamente.

Anteriormente se había especificado que la tubería a la salida del macromedidor tiene un diámetro HD de 200 mm en forma de sifón invertido, que al dimensionar el diámetro el macromedidor a instalar en los diferentes periodos de vida útil con un caudal máximo diario más incendio y una velocidad de 1.5 m/s es de 125 mm y 150 mm, dejando así una tubería con reducción.

4. CAPITULO: RESULTADOS.

4.1. Macromedidor instalado.

El análisis efectuado al Macromedidor de tipo electromagnético modelo MAG-C de la casa comercial B Meters (200 mm), en el Capítulo 3 establece que los valores de medición se registran a partir de velocidades de 0.05 m/s, llegando hasta un máximo de 10 m/s; con respecto a los caudales toma lecturas desde 5.65 m³/h hasta los 1130.97 m³/h respectivamente.

Tabla 26: Análisis de velocidad y caudal para el equipo de 200 mm

Descripción	Año		Macromedidor electromagnético			
	2022	2042	0.05	0.5	5	10
Velocidad (m/s)	0.578	0.741	0.05	0.5	5	10
Caudal (m ³ /h)	41.81	53.63	5.65	56.55	565.49	1130.97

En la Tabla 25 se puede observar que para el año 2022 el caudal que demanda el sistema Bellavista es de 41.81 m³/h a una velocidad de 0.578 m/s; el rango de medición del equipo relacionado a los valores presentados se ubica a partir de una velocidad de 0.5 m/s, sin embargo, se requiere de un caudal de 56.55 m³/h para que el equipo proceda a la medición, situación que no se presenta actualmente; para el caso del año 2042, los valores proyectados se encuentran en el mismo rango, siendo así que se tiene un caudal de 53.63 m³/h a una velocidad de 0.741 m/s, de igual manera los parámetros indicados no pueden ser medidos por el macromedidor.

4.2. Macromedidor dimensionado.

Con la metodología planteada en el numeral 3.9., se estableció que el diámetro que se ajusta para el periodo de 2022 – 2037 es de 125 mm, para los valores de 51.07 m³/h, 54.88 m³/h, 59.14 m³/h y 63.87 m³/h a velocidades de 1.15 m/s, 1.24 m/s, 1.34 m/s y 1.45 m/s respectivamente, el macromedidor tipo electromagnético modelo MAG-C toma datos de a

partir de caudales de 22.09 m³/h con una velocidad de 0.5 m/s, por lo que los valores referidos se ubican dentro del rango de medición del equipo con lo que, se espera una continuidad en la contabilización de caudales.

Tabla 27: Análisis de velocidad y caudal para el equipo de 125 mm.

Descripción	Año				Macromedidor electromagnético MAG-C			
	2022	2027	2032	2037	0.005	0.5	5	10
Velocidad (m/s)	1.15	1.24	1.34	1.45	0.005	0.5	5	10
Caudal (m ³ /h)	51.07	54.88	59.14	63.87	2.21	22.09	220.89	441.79

En la Tabla 27 se observa que para el periodo comprendido entre los años 2042– 2052, el diámetro del equipo necesario será de 150 mm, esto se justifica con las proyecciones realizadas, en donde se tiene caudales de 69.19 m³/h, 75.05 m³/h y 81.61 m³/h a velocidades mayores a 0.5 m/s, con lo que, el equipo se sitúa dentro del categoría establecida de medición.

Tabla 28: Análisis de velocidad y caudal para el equipo de 150 mm.

Descripción	Año			Macromedidor electromagnético MAG-C			
	2042	2047	2052	0.005	0.5	5	10
Velocidad (m/s)	1.087	1.18	1.28	0.005	0.5	5	10
Caudal (m ³ /h)	69.16	75.05	81.61	3.18	31.81	318.09	636.17

4.3. Diámetros apropiados del macromedidor.

En la Tabla 28 se presenta los resultados finales por quinquenio del caudal máximo diario más incendio, con su respectiva velocidad real y el diámetro apropiado.

Tabla 29: Resumen de diámetro, velocidad y caudal.

Año	QMD+Inc m ³ /h	Velocidad m/s	Diámetro mm
2022	51.07	1.16	125
2027	54.88	1.24	125
2032	59.14	1.34	125
2037	63.87	1.45	125
2042	69.16	1.09	150
2047	75.05	1.18	150
2052	81.61	1.28	150

En la ilustración 34 se presenta el rango de medición para diferentes diámetros que el fabricante del equipo B Meters tiene establecido para el macromedidor tipo electromagnético modelo MAG-C, con los valores obtenidos del caudal máximo diario más incendio vs velocidad real, se define el diámetro adecuado a las condiciones de consumo en los diferentes lapsos del periodo de diseño.

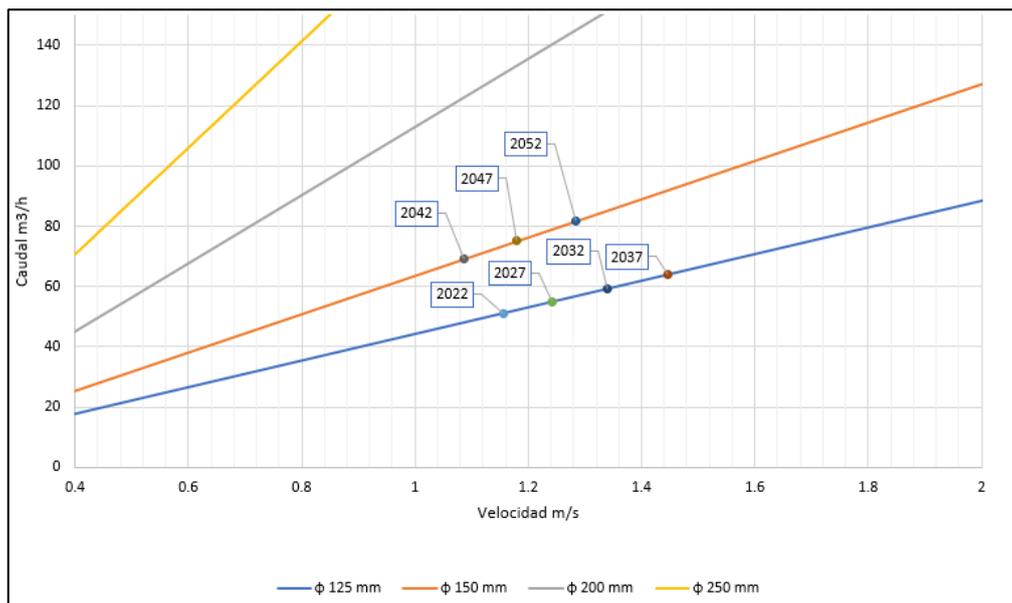


Ilustración 37: Resumen de Diámetros, velocidad y caudal por quinquenios.

4.4. Resultado de la instalación del macromedidor.

El macromedidor de diámetro de 125 mm y 150 mm, en la reserva Bellavista presenta una reducción en relación con la tubería HD de diámetro de 200 mm, en las Ilustraciones 37 y 38 se tiene un esquema de la instalación del macromedidor MAG-C.

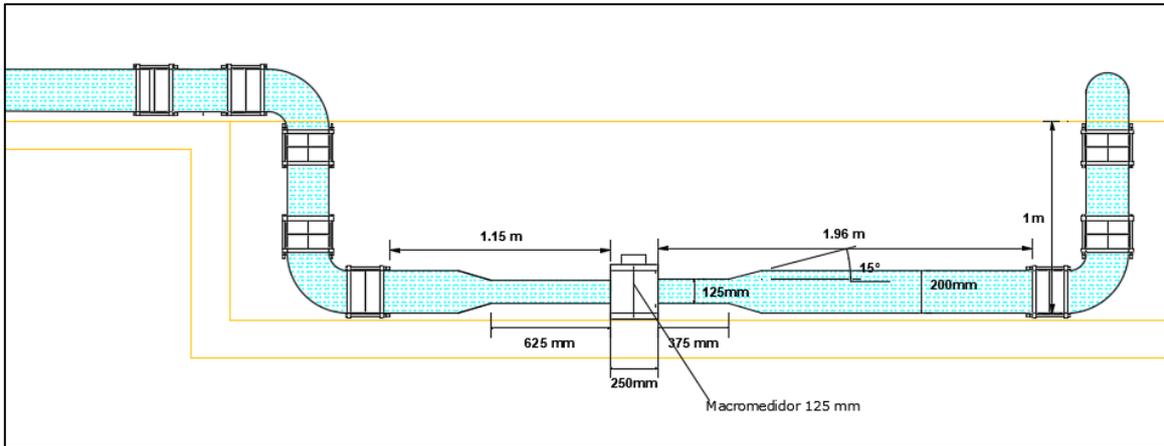


Ilustración 38: Instalación del macromedidor de 125mm.

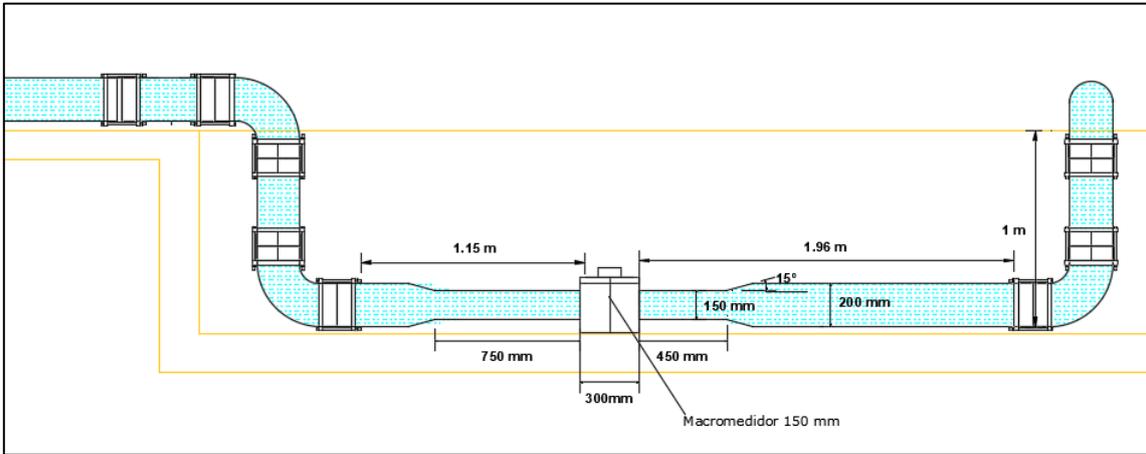


Ilustración 39: Instalación del macromedidor de 150 mm.

5. CONCLUSIONES

Con la información recolectada sobre la población de Azogues mediante los censos realizados por el INEC desde el año 1950 hasta el año 2010, y PBVOT vigente; se estableció la población del año 2001 de la zona de estudio Bellavista; con el empleo de los métodos estadísticos propuestos por la norma INEN se determinó el procedimiento que se ajusta a la realidad local es el método geométrico; donde se obtuvo una tasa de crecimiento promedio de 2.20%, cuya proyección de la población futura para la zona de estudio en el año 2052 determina una población de 6524 habitantes; este método es recomendable cuando su población presenta actividad económica en pleno desarrollo y su área de expansión es importante.

El Departamento de Comercialización de la EMAPAL EP presenta una sectorización para la toma de lecturas de consumos mensuales de sus abonados, estableciendo a los sectores 24 y 28 como Chavay y Bellavista; de donde se obtuvo el registro de la micromedición, información que fue tabulada y procesada, resultando una dotación media de 102.87 l/hab*día; valor que representa el consumo antes del funcionamiento de la reserva de Bellavista, en virtud de que la zona de estudio anteriormente se abastecía mediante un sistema de bombeo en donde no se disponía de continuidad de servicio; según la normativa INEN la dotación viene dada por la cantidad de habitantes y el tipo de clima del sector de estudio, motivo por el cual se opta por una dotación futura de 180 l/hab*día, que será la cantidad de agua que un habitante consume en promedio para satisfacer las necesidades.

La necesidad de proporcionar agua para la población Bellavista se determinó a partir del caudal medio, caudal máximo diario y el caudal máximo horario, en el dimensionamiento de la red de distribución se utilizó el caudal máximo diario al que se le adicionó el gasto de una boca de fuego de 5 l/s; lo descrito obedece a los parámetros establecidos en la norma INEN

con el área total de cobertura y con el uso del software ARC-GIS se determinó las áreas parciales, en las que se calcula demandas unitarias mediante el empleo la modelación en EPANET 2.0.

