



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Civil

**Evaluación de las Conducciones y Sectores de Distribución del Sistema de
Agua Potable de Sayausí.**

Trabajo previo a la obtención del grado académico de:

Ingeniero Civil

Autores:

Mateo Sebastian Sinchi Brito

Brayan Fernando Sarango Montalvo

Director:

Ing. Javier Fernández de Córdova.

Cuenca-Ecuador

2023

DEDICATORIA

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por la sabiduría brindada a lo largo de este trayecto, a mi familia por su amor incondicional, su apoyo constante y su comprensión durante los largos días y noches dedicados a esta investigación. Su paciencia y aliento han sido la base sobre la cual construí este logro.

Dedico este trabajo de tesis a todas aquellas personas que han sido fundamentales en mi camino hacia la culminación de este proyecto, que, de alguna manera, han contribuido al avance del conocimiento en mi área de estudio.

Brayan Sarango Montalvo.

Dedico esta tesis a mi familia, quienes han sido mi mayor apoyo en el transcurso de esta etapa y una fuente de inspiración a lo largo de mi vida. También a todos mis amigos que me acompañaron a largo de estos años.

Mateo Sinchi Brito.

AGRADECIMIENTO

A nuestro director Ing. Javier Fernández de Córdova le agradecemos profundamente su orientación experta y su compromiso durante todo el desarrollo de este proyecto. Sus conocimientos y valiosas sugerencias han sido clave para la genuinidad de los resultados obtenidos.

También deseamos expresar nuestra gratitud hacia nuestros amigos y compañeros de estudio, quienes han sido una fuente inquebrantable de amistad, aliento y apoyo moral a lo largo de este arduo proceso. Asimismo, nos gustaría extender nuestro agradecimiento a los ingenieros que generosamente compartieron con nosotros su invaluable conocimiento y experiencia durante esta etapa de formación, impulsándonos hacia la excelencia profesional que aspiramos alcanzar.

Sarango y Sinchi.

RESUMEN

El estudio actual se basa en la evaluación de la conducción que va desde el tanque de reserva Sayausí hasta el tanque de reserva San Miguel de Putushi Alto, del cual también se evaluará la capacidad. Para la evaluación se obtuvo la información base de la empresa Etapa Ep, la conducción cuenta con un caudal regular de 15 litros sobre segundo, tiene una longitud de 1982.32 m con un diámetro de tubería de 200mm de PVC y dos tanques con un volumen de 200m³, se realizó el análisis de las presiones, velocidad y pérdida de carga; para los próximos 30 años mediante modelación hidráulica en un software especializado. Finalmente, se presentan medidas para mejorar la conducción en un futuro.

Palabras clave: caudal, conducción, modelación hidráulica, presiones, pérdida de carga, tanque de reserva.

Abstract:

The present study is based on the evaluation about the transportation of water which starts from Sayausi reserve tank until San Miguel of Putushi Alto reserve tank, and its capacity will be evaluated too. Similarly, the search obtained basic information from the E.T.A.P.A. E.P. company, It showed that the two tanks count have a volume of 200m³, and their distance is 1982.32 m. Also, these tanks count have a regular flow of 15 liters per second with a PVC pipe diameter of 200 mm³. The analysis of pressure, speed, and loss of load was measured.

Furthermore, this process will be developed on the following 30 years by using hydraulic modeling in modern software. At the end, measurements will be presented for future conduction improvements.

Keywords: flow, hydraulic modeling, loss of load, pressure, reserve tank, transportation.