El macromedidor tipo electromagnético instalado en la reserva Bellavista cuenta con un diámetro de 200 mm, la misma que toma lecturas intermitentes, es decir el diámetro del macromedidor no es el recomendado ya que no trabaja a sección llena para la correcta toma de lectura de datos; para la determinación del diámetro apropiado en el sistema de medición de la reserva se utiliza el caudal máximo diario más incendio y una velocidad de 1.5 m/s que es el valor recomendado para redes de distribución, en la misma; se procede a determinar el área necesaria y un diámetro aproximado por quinquenio para luego identificar un diámetro comercial recomendado por el fabricante, dejando como resultado para los años de 2022, 2027, 2032 y 2037 un diámetro comercial de 125 mm y para los años 2042, 2047 y 2052 el diámetro de 150 mm.

Es de importancia disponer de un macromedidor que permita controlar el consumo de agua para previa facturación, las lecturas del macromedidor extraído por la red de distribución debe ser igual a la micromedición de lecturas tomada en domicilio, si esto no ocurre es porque existe fugas de agua o conexiones clandestinas; de igual manera si la demanda de agua aumenta con el tiempo, ya sea por el incremento de la población o el nivel del servicio como también, la disposición de agua del sistema de abastecimiento, la continuidad del porcentaje de agua para el consumo debe estar disponible.

6. RECOMENDACIONES

Efectuar una evaluación del sistema de distribución de agua potable existente, antes de ser instalado un macromedidor y de esta manera recomendar un diámetro apropiado y pueda realizar las lecturas exactas y sin intermitencias.

Diseñar un programa de mantenimiento preventivo para evitar daños en el equipo y pueda tomar lecturas de los caudales correctamente.

El uso de macromedidores tipo electromagnético es recomendable ya que su precisión es del $\pm 0.5\%$ y es exclusivo para aguas limpias con un bajo contenido de sólidos en suspensión a comparación con otros tipos de macromedidor.

Los resultados que se presentaron en la investigación pueden ser efectuadas para posteriores informes, haciendo relación o una comparación con resultados de micromedición de la zona de estudio.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Instituto Ecuatoriano de Normalización (CPE INEN 5 Parte 9-1), «Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes,» Quito - Ecuador, 2014.
- [2] F. BLANCO, Fuentes de agua y métodos de riego, Uruguay: In: MORON, A.; MARTINO, D.; SAWCHIK, J. (Eds.). Manejo y fertilidad de suelos . Montevideo (Uruguay): INIA, 1996., 1996, pp. p. 129-135.
- [3] S. J. A. García, «Determinación de consumos de agua potable en tres sectores de la ciudad de Quito y aplicación a análisis de red de distribución con Epanet,» Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito - Ecuador, 2020.
- [4] Asamblea Nacional del Ecuador, «Constitución de la republica,» Decreto Legislativo 0, Registro Oficial 449 de 20-oct-2008, Ultima modificación: 13-jul-2011, Ecuador, 2008.
- [5] R. Ramos Olmos, R. Sepúlveda Marqués y F. Villalobos Moreto, El agua en el medio ambiente, Muestreo y análisis, México: Plaza y Valdés, S.A de CV, 2003.
- [6] P. R. Ruiz, Abastecimiento de agua, Oaxaca, 2001.
- [7] J. S. B. Sánchez, «Caracterización de la curva de consumo diario de la red de agua potable de la zona urbana del cantón mocha provincia de Tungurahua,» Universidad Técnica de Ambato, AMBATO - ECUADOR, 2022.
- [8] W. F. Morillo Morales y C. A. Montalvo Rojalema , «Rediseño del sistema de agua potable del Barrio Cashapamba desde el tanque de reserva Cashapamba hasta el tanque de reserva Dolores Vega, ubicado en la parroquia

- Sangolquí, cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha.,» Universidad Central del Ecuador, Quito, 2018.
- [9] M. V. Chipantiza Llerena, «Caracterización de la curva de consumo diario de la red de agua potable del sector Huachi Loreto II del cantón Ambato,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador, 2018.
- [10] Á. Martos López, «La importancia del agua en nuestro planeta,» Universidad de Jaén, Centro de Estudios de Postgrado, Madrid - España, 2015.
- [11] A. C. Palacios, «Análisis económico de los servicios y usos del agua en Ecuador,» Universidad de Alcalá, Alcalá de Henares, 2019.
- [12] EMAPAL EP, «Ordenanza de Constitución Organización y Funcionamiento,» El Ilustre Concejo Municipal de Azogues, Azogues - Ecuador, 2010.
- [13] J. F. Amoroso Cobos y B. E. Marín Castro, «Diseño del Sistema de Agua Potable para la comunidad de Las Peñas de Mollepongo, perteneciente al cantón Pucará, provincia del Azuay,» Universidad del Azuay, Cuenca - Ecuador, 2017.
- [14] D. P. Asqui Aguayo y K. D. Recalde Cortez, «Evaluación del sistema de conducción de agua cruda de la Regional "Santa Gertrudis" y sistema de tratamiento y distribución de agua potable de la Comunidad Chaupiloma,» Universidad Central del Ecuador, Quito - Ecuador, 2022.
- [15] M. V. B. Jaramillo, «Análisis de la densidad poblacional en la Upz 89 de la localidad de Chapinero, la cual afecta la demanda en el servicio de agua potable de la población,» Universidad Piloto de Colombia, Bogotá - Colombia, 2021.

- [16] M. E. Aguaguña Medina, «Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para mejorar la calidad de vida de los caseríos Chumaqui, Sigualo, Pamatug Y Chambiato de la Parroquia García Moreno, Cantón Pelileo, Provincia de Tungurahua,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato - Ecuador, 2022.
- [17] R. A. L. Cuella, Elementos de diseño para Acueductos y Alcantarillado, Colombia: Centro Editorial, Escuela Colombiana de Ingeniería, 1995.
- [18] J. F. A. Herrera, «Diseño Hidrosanitario de la Urbanización Clipperton Group con Casas Tipo,» UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ, Quito - Ecuador, 2015.
- [19] C. E. C. Mencías, «Diseño de una Planta de Tratamiento de Agua Potable para los Barrios de La Delicia y La Floresta en la Parroquia de Nanegal,» Universidad San Francisco de Quito, Quito, 2014.
- [20] L. K. R. Chiluiza, «Caracterización de la curva de consumo diario de la red de agua potable del sector la Península del cantón Ambato,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador, 2019.
- [21] E. V. E. Pozo, «Caracterización de la curva de consumo diario de la red de agua potable de grandes consumidores de la zona 1 del cantón Ambato,» Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador, 2018.
- [22] L. M. De León y S. Libertad Santiago, «Sectorización de redes de distribución de agua potable en el acueducto de Coraasan utilizando la herramienta Epanet. Caso de estudio: municipio Tamboril (parte alta),» Pontificia Universidad Católica Madre y Maestra, República Dominicana, 2021.

- [23] P. X. Oña Pillajo, «Evaluación y Rediseño de la Red de Agua Potable del Sector Club Los Chillos Etapa 2 del Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha,» Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, 2021.
- [24] A. Cuza Sorolla, M. L. Hernández Aguilar y M. Á. Barrera Rojas, «Aplicación de polígonos Thiessen para la definición y análisis de áreas de influencia del sistema de salud en ciudades costeras del estado de Quintana Roo,» Quivera. Revista de Estudios Territoriales, México, 2020.
- [25] M. F. González, «Metodología para la determinación del agua no contabilizada en un distrito hidrométrico,» Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., 2007.
- [26] Comisión Estatal del Agua de Guanajuata, «Manual de micromedición,» GTO Grandes de México, México, 2021.
- [27] J. Mora Pérez, J. P. Arce Carrero, L. P. García Chávez y A. Cárdenas Cárdenas, «Adquisición e instalación de micromedidores de agua en los hogares de la zona urbana del municipio de Rioblanco Tolima,» Universidad Piloto de Colombia, Bogotá, 2021.
- [28] Comisión Nacional del Agua, «Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento,» Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, Tlalpan, México, D.F, 2015.
- [29] Agencia Vasca de Agua, «Hoja informativa sobre tipos de contadores,» Egoitza Nagusia - Sede, 2017.

- [30] G. Á. F. Barrera, «La macromedición de tipo proporcional como una herramienta para la gestión del agua en acueductos de pequeñas localidades y/o zonas rurales,» Universidad Tecnica de Pereira, Pereira - Colombia, 2009.
- [31] R. F. Lara Naranjo y C. A. Molina Salazar, «Diseño e implementación de un medidor digital para el consumo de agua potable en lugares residenciales y envío de datos vía sms,» Escuela Politécnica del Ejército, Latacunga - Ecuador, 2011.
- [32] A. Rojas, «Determinación de consumos y nivel de pérdidas en los sistemas de agua potable de las ciudades de Celica, Cantón Celica, y Pindal, Cantón Pindal, le La Provincia De Loja,» Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Quito - Ecuador, 2018.
- [33] EQUYSIS, «Equipos y sistemas para medir y tratar agua, Medidor de Agua para Lectura Remota,» Equipos y Sistemas Para Medir y Tratar Agua S.A. de C.V., Monterrey, Nuevo León, 2014.
- [34] A. R. Ruíz, «Evaluación de los programas de macromedición y micromedición de las ciudades intermedias y municipios del territorio nacional,» Universidad de la Salle, Bogotá - Colombia, 2001.
- [35] F. S. Calero, «Guía para el Fortalecimiento Institucional: Macromedición Proporcional,» Gimena Schmidt (consultora), La Paz, Bolivia, 2017.
- [36] Comisión Nacional del Agua, «Manual de agua potable, selección e instalación de equipos de macromedición,» Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Tlalpan, México, D.F., 2007.

- [37] A. O. Solano, «Metodología para identificar macromedidores a instalar en sistemas de agua potable y saneamiento,» Universidad Nacional Autónoma de México, México, 2006.
- [38] Á. R. Aparicio, Medidores de Velocidad, México: Subcoordinación de editorial y gráfica IMTA, 2001.
- [39] M. M. A. María, «Sistema de medición de agua,» Instituto Tecnológico de Oaxaca, Oaxaca de Juárez, 2018.
- [40] L. G. Gutiérrez, «Teoría de la medición de caudales y volúmenes de agua e instrumental necesario disponible en el mercado,» Laboratorio de Agua. Centro Español de Metrología. C/del Alfar, 228760 TRES CANTOS (MADRID), Madrid España, 2001.
- [41] RIME FLUID SYSTEMS SA DE CV, «Medidor ultrasónico tiempo en tránsito para agua y líquidos limpios bridado de carrete.,» MARKEIMPACTO, México, 2022.
- [42] EQUYSIS, «Manual de Operación Medidor Electromagnético,» Equipos y Sistemas Para Medir y Tratar Agua SA de CV, 2017.
- [43] MAG-C, «Misuratore di portata elettromagnetico Electromagnetic flow meter,» OIML, 2021.
- [44] A. V. Barderas, Ingeniería de Fluidos, México: UNAM, 2016.
- [45] A. Pérez Robles y J. I. Cifuentes Castillo, «Medidores de flujo,» Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2016.

- [46] M. I. A. Pittari, «Modelación con Epanet de red de distribución de agua potable de Valle Hermoso,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA, Córdoba, 2013.
- [47] C. M. Á. Daniel, «Modelación Hidráulica del sistema de agua potable de la ciudad de la Concordia, cantón la Concordia, provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas,» Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Sangolquí, 2017.
- [48] L. A. Rossman, EPANET 2 User's manual, Valencia - España: National Risk management research laboratory, 2017.
- [49] Instituto Nacional de estadísticas y Censos INEC, «Censos Ecuador,» Ecuador, 2010.
- [50] GAD Municipal de Azogues, Plan de Buen Vivir y Ordenamiento Territorial, Azogues, 2015.
- [51] Departamento de Planificación de la EMAPAL EP, *Red de distribución de agua potable Bellavista*, 2019.
- [52] C. Fajardo, «Programa de control de agua no contabilizada en zona alta de la red de distribución del sistema de agua potable de la ciudad de Azogues-EMAPAL EP,» EMAPAL EP, Azogues, 2017.
- [53] EMAAP-Q, «Normas de diseño de sistemas de agua potable para la EMAAP-Q,» Programa de saneamiento ambiental para el distrito metropolitano de Quito, Quito, 2007.