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

Este certificado consta de: 1 página

INDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
INDICE	iv
LISTADO DE FIGURAS	viii
LISTADO DE TABLAS.....	ix
LISTADO DE ECUACIONES.....	x
1 CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Alcance	1
1.3 Problema y Justificación.....	1
1.4 Objetivo general:.....	2
1.5 Objetivos específicos	2
2 CAPITULO II: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	3
2.1 Generalidades.....	3
2.1.1 Temperatura de la ciudad de Cuenca	3
2.1.2 Precipitación en la ciudad de Cuenca.....	3
2.2 Descripción del sistema	4
2.3 Sistema Sayausí	5
2.3.1 Generalidades del Sistema Sayausí	5
2.3.2 Nota. de abastecimiento	6
2.3.3 Aducciones.....	6
2.3.4 Planta de Tratamiento.....	7
2.3.5 Conducciones de agua tratada	7
2.3.6 Tanques de Reserva.....	7
2.3.7 Redes de Distribución	7
3 CAPITULO III: CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN.....	9
3.1 Descripción de un sistema de un sistema de agua potable.....	9
3.1.1 Sistema de agua potable	9
3.1.1.1 Captación	9
3.1.1.2 Línea de conducción	10
3.1.1.2.1 Factores a considerar.....	10

3.1.1.2.2	Metodología para el diseño	11
3.1.1.3	Tanques de Almacenamiento.....	11
3.1.1.3.1	Funciones de un tanque de reserva.....	12
3.1.1.3.2	Ubicación del tanque de reserva.....	13
3.1.1.4	Red de distribución	14
3.1.1.4.1	Red de distribución abierta.....	14
3.1.1.4.2	Red de distribución cerrada.....	15
3.1.1.4.3	Acometidas domiciliarias.....	16
3.2	Normativa Vigente.....	16
3.2.1	Normativa de Diseño.....	16
3.3	Periodo de Diseño.....	17
3.3.1	Población de Diseño.....	18
3.3.2	Población Actual	18
3.3.3	Población Futura	18
3.4	Dotación.....	21
3.4.1	Estimación de la dotación neta del agua	22
3.4.2	Estimación de la dotación bruta del agua.....	23
3.4.3	Dotación en área rural	23
3.5	Caudales.....	24
3.5.1	Factores de Consumo Máximo Diario y Máximo Horario.	25
3.5.2	Caudal medio Diario (q).....	25
3.5.3	Caudal máximo diario (QMD).....	25
3.5.4	Caudal Máximo Horario.....	26
3.6	Perdidas de Carga	26
3.6.1	Carga Disponible.....	26
3.6.2	Perdidas por fricción.	27
3.6.3	Perdidas menores o locales	33
3.6.4	Perdidas por el cambio de dirección del fluido	34
3.6.5	Perdidas de Carga Unitaria.....	34
3.6.6	Perdidas de carga por tramo.....	35
3.7	Línea de gradiente hidráulica o Línea piezométrica	35
3.8	Presiones en conducciones.....	36
3.9	Presión piezométrica.....	36
3.9.1	Presión estática.....	37

3.9.2	Presión dinámica	37
3.10	Golpe de Ariete	37
3.10.1	Maniobras que inducen el golpe de ariete	38
3.10.2	Factores que influyen en el golpe de ariete	38
3.10.3	Cálculo del golpe de ariete	39
3.11	Velocidades	41
3.11.1	Velocidad Máxima admisible	41
3.11.2	Velocidad mínima admisible	42
3.12	Volúmenes de almacenamiento	42
3.12.1	Volumen medio diario	42
3.12.2	Volumen de regulación	42
3.12.3	Volumen de protección contra incendios (V_i)	43
3.12.4	Volumen de emergencias (V_e)	44
3.13	Estructuras y accesorios complementarios	44
3.13.1	Válvulas de aire	44
3.13.2	Válvulas de purga o vaciado	46
4	CAPITULO IV: EVALUACIÓN DEL SISTEMA Y PLANTEAMIENTO DE MEJORAS.	
	47	
4.1	Información necesaria para la modelación.	47
4.1.1	Proyecciones de Población	47
4.1.1.1	Periodo de diseño	47
4.1.1.2	Población actual	47
4.1.1.3	Población futura	47
4.1.1.3.1	Método aritmético	47
4.1.1.3.2	Método Geométrico	49
4.1.1.3.3	Método exponencial	50
4.1.2	Dotación de agua	51
4.1.3	Caudales de demanda	51
4.1.3.1	Caudal medio diario (Q_{md})	51
4.1.3.2	Factores de Consumo Máximo Diario y Máximo Horario	51
4.1.3.3	Caudal máximo Diario (Q_{MD})	51
4.1.3.4	Caudal Máximo Horario	51
4.1.3.5	Caudal de diseño	51
4.1.4	Presiones	53