8. GLOSARIO.

- **EMAPAL. EP:** Empresa Pública Municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento Ambiental del Cantón Azogues.
- **EMAAP-Q:** Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable.
- **PBVOT:** Plan de Buen Vivir y Ordenamiento Territorial.
- **INEC:** Instituto Nacional de Estadística y Censos
- **INEN:** Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- **Qmed:** Caudal Medio Diario.
- **QMH:** Caudal Máximo Horario.
- **QMD:** Caudal Máximo Diario.
- **QMD + Inc:** Caudal Máximo Diario más Incendio.

9. ANEXOS.

Resultados de la demanda, gradiente hidráulico y presión en cada nodo de la modelación hidráulica realizada en EPANET 2.0 por quinquenio realizada con el caudal máximo diario más incendio.

Tabla 30: Resultados en los nodos para el año 2022.

Elevación	Demanda	Gradiente Hidráulico	Presión
(msnm)	(L/s)	(m)	(m H₂O)
2532.83	0.04	2569.59	36.69
2438.54	0.24	2566.82	128.02
2441.07	0.1	2566.81	125.48
2464.74	0.5	2566.96	102.02
2540.74	0.24	2568.49	27.69
2550	0.15	2568.41	18.37
2541.48	0.35	2568.32	26.78
2477.26	0.18	2565.46	88.03
2501.8	0.37	2566.71	64.78
2548.29	0.2	2568.19	19.86
2543.34	0.21	2569.64	26.25
2512.82	0.23	2567.8	54.86
2478.02	0.15	2567.5	89.3
2483.09	0.28	2567.52	84.27
2466.68	0.42	2567.36	100.47
2492.03	0.68	2564.11	71.93
2498	0.35	2563.41	65.28
2500.24	0.41	2563.3	62.93
2430.48	0.2	2565.2	134.45
2453.1	0.11	2563.38	110.06
2462	0.24	2562.79	100.59
2538.15	0.21	2569.59	31.38
2456.22	0.32	2561.4	104.96
2439.04	0.13	2560.82	121.54
2420.92	0.3	2559.09	137.89
2489.35	0.45	2563.22	73.72
2497.85	0.25	2563.09	65.11
2480	0.15	2563.07	82.9
2478.28	0.2	2558.71	80.27
2465.08	0.18	2563.06	97.78
2528.83	0.26	2563.07	34.17
2532.03	0.08	2563.06	30.97
2523.47	0.32	2569.51	45.94
2499.77	0.23	2558.25	58.36
2426.99	0.06	2563.39	136.12
2427.47	0.06	2560.83	133.08
2425.61	0.22	2559.13	133.26

2421.81	0.5	2558	135.91
2433.22	0.49	2557.8	124.33
2540	0.23	2569.59	29.53
2426.02	0.32	2557.72	131.44
2421.96	0.3	2557.7	135.46
2404.25	0.07	2557.7	153.15
2466.82	0.22	2558.26	91.26
2451.48	0.15	2558.75	107.05
2535.82	0.03	2569.59	33.71
2550	0.18	2568.35	18.31
2534.84	0.21	2567.55	32.64
2527.87	0.4	2567.28	39.34
2513.02	0.05	2567.5	54.37
2523.03	0.2	2569.59	46.46
2505.22	0.08	2567.96	62.61
2530	0.15	2567.5	37.43
2520.05	0.23	2568.05	47.91
2509.05	0.26	2567.97	58.8
2488.04	0.25	2566.57	78.37
2495.73	0.27	2566.44	70.57
2533.21	0.06	2569.59	36.31

Tabla 31: Resultados en los nodos para el año 2027.

Elevación	Demanda	Gradiente Hidráulico	Presión
(msnm)	(L/s)	(m)	(m H₂O)
2532.83	0.11	2569.51	36.61
2438.54	0.25	2566.37	127.57
2441.07	0.15	2566.34	125.02
2464.74	0.44	2566.57	101.63
2540.74	0.26	2568.29	27.5
2550	0.19	2568.21	18.17
2541.48	0.33	2568.11	26.58
2477.26	0.21	2565.32	87.88
2501.8	0.35	2566.55	64.62
2548.29	0.22	2567.94	19.61
2543.34	0.24	2569.59	26.19
2512.82	0.25	2567.49	54.56
2478.02	0.19	2567.14	88.94
2483.09	0.28	2567.17	83.92
2466.68	0.39	2566.98	100.1
2492.03	0.57	2564.01	71.83
2430.48	0.22	2564.33	133.58
2538.15	0.23	2569.52	31.31
2456.22	0.31	2559.81	103.38
2439.04	0.17	2559.15	119.87
2497.85	0.26	2562.88	64.9
2480	0.19	2562.86	82.69
2478.28	0.22	2556.84	78.4
2465.08	0.21	2562.85	97.57
2528.83	0.27	2562.86	33.96

2532.03	0.14	2562.85	30.76
2523.47	0.32	2569.43	45.87
2499.77	0.25	2556.41	56.52
2426.99	0.12	2562.11	134.85
2420.29	0.12	2561.46	140.89
2418.13	0.12	2559.86	141.44
2427.47	0.12	2559.15	131.41
2425.61	0.24	2557.32	131.45
2445.8	0.17	2556.97	110.95
2440.66	0.21	2556.44	115.55
2421.81	0.44	2556.18	134.09
2433.22	0.43	2555.98	122.51
2540	0.24	2569.51	29.45
2426.02	0.31	2555.89	129.61
2421.96	0.3	2555.87	133.63
2404.25	0.13	2555.86	151.31
2466.82	0.24	2556.41	89.42
2451.48	0.19	2556.88	105.19
2535.82	0.1	2569.51	33.63
2550	0.21	2568.15	18.11
2534.84	0.23	2567.15	32.25
2527.87	0.37	2566.92	38.98
2513.02	0.12	2567.04	53.91
2523.03	0.23	2569.51	46.38
2505.22	0.14	2567.61	62.26
2530	0.19	2567.06	36.98
2520.05	0.25	2567.76	47.61
2509.05	0.27	2567.64	58.47
2488.04	0.26	2566.15	77.96
2495.73	0.27	2566.02	70.14
2533.21	0.12	2569.51	36.23

Tabla 32: Resultados en los nodos para el año 2032.

Elevación	Demanda	Gradiente Hidráulico	Presión
(msnm)	(L/s)	(m)	(m H₂O)
2532.83	0.11	2569.44	36.54
2438.54	0.27	2565.82	127.03
2441.07	0.16	2565.8	124.47
2464.74	0.49	2566.05	101.11
2540.74	0.28	2568.04	27.24
2550	0.2	2567.94	17.9
2541.48	0.36	2567.83	26.3
2477.26	0.23	2564.58	87.15
2501.8	0.38	2566.01	64.08
2548.29	0.24	2567.63	19.31
2543.34	0.25	2569.52	26.13
2512.82	0.27	2567.11	54.18
2478.02	0.2	2566.71	88.51
2483.09	0.3	2566.75	83.5
2466.68	0.42	2566.53	99.65

2492.03	0.63	2563.06	70.89
2498	0.37	2562.21	64.09
2500.24	0.41	2562.1	61.73
2430.48	0.24	2563.51	132.76
2453.1	0.17	2560.95	107.63
2462	0.28	2560.15	97.96
2538.15	0.25	2569.45	31.24
2456.22	0.34	2558.33	101.9
2439.04	0.18	2557.56	118.29
2420.92	0.32	2555.4	134.22
2489.35	0.45	2561.96	72.46
2497.85	0.29	2561.76	63.78
2480	0.2	2561.74	81.57
2478.28	0.24	2554.9	76.47
2465.08	0.23	2561.72	96.44
2528.83	0.29	2561.73	32.84
2532.03	0.15	2561.73	29.63
2523.47	0.34	2569.35	45.78
2499.77	0.27	2554.4	54.52
2426.99	0.13	2560.96	133.7
2420.29	0.13	2560.22	139.65
2418.13	0.13	2558.39	139.97
2427.47	0.13	2557.57	129.83
2425.61	0.26	2555.46	129.59
2445.8	0.18	2555.05	109.03
2440.66	0.23	2554.44	113.55
2421.81	0.49	2554.13	132.05
2426.02	0.34	2553.79	127.52
2421.96	0.32	2553.77	131.54
2404.25	0.14	2553.77	149.22
2466.82	0.26	2554.4	87.41
2550	0.23	2567.87	17.83
2534.84	0.25	2566.73	31.83
2527.87	0.4	2566.46	38.52
2513.02	0.12	2566.61	53.48
2523.03	0.24	2569.44	46.31
2505.22	0.14	2567.26	61.91
2530	0.21	2566.63	36.55
2520.05	0.27	2567.43	47.28
2509.05	0.29	2567.29	58.12
2488.04	0.28	2565.57	77.38
2495.73	0.3	2565.42	69.54
2533.21	0.13	2569.44	36.15

Tabla 33: Resultados en los nodos para el año 2037.

Elevación (msnm)	Demanda (L/s)	Gradiente Hidráulico (m)	Presión (m H₂O)
2532.83	0.12	2569.36	36.46
2438.54	0.3	2565.18	126.38
2441.07	0.17	2565.15	123.83

2464.74	0.53	2565.44	100.5
2540.74	0.3	2567.73	26.94
2550	0.21	2567.62	17.58
2541.48	0.39	2567.49	25.96
2477.26	0.25	2563.7	86.27
2501.8	0.41	2565.37	63.44
2548.29	0.26	2567.27	18.94
2543.34	0.27	2569.45	26.06
2512.82	0.29	2566.67	53.74
2478.02	0.21	2566.21	88.01
2483.09	0.33	2566.25	83
2466.68	0.46	2566	99.12
2492.03	0.69	2561.92	69.75
2498	0.4	2560.95	62.82
2500.24	0.45	2560.81	60.45
2430.48	0.26	2562.52	131.78
2453.1	0.18	2559.59	106.27
2462	0.3	2558.67	96.48
2538.15	0.27	2569.36	31.15
2456.22	0.37	2556.56	100.14
2439.04	0.2	2555.68	116.41
2420.92	0.35	2553.18	132
2489.35	0.49	2560.65	71.15
2497.85	0.31	2560.43	62.45
2480	0.21	2560.4	80.23
2528.83	0.31	2560.39	31.5
2499.77	0.29	2552.01	52.14
2426.99	0.13	2559.6	132.34
2427.47	0.13	2555.69	127.96
2425.61	0.28	2553.25	127.38
2445.8	0.19	2552.78	106.76
2440.66	0.25	2552.06	111.18
2421.81	0.53	2551.7	129.62
2433.22	0.52	2551.43	117.97
2540	0.28	2569.35	29.3
2426.02	0.37	2551.31	125.04
2421.96	0.35	2551.28	129.06
2404.25	0.14	2551.28	146.74
2466.82	0.28	2552.02	85.03
2451.48	0.22	2552.66	100.98
2535.82	0.11	2569.36	33.47
2550	0.25	2567.54	17.5
2534.84	0.27	2566.24	31.33
2527.87	0.44	2565.92	37.98
2513.02	0.12	2566.1	52.97
2523.03	0.26	2569.35	46.23
2505.22	0.15	2566.84	61.5
2530	0.22	2566.12	36.04
2520.05	0.29	2567.04	46.89
2509.05	0.31	2566.88	57.71
2488.04	0.31	2564.88	76.69

2495.73	0.32	2564.7	68.83
2533.21	0.13	2569.36	36.07

Tabla 34: Resultados en los nodos para el año 2042.