4.1.4.1	Presión estática.....	53
4.1.4.2	Presión Dinámica	53
4.2	Evaluación de la conducción.	53
4.3	Evaluación de la capacidad del tanque de reserva	70
4.3.1	Volumen medio diario (Vmed)	70
4.3.2	Volumen de regulación (Vreg).....	70
4.3.3	Volumen de incendio (V inc).....	71
4.3.4	Volumen de Emergencia (Ve).....	71
4.3.5	Volumen total (Vt)	71
4.4	Modelamiento propuesto para la conducción	72
4.5	Presupuesto de las mejoras planteadas.	75
4.6	Cantidades de obra.....	75
4.7	Presupuesto referencial	76
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		78
Conclusiones.....		78
Recomendaciones		78
LISTA DE REFERENCIAS		79

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2.1. <i>Descripción de la temperatura de la ciudad de Cuenca</i>	3
Figura 2.2. <i>Precipitaciones en la ciudad de Cuenca</i>	4
Figura 2.3. <i>Parroquia de Sayausí</i>	5
Figura 2.4. <i>Localización del sistema Sayausí, incluyendo la conducción y los tanques de reserva</i>	6
Figura 2.5. <i>Descripción y longitud de la conducción de agua tratada</i>	7
Figura 3.1. <i>Tipos de reservorios apoyado y elevado</i>	12
Figura 3.2. <i>Ubicación del tanque de reserva</i>	13
Figura 3.3. <i>Sistema abierto o ramificado</i>	15
Figura 3.4. <i>Sistema cerrado o mallado</i>	16
Figura 3.5. <i>Carga disponible en la línea de conducción</i>	27
Figura 3.6. <i>Línea de gradiente hidráulica</i>	36
Figura 3.7. <i>Golpe de Ariete</i>	38
Figura 3.8. <i>Válvula de aire</i>	45
Figura 4.1. <i>Tasa de crecimiento poblacional</i>	47
Figura 4.2. <i>Resultados del Método Aritmético</i>	48
Figura 4.3. <i>Resultados del Método Geométrico</i>	49
Figura 4.4. <i>Resultados del Método Exponencial</i>	50
Figura 4.5. <i>Caudales de demanda</i>	52
Figura 4.6. <i>Modelo Hidráulico de la Conducción de agua potable del sistema de Sayausí</i>	54
Figura 4.7. <i>Perfil de la conducción 2023</i>	55
Figura 4.8. <i>Perfil de la conducción 2025</i>	57
Figura 4.9. <i>Perfil de la conducción 2030</i>	59
Figura 4.10. <i>Perfil de la conducción 2035</i>	61
Figura 4.11. <i>Perfil de la conducción 2040</i>	63
Figura 4.12. <i>Perfil de la conducción 2045</i>	65
Figura 4.13. <i>Perfil de la conducción 2050</i>	67
Figura 4.14. <i>Perfil de la conducción 2053</i>	69
Figura 4.15. <i>Volúmenes</i>	72
Figura 4.16. <i>Perfil de la conducción con su rediseño para el año 2053</i>	74