Elevación	Demanda	Gradiente Hidráulico	Presión
(msnm)	(L/s)	(m)	(m H2O)
2532.83	0.12	2569.26	36.36
2438.54	0.32	2564.41	125.62
2441.07	0.18	2564.38	123.06
2464.74	0.58	2564.71	99.78
2540.74	0.32	2567.37	26.58
2550	0.23	2567.24	17.2
2541.48	0.43	2567.09	25.56
2477.26	0.27	2562.65	85.22
2501.8	0.45	2564.6	62.68
2548.29	0.28	2566.83	18.51
2543.34	0.3	2569.36	25.97
2512.82	0.32	2566.14	53.21
2466.68	0.5	2565.36	98.48
2492.03	0.76	2560.57	68.4
2430.48	0.28	2561.35	130.61
2453.1	0.19	2557.96	104.65
2462	0.32	2556.9	94.72
2538.15	0.29	2569.26	31.05
2420.92	0.38	2550.53	129.35
2489.35	0.54	2559.08	69.59
2497.85	0.33	2558.82	60.85
2480	0.23	2558.79	78.63
2478.28	0.28	2549.86	71.44
2465.08	0.27	2558.77	93.5
2528.83	0.34	2558.78	29.9
2532.03	0.16	2558.78	26.69
2523.47	0.41	2569.13	45.57
2499.77	0.31	2549.17	49.3
2426.99	0.14	2557.98	130.73
2420.29	0.14	2556.99	136.42
2418.13	0.14	2554.54	136.13
2427.47	0.14	2553.45	125.72
2425.61	0.3	2550.6	124.74
2445.8	0.2	2550.06	104.05
2440.66	0.27	2549.23	108.35
2421.81	0.59	2548.8	126.73
2433.22	0.57	2548.48	115.03
2540	0.31	2569.25	29.2
2426.02	0.4	2548.34	122.08
2421.96	0.38	2548.31	126.09
2404.25	0.15	2548.31	143.77
2466.82	0.3	2549.18	82.19
2451.48	0.23	2549.92	98.25
2535.82	0.11	2569.26	33.37

2550	0.26	2567.14	17.11
2534.84	0.29	2565.64	30.74
2527.87	0.48	2565.27	37.33
2513.02	0.13	2565.49	52.36
2523.03	0.28	2569.25	46.13
2505.22	0.16	2566.35	61
2530	0.24	2565.51	35.44
2520.05	0.32	2566.56	46.42
2509.05	0.34	2566.38	57.21
2488.04	0.33	2564.06	75.87
2495.73	0.35	2563.85	67.98
2533.21	0.14	2569.25	35.97

Tabla 35: Resultados en los nodos para el año 2047.

Elevación (msnm)	Demanda (L/s)	Gradiente Hidráulico (m)	Presión (m H₂O)
2532.83	0.13	2569.14	36.24
2438.54	0.35	2563.5	124.7
2441.07	0.19	2563.46	122.14
2464.74	0.64	2563.84	98.91
2540.74	0.35	2566.94	26.15
2550	0.24	2566.78	16.75
2541.48	0.47	2566.61	25.08
2477.26	0.29	2561.39	83.97
2501.8	0.49	2563.68	61.76
2548.29	0.3	2566.31	17.99
2543.34	0.32	2569.26	25.87
2512.82	0.34	2565.51	52.58
2478.02	0.24	2564.88	86.69
2483.09	0.39	2564.94	81.69
2466.68	0.55	2564.6	97.72
2492.03	0.84	2558.94	66.77
2498	0.48	2557.6	59.49
2500.24	0.54	2557.42	57.06
2430.48	0.3	2559.95	129.21
2453.1	0.2	2556.03	102.72
2462	0.35	2554.8	92.61
2538.15	0.32	2569.15	30.94
2456.22	0.44	2551.95	95.54
2439.04	0.22	2550.76	111.5
2420.92	0.41	2547.37	126.2
2489.35	0.59	2557.2	67.71
2497.85	0.36	2556.91	58.94
2480	0.24	2556.87	76.71
2478.28	0.3	2546.58	68.17
2465.08	0.29	2556.84	91.58
2528.83	0.37	2556.86	27.98
2532.03	0.17	2556.85	24.77
2523.47	0.44	2568.99	45.42
2499.77	0.34	2545.77	45.91

2426.99	0.15	2556.05	128.8
2420.29	0.15	2554.89	134.33
2418.13	0.15	2552.05	133.64
2427.47	0.14	2550.78	123.05
2425.61	0.33	2547.45	121.6
2445.8	0.22	2546.82	100.81
2440.66	0.29	2545.84	104.97
2421.81	0.64	2545.33	123.27
2433.22	0.63	2544.96	111.52
2540	0.33	2569.13	29.08
2426.02	0.44	2544.8	118.54
2421.96	0.42	2544.76	122.55
2404.25	0.16	2544.76	140.23
2466.82	0.33	2545.78	78.81
2451.48	0.25	2546.66	94.99
2535.82	0.12	2569.14	33.26
2550	0.29	2566.67	16.64
2534.84	0.31	2564.93	30.03
2527.87	0.52	2564.49	36.55
2513.02	0.14	2564.76	51.64
2523.03	0.31	2569.13	46.01
2505.22	0.17	2565.76	60.41
2530	0.25	2564.78	34.71
2520.05	0.34	2566	45.86
2509.05	0.37	2565.79	56.63
2488.04	0.36	2563.08	74.89
2495.73	0.38	2562.84	66.97
2533.21	0.15	2569.13	35.85

Tabla 36: Resultados en los nodos para el año 2052.

Elevación (msnm)	Demanda (L/s)	Gradiente Hidráulico (m)	Presión (m H₂O)
2532.83	0.13	2569	36.1
2438.54	0.38	2562.4	123.61
2441.07	0.2	2562.36	121.04
2464.74	0.71	2562.8	97.86
2540.74	0.38	2566.42	25.63
2550	0.26	2566.23	16.2
2541.48	0.51	2566.03	24.5
2477.26	0.31	2559.88	82.46
2501.8	0.54	2562.58	60.66
2548.29	0.32	2565.69	17.36
2543.34	0.35	2569.14	25.74
2512.82	0.37	2564.75	51.82
2478.02	0.26	2564.02	85.83
2483.09	0.42	2564.09	80.84
2466.68	0.61	2563.69	96.81
2492.03	0.93	2556.99	64.82
2498	0.52	2555.42	57.3
2500.24	0.6	2555.2	54.84

2430.48	0.33	2558.28	127.54
2453.1	0.22	2553.71	100.41
2462	0.38	2552.28	90.1
2538.15	0.35	2569	30.79
2456.22	0.48	2548.95	92.54
2439.04	0.24	2547.56	108.31
2420.92	0.45	2543.58	122.42
2489.35	0.65	2554.95	65.46
2497.85	0.4	2554.6	56.64
2480	0.26	2554.56	74.41
2478.28	0.33	2542.67	64.26
2465.08	0.31	2554.53	89.27
2528.83	0.4	2554.55	25.67
2532.03	0.19	2554.54	22.46
2523.47	0.49	2568.82	45.25
2499.77	0.37	2541.7	41.85
2426.99	0.16	2553.73	126.49
2420.29	0.16	2552.39	131.83
2418.13	0.16	2549.06	130.67
2427.47	0.15	2547.58	119.86
2425.61	0.36	2543.68	117.84
2445.8	0.23	2542.93	96.94
2440.66	0.31	2541.78	100.92
2421.81	0.71	2541.18	119.13
2433.22	0.69	2540.75	107.31
2540	0.36	2568.99	28.93
2426.02	0.48	2540.56	114.31
2421.96	0.46	2540.52	118.31
2404.25	0.17	2540.51	135.99
2466.82	0.36	2541.72	74.75
2451.48	0.27	2542.76	91.09
2535.82	0.12	2569	33.11
2550	0.31	2566.11	16.07
2534.84	0.34	2564.09	29.18
2527.87	0.58	2563.56	35.62
2513.02	0.14	2563.89	50.77
2523.03	0.33	2568.99	45.86
2505.22	0.18	2565.05	59.7
2530	0.27	2563.91	33.85
2520.05	0.37	2565.33	45.19
2509.05	0.4	2565.09	55.92
2488.04	0.4	2561.91	73.72
2495.73	0.42	2561.62	65.75
2533.21	0.16	2568.99	35.71

En las Tablas de 37 - 43 se presenta los resultados de la modelación hidráulica en EPANET 2.0 teniendo así el material, coeficiente de rugosidad Hazen Williams, caudal y la velocidad en la tubería.

Tabla 37: Datos de la tubería para el año 2022.

Diámetro Interior	Material	Hazen Williams	Caudal	Velocidad
mm		C	l/s	m/s
101.6	PVC	150	0.77	0.09
101.6	PVC	150	0.35	0.04
147.6	PVC	150	5.04	0.29
147.6	PVC	150	3.39	0.2
101.6	PVC	150	0.13	0.02
101.6	PVC	150	0.25	0.03
147.6	PVC	150	5.22	0.31
101.6	PVC	150	0.31	0.04
101.6	PVC	150	0.08	0.01
147.6	PVC	150	6.36	0.37
101.6	PVC	150	1.28	0.16
147.6	PVC	150	6.79	0.4
147.6	PVC	150	7.23	0.42
147.6	PVC	150	7.02	0.41
147.6	PVC	150	12.69	0.74
147.6	PVC	150	14.18	0.83
58	PVC	150	0.16	0.06
83	PVC	150	0.45	0.08
58	PVC	150	0.18	0.07
58	PVC	150	0.15	0.06
58	PVC	150	0.39	0.15
58	PVC	150	0.27	0.1
58	PVC	150	0.29	0.11
58	PVC	150	0.35	0.13
58	PVC	150	0.24	0.09
58	PVC	150	0.38	0.14
58	PVC	150	0.2	0.08
83	PVC	150	0.23	0.04
83	PVC	150	0.13	0.02
83	PVC	150	1.38	0.26
58	PVC	150	0.21	0.08
58	PVC	150	0.29	0.11
83	PVC	150	0.38	0.07
58	PVC	150	0.18	0.07
83	PVC	150	1	0.19
58	PVC	150	0.61	0.23
58	PVC	150	0.14	0.05
58	PVC	150	0.85	0.32
58	PVC	150	0.29	0.11

58	PVC	150	0.11	0.04
83	PVC	150	2.04	0.38
58	PVC	150	0.13	0.05
58	PVC	150	0.38	0.14
83	PVC	150	2.56	0.47
58	PVC	150	0.5	0.19
58	PVC	150	0.25	0.1
58	PVC	150	0.34	0.13
83	PVC	150	2.69	0.5
83	PVC	150	4.24	0.78
83	PVC	150	3.47	0.64
83	PVC	150	2.15	0.4
83	PVC	150	0.4	0.07
83	PVC	150	2.76	0.51
83	PVC	150	0.13	0.02
83	PVC	150	1.49	0.28
83	PVC	150	3.88	0.72
83	PVC	150	1.09	0.2
83	PVC	150	4.51	0.83
83	PVC	150	4.72	0.87
83	PVC	150	0.69	0.13
83	PVC	150	3.08	0.57
83	PVC	150	3.19	0.59
83	PVC	150	1.29	0.24

Tabla 38: Datos de la tubería para el año 2027.

Diámetro Interior	Material	Hazen Williams	Caudal	Velocidad
mm		C	l/s	m/s
101.6	PVC	150	0.81	0.1
101.6	PVC	150	0.37	0.05
147.6	PVC	150	5.44	0.32
147.6	PVC	150	3.66	0.21
101.6	PVC	150	0.14	0.02
101.6	PVC	150	0.26	0.03
147.6	PVC	150	5.62	0.33
101.6	PVC	150	0.33	0.04
101.6	PVC	150	0.09	0.01
147.6	PVC	150	6.83	0.4
101.6	PVC	150	1.36	0.17
147.6	PVC	150	7.3	0.43
147.6	PVC	150	7.77	0.45
147.6	PVC	150	7.55	0.44
147.6	PVC	150	13.65	0.8
147.6	PVC	150	15.24	0.89
58	PVC	150	0.17	0.07
83	PVC	150	0.49	0.09
58	PVC	150	0.19	0.07
58	PVC	150	0.16	0.06
58	PVC	150	0.41	0.16
58	PVC	150	0.29	0.11

58	PVC	150	0.31	0.12
58	PVC	150	0.38	0.14
58	PVC	150	0.26	0.1
58	PVC	150	0.4	0.15
58	PVC	150	0.21	0.08
83	PVC	150	0.25	0.05
83	PVC	150	0.14	0.03
83	PVC	150	1.48	0.27
58	PVC	150	0.22	0.08
58	PVC	150	0.32	0.12
83	PVC	150	0.41	0.08
58	PVC	150	0.19	0.07
83	PVC	150	1.07	0.2
58	PVC	150	0.65	0.25
58	PVC	150	0.15	0.06
58	PVC	150	0.91	0.34
58	PVC	150	0.31	0.12
58	PVC	150	0.12	0.04
83	PVC	150	2.2	0.41
58	PVC	150	0.14	0.05
58	PVC	150	0.41	0.15
83	PVC	150	2.77	0.51
58	PVC	150	0.54	0.2
58	PVC	150	0.27	0.1
58	PVC	150	0.37	0.14
83	PVC	150	2.9	0.54
83	PVC	150	4.55	0.84
83	PVC	150	3.73	0.69
83	PVC	150	2.32	0.43
83	PVC	150	0.43	0.08
83	PVC	150	2.99	0.55
83	PVC	150	0.13	0.02
83	PVC	150	1.62	0.3
83	PVC	150	4.17	0.77
83	PVC	150	1.17	0.22
83	PVC	150	4.83	0.89
83	PVC	150	5.06	0.93
83	PVC	150	0.74	0.14
83	PVC	150	3.33	0.62
83	PVC	150	3.44	0.64
83	PVC	150	1.39	0.26

Tabla 39: Datos de la tubería para el año 2032.