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3.1. <i>Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable</i>	17
Tabla 3.2. <i>Dotación para la zona rural de Cuenca</i>	24
Tabla 3.3. <i>Caudales para un sistema de abastecimiento de Agua potable</i>	24
Tabla 3.4. <i>Valores de viscosidad cinemática</i>	28
Tabla 3.5. <i>Coefficientes de fricción de un flujo turbulento</i>	30
Tabla 3.6. <i>Valores para el coeficiente C, Norma CO 10.07-601</i>	32
Tabla 3.7. <i>Valores del Coeficiente C, ETAPA EP</i>	32
Tabla 3.8. <i>Valores de K para los accesorios más comunes en una red de agua potable</i>	33
Tabla 3.9. <i>Coeficiente de Rugosidad</i>	35
Tabla 3.10. <i>Módulo de elasticidad del material de tubería</i>	40
Tabla 3.11. <i>Velocidad máxima en tuberías para redes de distribución</i>	41
Tabla 3.12. <i>Diámetros de orificio de válvulas de aire</i>	45
Tabla 3.13. <i>Diámetro de la válvula de purga</i>	46
Tabla 4.1. <i>Resultados del Método Aritmetico</i>	48
Tabla 4.2. <i>Resultados del Método Geométrico</i>	49
Tabla 4.3. <i>Resultados del Método Exponencial</i>	50
Tabla 4.4. <i>Caudales de demanda</i>	52
Tabla 4.5. <i>Resultados de evaluación de conducción del sistema Sayausí 2023</i>	54
Tabla 4.6. <i>Resultados de evaluación de conducción del sistema Sayausí 2025</i>	56
Tabla 4.7. <i>Resultados de evaluación de conducción del sistema Sayausí 2030</i>	58
Tabla 4.8. <i>Resultados de evaluación de conducción del sistema Sayausí 2035</i>	60
Tabla 4.9. <i>Resultados de evaluación de conducción del sistema Sayausí 2040</i>	62
Tabla 4.10. <i>Resultados de evaluación de conducción del sistema Sayausí 2045</i>	64
Tabla 4.11. <i>Resultados de evaluación de conducción del sistema Sayausí 2050</i>	66
Tabla 4.12. <i>Resultados de evaluación de conducción del sistema Sayausí 2053</i>	68
Tabla 4.13. <i>Tabla de Volúmenes</i>	71
Tabla 4.14. <i>Tabla con el rediseño de la conducción del año 2053</i>	73
Tabla 4.15. <i>Cantidades de obra</i>	75
Tabla 4.16. <i>Presupuesto Referencial</i>	77

LISTADO DE ECUACIONES

Ecuación 3.1.....	19
Ecuación 3.2.....	19
Ecuación 3.3.....	20
Ecuación 3.4.....	20
Ecuación 3.5.....	21
Ecuación 3.6.....	23
Ecuación 3.7.....	25
Ecuación 3.8.....	25
Ecuación 3.9.....	25
Ecuación 3.10.....	25
Ecuación 3.11.....	26
Ecuación 3.12.....	26
Ecuación 3.13.....	28
Ecuación 3.14.....	28
Ecuación 3.15.....	28
Ecuación 3.16.....	29
Ecuación 3.17.....	29
Ecuación 3.18.....	30
Ecuación 3.19.....	30
Ecuación 3.20.....	31
Ecuación 3.21.....	31
Ecuación 3.22.....	33
Ecuación 3.23.....	34
Ecuación 3.24.....	34
Ecuación 3.25.....	35
Ecuación 3.26.....	35
Ecuación 3.27.....	35
Ecuación 3.28.....	37
Ecuación 3.29.....	37
Ecuación 3.30.....	39
Ecuación 3.31.....	39
Ecuación 3.32.....	39
Ecuación 3.33.....	40
Ecuación 3.34.....	41
Ecuación 3.35.....	41
Ecuación 3.36.....	42
Ecuación 3.37.....	43
Ecuación 3.38.....	43
Ecuación 3.39.....	44

1 CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La red de distribución de agua potable de la comunidad de Sayausí, es una de las más antiguas que existen teniendo un funcionamiento de más de 30 años aproximadamente, por lo cual se ha decidido realizar un análisis en la conducción, debido a que se podrá ver afectada por el aumento del número de usuarios que quieren utilizar este servicio y a su vez evidenciar la capacidad de los tanques de reserva, por lo que la directiva ha tomado la decisión de plantear un análisis correspondiente de la conducción y con ello realizar las mejoras necesarias para el servicio de agua potable.

1.2 Alcance

El estudio tiene como finalidad la Evaluación de las conducciones y sectores de distribución del sistema de agua potable Sayausí del cantón Cuenca, y de esta manera encontrar los diferentes problemas que puede presentar. Para la evaluación se ha propuesto como inicio realizar un levantamiento de información de la red actual lo que dará un informe preciso de su estado, para más adelante poder brindar un mejor abastecimiento de agua para los usuarios, teniendo en consideración un aumento en la población que ocupa el servicio de agua potable de la parroquia, siguiendo todos los parámetros técnicos, normativos y metodológicos que aseguren la eficacia y seguridad del proyecto. Además, se realizará un presupuesto de las mejoras planteadas.