Diámetro Interior	Material	Hazen Williams	Caudal	Velocidad
mm		C	l/s	m/s
101.6	PVC	150	0.86	0.11
101.6	PVC	150	0.39	0.05
147.6	PVC	150	5.88	0.34
147.6	PVC	150	3.97	0.23
101.6	PVC	150	0.15	0.02
101.6	PVC	150	0.28	0.03

147.6	PVC	150	6.08	0.36
101.6	PVC	150	0.35	0.04
101.6	PVC	150	0.09	0.01
147.6	PVC	150	7.36	0.43
101.6	PVC	150	1.45	0.18
147.6	PVC	150	7.86	0.46
147.6	PVC	150	8.37	0.49
147.6	PVC	150	8.13	0.48
147.6	PVC	150	14.72	0.86
147.6	PVC	150	16.42	0.96
58	PVC	150	0.18	0.07
83	PVC	150	0.52	0.1
58	PVC	150	0.2	0.07
58	PVC	150	0.17	0.06
58	PVC	150	0.44	0.17
58	PVC	150	0.32	0.12
58	PVC	150	0.34	0.13
58	PVC	150	0.41	0.16
58	PVC	150	0.28	0.1
58	PVC	150	0.43	0.16
58	PVC	150	0.23	0.09
83	PVC	150	0.27	0.05
83	PVC	150	0.15	0.03
83	PVC	150	1.6	0.3
58	PVC	150	0.24	0.09
58	PVC	150	0.34	0.13
83	PVC	150	0.44	0.08
58	PVC	150	0.2	0.08
83	PVC	150	1.15	0.21
58	PVC	150	0.7	0.27
58	PVC	150	0.16	0.06
58	PVC	150	0.97	0.37
58	PVC	150	0.33	0.12
58	PVC	150	0.12	0.05
83	PVC	150	2.38	0.44
58	PVC	150	0.14	0.05
58	PVC	150	0.43	0.16
83	PVC	150	3.01	0.56
58	PVC	150	0.58	0.22
58	PVC	150	0.3	0.11
58	PVC	150	0.4	0.15
83	PVC	150	3.13	0.58
83	PVC	150	4.9	0.91
83	PVC	150	4.02	0.74
83	PVC	150	2.51	0.46
83	PVC	150	0.46	0.09
83	PVC	150	3.24	0.6
83	PVC	150	0.14	0.03
83	PVC	150	1.76	0.32
83	PVC	150	4.49	0.83
83	PVC	150	1.27	0.23

83	PVC	150	5.2	0.96
83	PVC	150	5.44	1
83	PVC	150	0.8	0.15
83	PVC	150	3.61	0.67
83	PVC	150	3.71	0.69
83	PVC	150	1.5	0.28

Tabla 40: Datos de la tubería para el año 2037.

Diámetro Interior	Material	Hazen Williams	Caudal	Velocidad
mm		C	l/s	m/s
101.6	PVC	150	0.91	0.11
101.6	PVC	150	0.42	0.05
147.6	PVC	150	6.37	0.37
147.6	PVC	150	4.32	0.25
101.6	PVC	150	0.17	0.02
101.6	PVC	150	0.3	0.04
147.6	PVC	150	6.58	0.38
101.6	PVC	150	0.38	0.05
101.6	PVC	150	0.1	0.01
147.6	PVC	150	7.95	0.46
101.6	PVC	150	1.55	0.19
147.6	PVC	150	8.49	0.5
147.6	PVC	150	9.03	0.53
147.6	PVC	150	8.78	0.51
147.6	PVC	150	15.91	0.93
147.6	PVC	150	17.74	1.04
58	PVC	150	0.2	0.07
83	PVC	150	0.57	0.1
58	PVC	150	0.21	0.08
58	PVC	150	0.18	0.07
58	PVC	150	0.48	0.18
58	PVC	150	0.35	0.13
58	PVC	150	0.37	0.14
58	PVC	150	0.45	0.17
58	PVC	150	0.3	0.11
58	PVC	150	0.46	0.17
58	PVC	150	0.25	0.09
83	PVC	150	0.29	0.05
83	PVC	150	0.16	0.03
83	PVC	150	1.72	0.32
58	PVC	150	0.26	0.1
58	PVC	150	0.37	0.14
83	PVC	150	0.47	0.09
58	PVC	150	0.21	0.08
83	PVC	150	1.24	0.23
58	PVC	150	0.75	0.29
58	PVC	150	0.17	0.06
58	PVC	150	1.05	0.4
58	PVC	150	0.34	0.13

58	PVC	150	0.12	0.05
83	PVC	150	2.58	0.48
58	PVC	150	0.15	0.06
58	PVC	150	0.47	0.18
83	PVC	150	3.27	0.6
58	PVC	150	0.63	0.24
58	PVC	150	0.32	0.12
58	PVC	150	0.44	0.17
83	PVC	150	3.39	0.63
83	PVC	150	5.28	0.98
83	PVC	150	4.35	0.8
83	PVC	150	2.73	0.5
83	PVC	150	0.49	0.09
83	PVC	150	3.52	0.65
83	PVC	150	0.14	0.03
83	PVC	150	1.91	0.35
83	PVC	150	4.85	0.9
83	PVC	150	1.38	0.26
83	PVC	150	5.6	1.03
83	PVC	150	5.86	1.08
83	PVC	150	0.86	0.16
83	PVC	150	3.93	0.73
83	PVC	150	4.02	0.74
83	PVC	150	1.63	0.3

Tabla 41: Datos de la tubería para el año 2042.

Diámetro Interior	Material	Hazen Williams	Caudal	Velocidad
mm		C	l/s	m/s
101.6	PVC	150	0.97	0.12
101.6	PVC	150	0.44	0.05
147.6	PVC	150	6.92	0.4
147.6	PVC	150	4.71	0.27
101.6	PVC	150	0.18	0.02
101.6	PVC	150	0.32	0.04
147.6	PVC	150	7.14	0.42
101.6	PVC	150	0.41	0.05
101.6	PVC	150	0.1	0.01
147.6	PVC	150	8.6	0.5
101.6	PVC	150	1.67	0.21
147.6	PVC	150	9.18	0.54
147.6	PVC	150	9.78	0.57
147.6	PVC	150	9.5	0.56
147.6	PVC	150	17.25	1.01
147.6	PVC	150	19.21	1.12
58	PVC	150	0.21	0.08
83	PVC	150	0.61	0.11
58	PVC	150	0.23	0.09
58	PVC	150	0.19	0.07
58	PVC	150	0.51	0.19

58	PVC	150	0.38	0.14
58	PVC	150	0.4	0.15
58	PVC	150	0.5	0.19
58	PVC	150	0.32	0.12
58	PVC	150	0.5	0.19
58	PVC	150	0.27	0.1
83	PVC	150	0.31	0.06
83	PVC	150	0.16	0.03
83	PVC	150	1.87	0.35
58	PVC	150	0.28	0.11
58	PVC	150	0.41	0.15
83	PVC	150	0.5	0.09
58	PVC	150	0.23	0.09
83	PVC	150	1.33	0.25
58	PVC	150	0.81	0.31
58	PVC	150	0.18	0.07
58	PVC	150	1.13	0.43
58	PVC	150	0.37	0.14
58	PVC	150	0.13	0.05
83	PVC	150	2.8	0.52
58	PVC	150	0.16	0.06
58	PVC	150	0.5	0.19
83	PVC	150	3.56	0.66
58	PVC	150	0.68	0.26
58	PVC	150	0.35	0.13
58	PVC	150	0.48	0.18
83	PVC	150	3.68	0.68
83	PVC	150	5.72	1.06
83	PVC	150	4.71	0.87
83	PVC	150	2.97	0.55
83	PVC	150	0.53	0.1
83	PVC	150	3.83	0.71
83	PVC	150	0.15	0.03
83	PVC	150	2.09	0.39
83	PVC	150	5.25	0.97
83	PVC	150	1.5	0.28
83	PVC	150	6.05	1.12
83	PVC	150	6.33	1.17
83	PVC	150	0.93	0.17
83	PVC	150	4.28	0.79
83	PVC	150	4.36	0.81
83	PVC	150	1.77	0.33

Tabla 42: Datos de la tubería para el año 2047.

Diámetro Interior	Material	Hazen Williams	Caudal	Velocidad
mm		C	l/s	m/s
101.6	PVC	150	1.03	0.13
101.6	PVC	150	0.47	0.06
147.6	PVC	150	7.53	0.44

147.6	PVC	150	5.14	0.3
101.6	PVC	150	0.2	0.02
101.6	PVC	150	0.35	0.04
147.6	PVC	150	7.77	0.45
101.6	PVC	150	0.44	0.05
101.6	PVC	150	0.11	0.01
147.6	PVC	150	9.33	0.55
101.6	PVC	150	1.79	0.22
147.6	PVC	150	9.96	0.58
147.6	PVC	150	10.61	0.62
147.6	PVC	150	10.31	0.6
147.6	PVC	150	18.73	1.09
147.6	PVC	150	20.84	1.22
58	PVC	150	0.22	0.08
83	PVC	150	0.66	0.12
58	PVC	150	0.24	0.09
58	PVC	150	0.2	0.08
58	PVC	150	0.55	0.21
58	PVC	150	0.41	0.16
58	PVC	150	0.44	0.17
58	PVC	150	0.54	0.21
58	PVC	150	0.35	0.13
58	PVC	150	0.54	0.2
58	PVC	150	0.29	0.11
83	PVC	150	0.34	0.06
83	PVC	150	0.17	0.03
83	PVC	150	2.03	0.37
58	PVC	150	0.3	0.11
58	PVC	150	0.44	0.17
83	PVC	150	0.54	0.1
58	PVC	150	0.24	0.09
83	PVC	150	1.44	0.27
58	PVC	150	0.88	0.33
58	PVC	150	0.19	0.07
58	PVC	150	1.23	0.46
58	PVC	150	0.39	0.15
58	PVC	150	0.14	0.05
83	PVC	150	3.05	0.56
58	PVC	150	0.17	0.06
58	PVC	150	0.54	0.2
83	PVC	150	3.89	0.72
58	PVC	150	0.74	0.28
58	PVC	150	0.38	0.14
58	PVC	150	0.52	0.2
83	PVC	150	4	0.74
83	PVC	150	6.2	1.15
83	PVC	150	5.11	0.94
83	PVC	150	3.23	0.6
83	PVC	150	0.58	0.11
83	PVC	150	4.18	0.77
83	PVC	150	0.16	0.03

83	PVC	150	2.28	0.42
83	PVC	150	5.7	1.05
83	PVC	150	1.64	0.3
83	PVC	150	6.55	1.21
83	PVC	150	6.85	1.27
83	PVC	150	1.01	0.19
83	PVC	150	4.67	0.86
83	PVC	150	4.74	0.88
83	PVC	150	1.93	0.36

Tabla 43: Datos de la tubería para el año 2052.

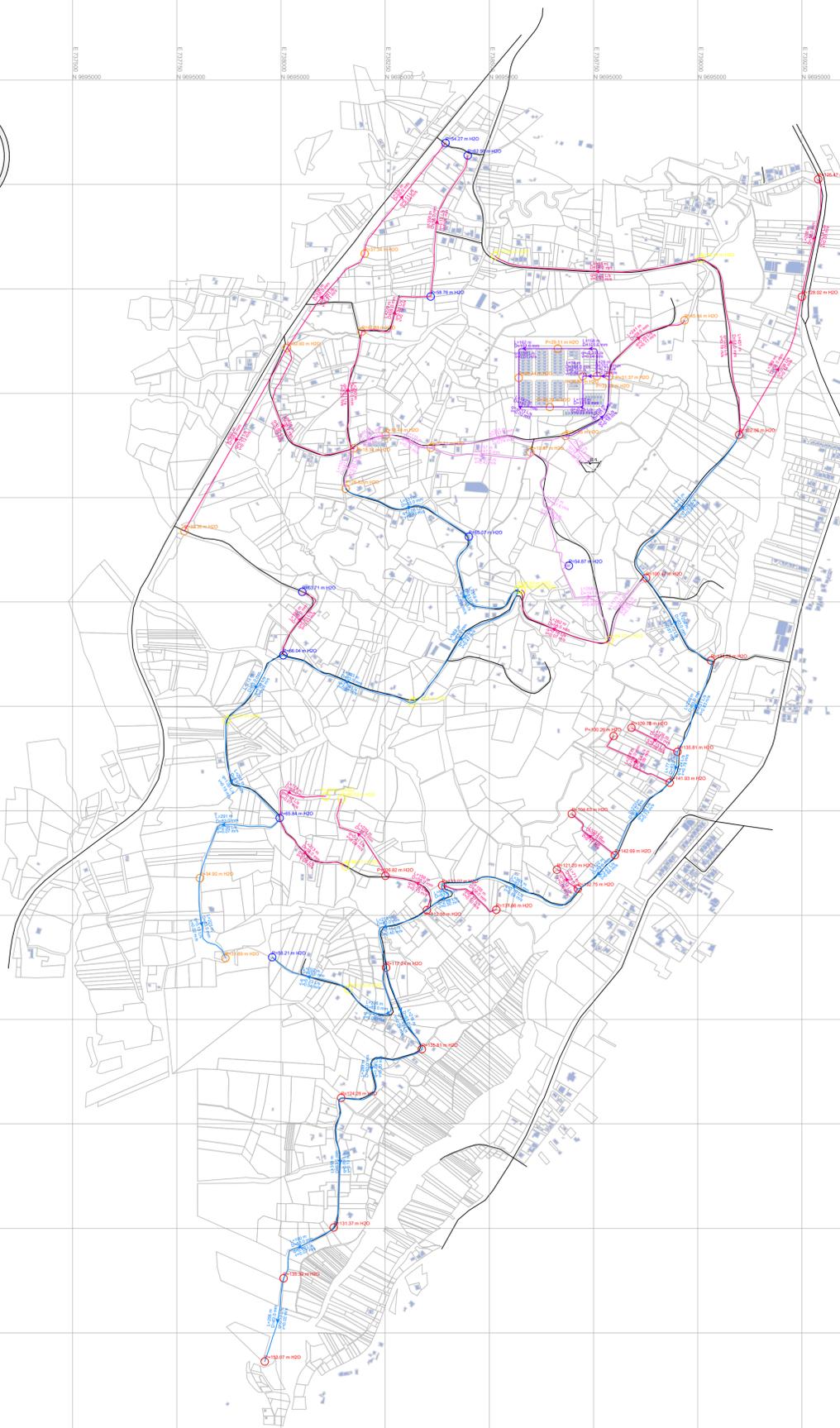
Diámetro Interior	Material	Hazen Williams	Caudal	Velocidad
mm		C	l/s	m/s
101.6	PVC	150	1.1	0.14
101.6	PVC	150	0.51	0.06
147.6	PVC	150	8.21	0.48
147.6	PVC	150	5.62	0.33
101.6	PVC	150	0.22	0.03
101.6	PVC	150	0.37	0.05
147.6	PVC	150	8.47	0.5
101.6	PVC	150	0.48	0.06
101.6	PVC	150	0.11	0.01
147.6	PVC	150	10.15	0.59
101.6	PVC	150	1.93	0.24
147.6	PVC	150	10.83	0.63
147.6	PVC	150	11.53	0.67
147.6	PVC	150	11.21	0.65
147.6	PVC	150	20.39	1.19
147.6	PVC	150	22.67	1.32
58	PVC	150	0.24	0.09
83	PVC	150	0.72	0.13
58	PVC	150	0.26	0.1
58	PVC	150	0.22	0.08
58	PVC	150	0.6	0.23
58	PVC	150	0.45	0.17
58	PVC	150	0.48	0.18
58	PVC	150	0.6	0.23
58	PVC	150	0.38	0.15
58	PVC	150	0.58	0.22
58	PVC	150	0.31	0.12
83	PVC	150	0.37	0.07
83	PVC	150	0.19	0.03
83	PVC	150	2.2	0.41
58	PVC	150	0.33	0.12
58	PVC	150	0.49	0.18
83	PVC	150	0.59	0.11
58	PVC	150	0.26	0.1
83	PVC	150	1.56	0.29
58	PVC	150	0.95	0.36

58	PVC	150	0.2	0.08
58	PVC	150	1.33	0.5
58	PVC	150	0.42	0.16
58	PVC	150	0.14	0.05
83	PVC	150	3.33	0.61
58	PVC	150	0.18	0.07
58	PVC	150	0.58	0.22
83	PVC	150	4.26	0.79
58	PVC	150	0.81	0.31
58	PVC	150	0.42	0.16
58	PVC	150	0.58	0.22
83	PVC	150	4.36	0.81
83	PVC	150	6.74	1.25
83	PVC	150	5.56	1.03
83	PVC	150	3.53	0.65
83	PVC	150	0.62	0.12
83	PVC	150	4.57	0.84
83	PVC	150	0.17	0.03
83	PVC	150	2.5	0.46
83	PVC	150	6.2	1.15
83	PVC	150	1.79	0.33
83	PVC	150	7.11	1.31
83	PVC	150	7.44	1.37
83	PVC	150	1.1	0.2
83	PVC	150	5.1	0.94
83	PVC	150	5.17	0.96
83	PVC	150	2.1	0.39

Los planos de la modelación hidráulica mediante EPANET 2.0. de la zona de estudio Bellavista se muestran en las paginas 112 – 118 en los diferentes periodos de diseño.



UBICACIÓN:



-  Dirección del flujo
-  Vías y caminos
-  Casas
-  Reserva Bellavista

P=26.82 m H2O Presión
 L=282 m Longitud
 D=58.0 mm Diámetro interno
 q=0.18 L/s Caudal
 v=0.07 m/s Velocidad

CÓDIGO DE COLORES

Leyenda Código de Colores Nudo: Presión (m H2O)		Leyenda Código de Colores Tubería: Diámetro (mm)	
	<= 10.00		<= 58.0
	<= 50.00		<= 83.0
	<= 70.00		<= 101.6
	<= 100.00		<= 147.6
	<= 120.00		Other
	Otros		

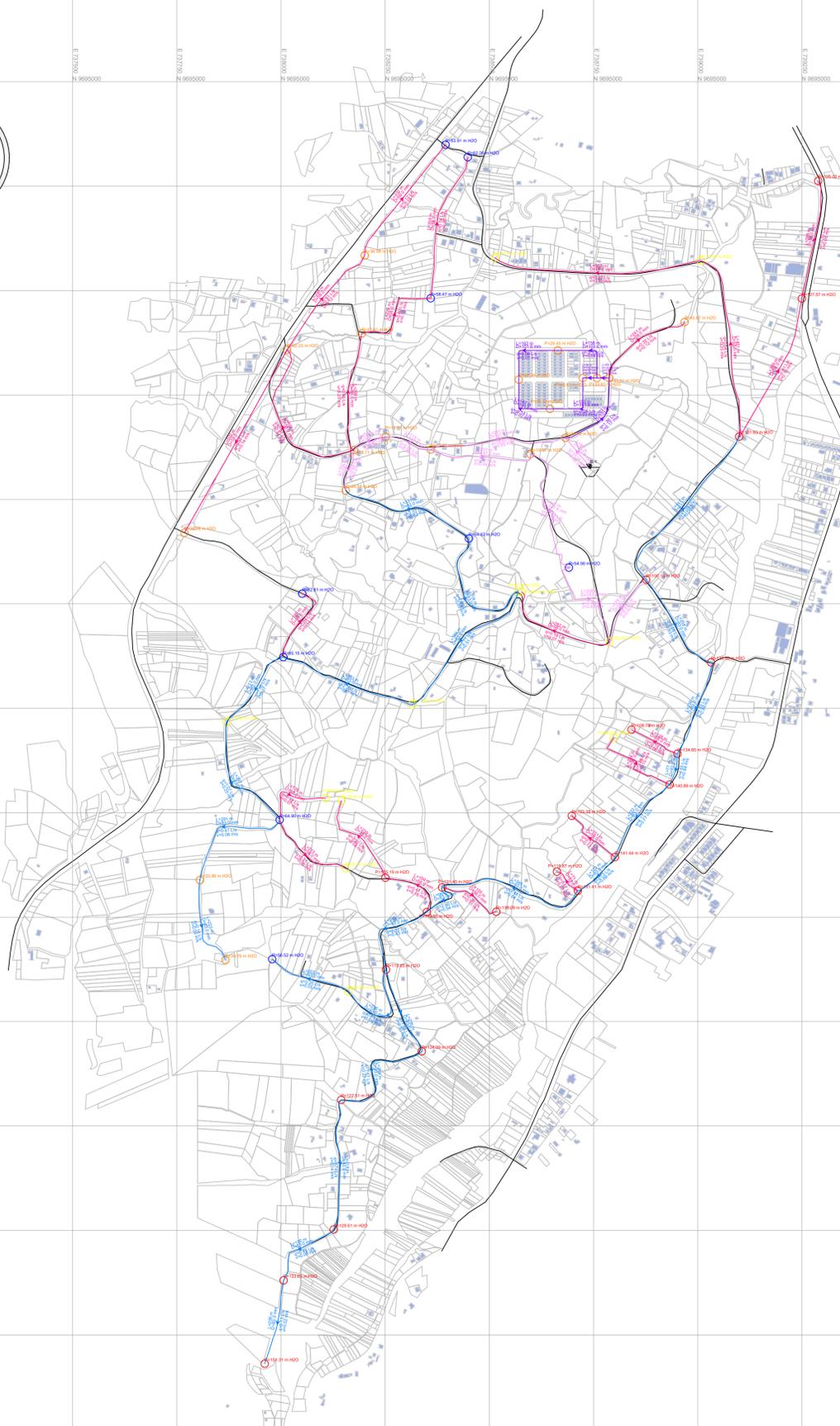
TUTOR: _____
ING. DAVID QUEVEDO PESÁNTEZ

REALIZADO POR:
DIANA CORONEL VIVAR

CONTIENE:
MODELACIÓN HIDRÁULICA CAUDAL MÁXIMO DIARIO MÁS INCENDIO, AÑO 2022



UBICACIÓN:



Dirección del flujo



Vías y caminos



Casas



Reserva Bellavista

P=26.82 m H2O

Presión

L=282 m

Longitud

D=58.0 mm

Diámetro interno

q=0.18 L/s

Caudal

v=0.07 m/s

Velocidad

CÓDIGO DE COLORES

Leyenda Código de Colores Nudo: Presión (m H2O)	
Green circle	<= 10.00
Orange circle	<= 50.00
Blue circle	<= 70.00
Yellow circle	<= 100.00
Red circle	<= 120.00
White circle	Otros

Leyenda Código de Colores Tubería: Diámetro (mm)	
Red line	<= 58.0
Blue line	<= 83.0
Purple line	<= 101.6
Pink line	<= 147.6
White line	Other

TUTOR: _____

ING. DAVID QUEVEDO PESÁNTEZ

REALIZADO POR:

DIANA CORONEL VIVAR

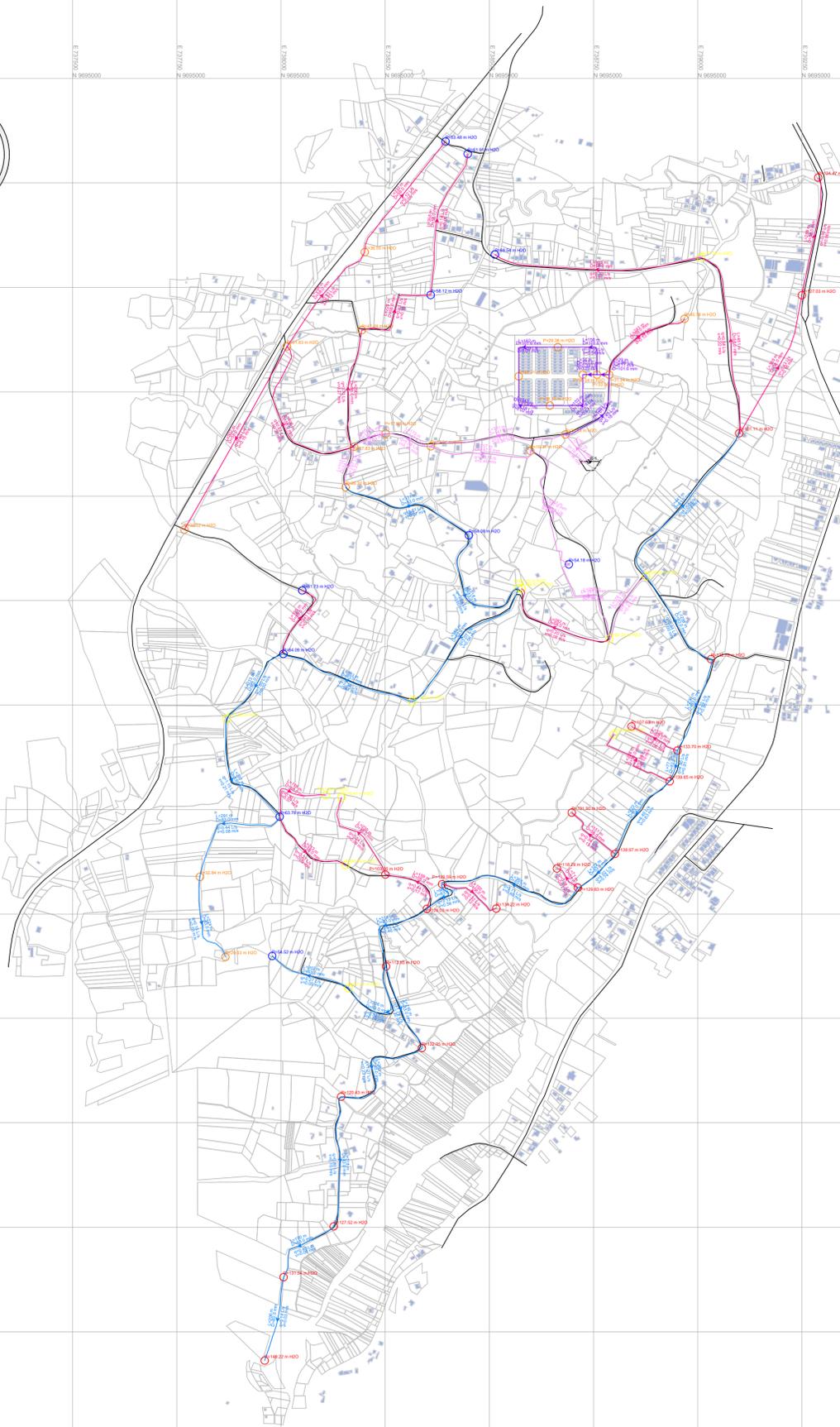
CONTIENE:

MODELACIÓN HIDRÁULICA
CAUDAL MÁXIMO DIARIO MÁS
INCENDIO, AÑO 2027

Escala: 1:7000



UBICACIÓN:



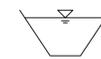
Dirección del flujo



Vías y caminos



Casas



Reserva Bellavista

P=26.82 m H2O

Presión

L=282 m

Longitud

D=58.0 mm

Diámetro interno

q=0.18 L/s

Caudal

v=0.07 m/s

Velocidad

CÓDIGO DE COLORES

Leyenda Código de Colores Nudo: Presión (m H2O)	
Green circle	<= 10.00
Orange circle	<= 50.00
Blue circle	<= 70.00
Yellow circle	<= 100.00
Red circle	<= 120.00
White circle	Otros

Leyenda Código de Colores Tubería: Diámetro (mm)	
Red line	<= 58.0
Blue line	<= 83.0
Purple line	<= 101.6
Pink line	<= 147.6
Black line	Other

TUTOR: _____

ING. DAVID QUEVEDO PESÁNTEZ

REALIZADO POR:

DIANA CORONEL VIVAR

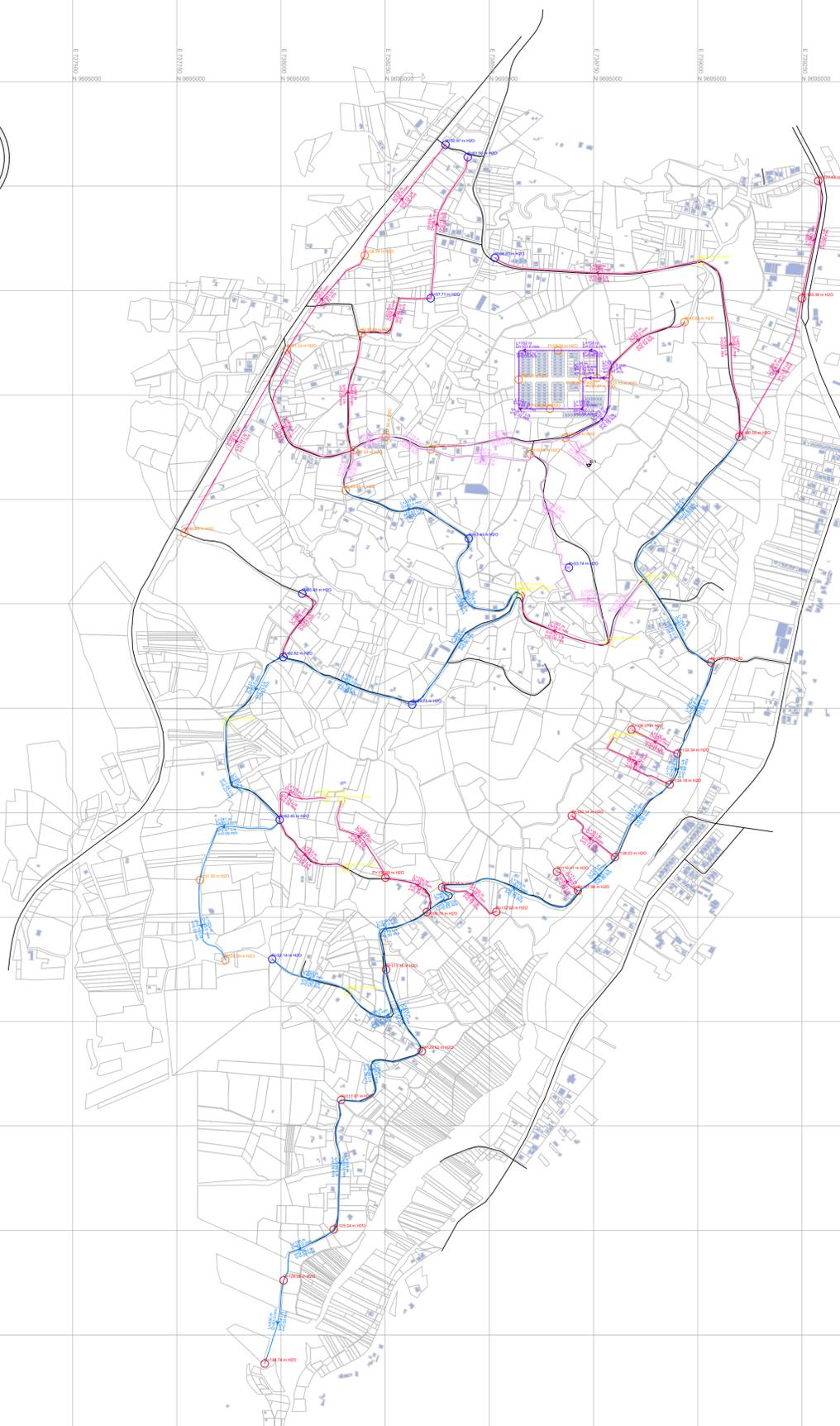
CONTIENE:

MODELACIÓN HIDRÁULICA
CAUDAL MÁXIMO DIARIO MÁS
INCENDIO, AÑO 2032

Escala: 1:7000



UBICACIÓN:



Dirección del flujo



Vías y caminos



Casas



Reserva Bellavista

P=26.82 m H2O

Presión

L=282 m

Longitud

D=58.0 mm

Diámetro interno

q=0.18 L/s

Caudal

v=0.07 m/s

Velocidad

CÓDIGO DE COLORES

Leyenda Código de Colores Nudo: Presión (m H2O)	
Green circle	<= 10.00
Orange circle	<= 50.00
Blue circle	<= 70.00
Yellow circle	<= 100.00
Red circle	<= 120.00
White circle	Otros

Leyenda Código de Colores Tubería: Diámetro (mm)	
Red line	<= 58.0
Blue line	<= 83.0
Purple line	<= 101.6
Pink line	<= 147.6
White line	Other

TUTOR: _____

ING. DAVID QUEVEDO PESÁNTEZ

REALIZADO POR:

DIANA CORONEL VIVAR

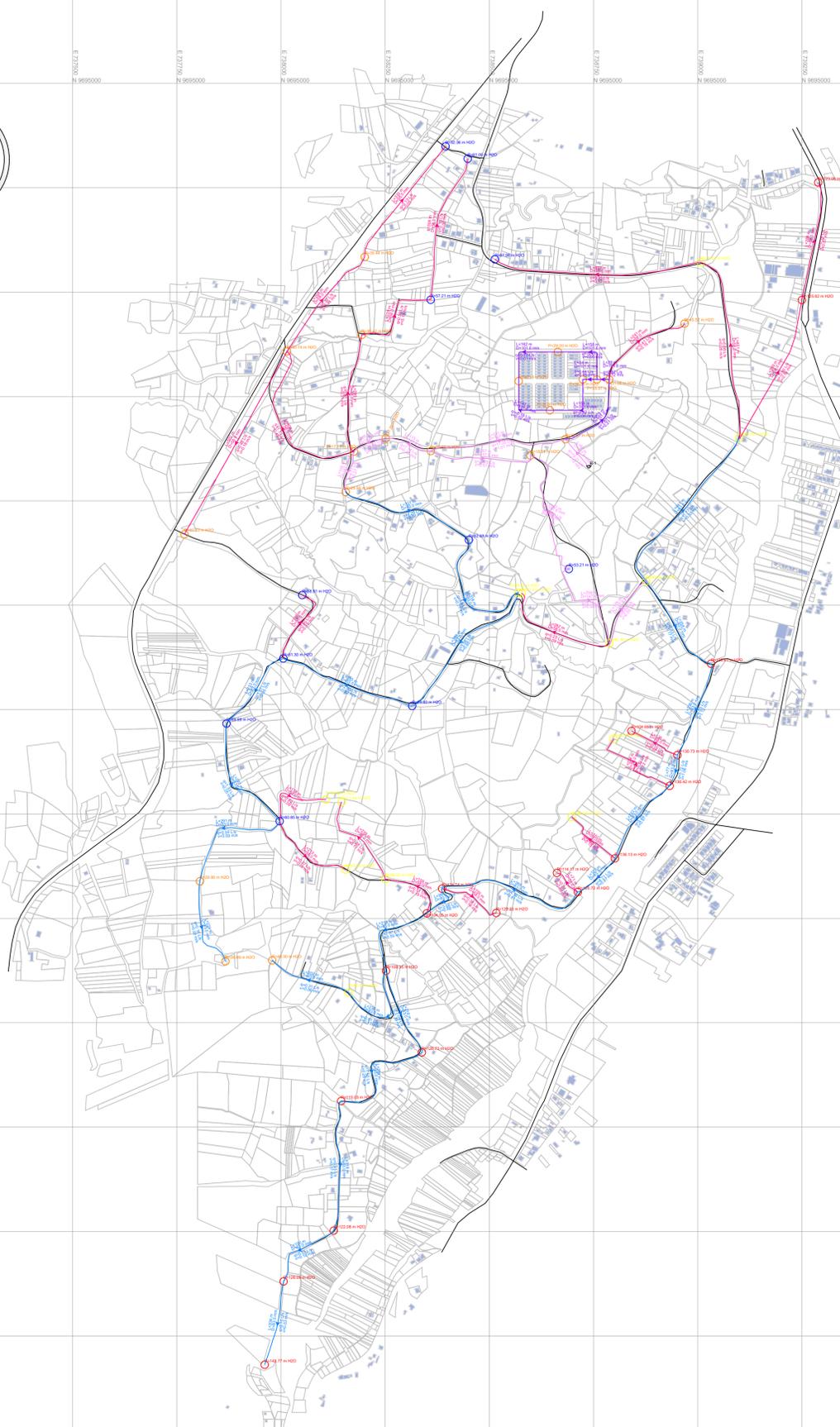
CONTIENE:

MODELACIÓN HIDRÁULICA
CAUDAL MÁXIMO DIARIO MÁS
INCENDIO, AÑO 2037

Escala: 1:7000



UBICACIÓN:



Dirección del flujo



Vías y caminos



Casas



Reserva Bellavista

P=26.82 m H2O

Presión

L=282 m

Longitud

D=58.0 mm

Diámetro interno

q=0.18 L/s

Caudal

v=0.07 m/s

Velocidad

CÓDIGO DE COLORES

Leyenda Código de Colores Nudo: Presión (m H2O)	
Green circle	<= 10.00
Orange circle	<= 50.00
Blue circle	<= 70.00
Yellow circle	<= 100.00
Red circle	<= 120.00
White circle	Otros

Leyenda Código de Colores Tubería: Diámetro (mm)	
Red line	<= 58.0
Blue line	<= 83.0
Purple line	<= 101.6
Pink line	<= 147.6
White line	Other

TUTOR: _____

ING. DAVID QUEVEDO PESÁNTEZ

REALIZADO POR:

DIANA CORONEL VIVAR

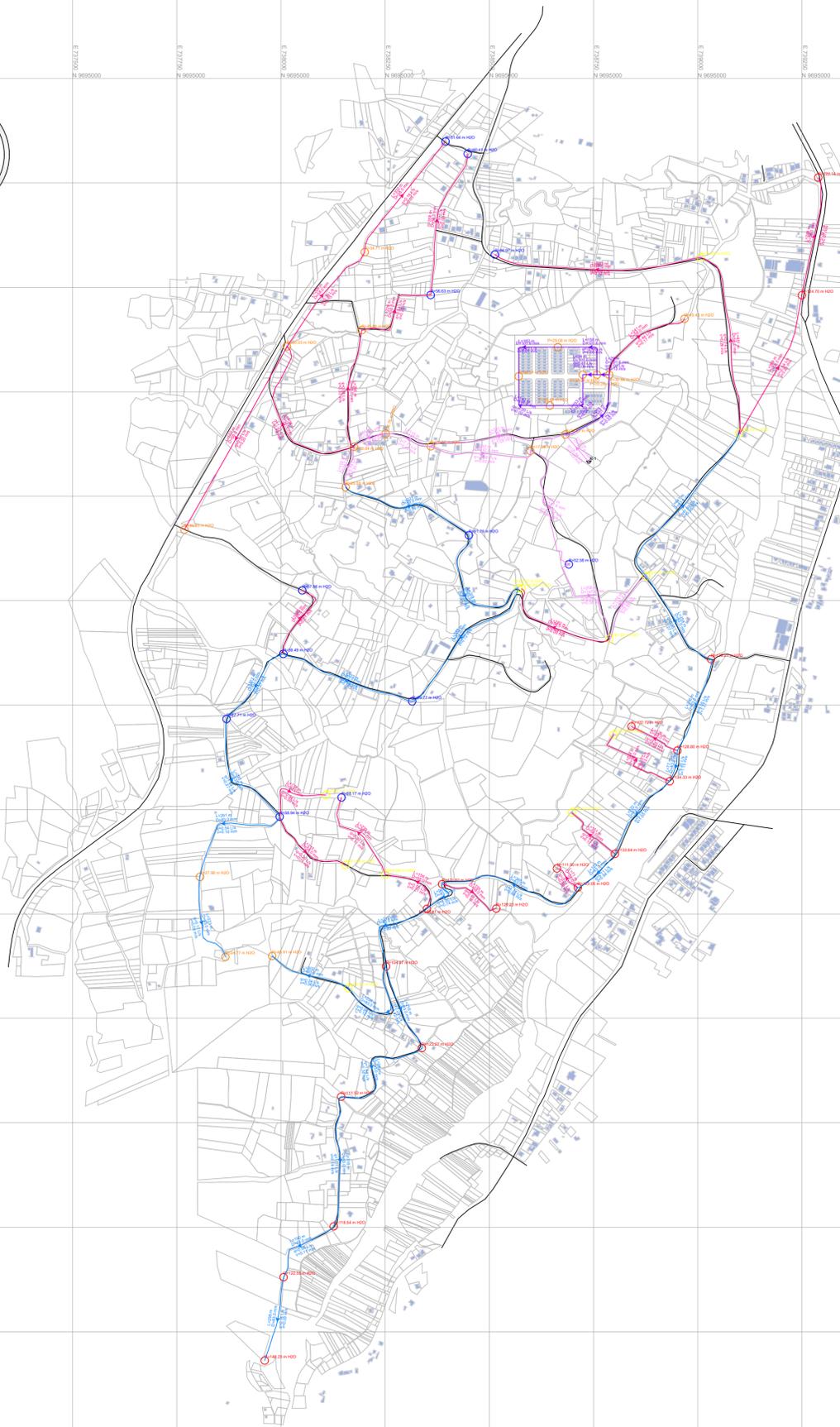
CONTIENE:

MODELACIÓN HIDRÁULICA
CAUDAL MÁXIMO DIARIO MÁS
INCENDIO, AÑO 2042

Escala: 1:7000



UBICACIÓN:



Dirección del flujo



Vías y caminos



Casas



Reserva Bellavista

P=26.82 m H2O

Presión

L=282 m

Longitud

D=58.0 mm

Diámetro interno

q=0.18 L/s

Caudal

v=0.07 m/s

Velocidad

CÓDIGO DE COLORES

Leyenda Código de Colores Nudo: Presión (m H2O)	
Green circle	<= 10.00
Orange circle	<= 50.00
Blue circle	<= 70.00
Yellow circle	<= 100.00
Red circle	<= 120.00
White circle	Otros

Leyenda Código de Colores Tubería: Diámetro (mm)	
Red line	<= 58.0
Blue line	<= 83.0
Purple line	<= 101.6
Pink line	<= 147.6
White line	Other

TUTOR: _____

ING. DAVID QUEVEDO PESÁNTEZ

REALIZADO POR:

DIANA CORONEL VIVAR

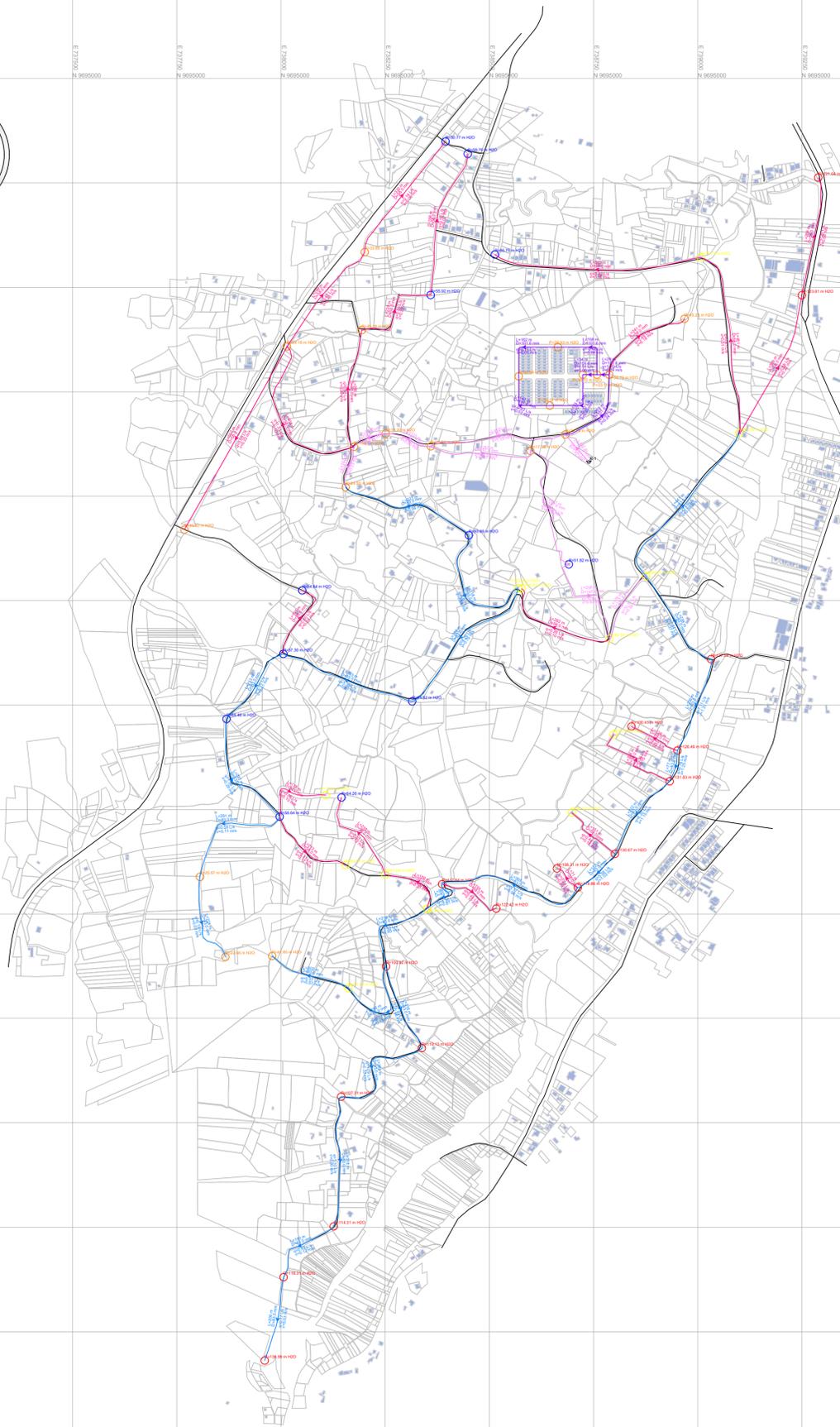
CONTIENE:

MODELACIÓN HIDRÁULICA
CAUDAL MÁXIMO DIARIO MÁS
INCENDIO, AÑO 2047

Escala: 1:7000



UBICACIÓN:



Dirección del flujo



Vías y caminos



Casas



Reserva Bellavista

P=26.82 m H2O

Presión

L=282 m

Longitud

D=58.0 mm

Diámetro interno

q=0.18 L/s

Caudal

v=0.07 m/s

Velocidad

CÓDIGO DE COLORES

Leyenda Código de Colores Nudo: Presión (m H2O)	
Green circle	<= 10.00
Orange circle	<= 50.00
Blue circle	<= 70.00
Yellow circle	<= 100.00
Red circle	<= 120.00
White circle	Otros

Leyenda Código de Colores Tubería: Diámetro (mm)	
Red line	<= 58.0
Blue line	<= 83.0
Purple line	<= 101.6
Pink line	<= 147.6
White line	Other

TUTOR: _____

ING. DAVID QUEVEDO PESÁNTEZ

REALIZADO POR:

DIANA CORONEL VIVAR

CONTIENE:

MODELACIÓN HIDRÁULICA
CAUDAL MÁXIMO DIARIO MÁS
INCENDIO, AÑO 2052

Escala: 1:7000



Diana Karolina Coronel Vivar portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0302713169**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación “**Evaluación y propuesta de mejora en la medición de caudales del sistema de agua potable Bellavista de la ciudad de Azogues**” de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Azogues, **17 de marzo de 2023**.

F: 

Diana Karolina Coronel Vivar

C.I. 0302713169