1.3 Problema y Justificación

El sistema de agua potable de Sayausí tiene alrededor de 30 años de funcionamiento, la captación proviene del río Culebrillas, dispone de dos tanques de 200 m³ y una red que abastece a las áreas de Buenos aires, Sayausí, Bellavista, San Miguel, San José de Balzay y parte alta de Río Amarillo. La conducción se ve afectada por el incremento exponencial del consumo de usuarios, pudiendo llegar a su capacidad antes del tiempo estimado, perjudicando al sector con una saturación en las horas de máxima demanda, por lo cual dejaría de abastecer a los consumidores. También, los tanques de reserva presentan saturaciones, dejando así de funcionar correctamente ante las necesidades de la población futura.

Por lo tanto, se aplicará una evaluación de las conducciones utilizando los conocimientos impartidos en las materias de Abastecimiento de agua e Hidráulica, así como algunos softwares

para la representación de datos, dándonos a conocer el estado en el que se encuentra y por ende proveer recomendaciones, teniendo en cuenta la cercanía y la disponibilidad del sistema de Culebrillas para la optimización de la infraestructura de agua potable.

1.4 Objetivo general:

Realizar la evaluación de las conducciones y tanques de reserva del sistema de agua potable de Sayausí para visualizar sus deficiencias actuales y futuras.

1.5 Objetivos específicos

- Levantamiento de información.
- Evaluar la conducción de agua potable
- Evaluar la capacidad de las reservas
- Elaborar un presupuesto con sus rubros necesarios para las mejoras planteadas

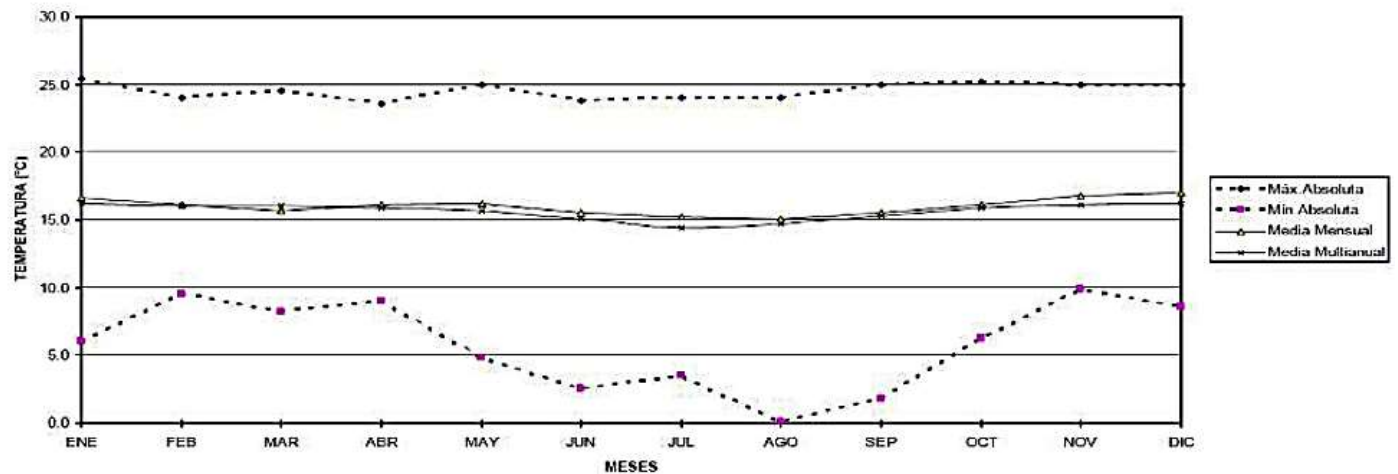
2 CAPITULO II: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

2.1 Generalidades

2.1.1 Temperatura de la ciudad de Cuenca

Según estudios de ETAPA EP en la ciudad de Cuenca predomina el clima templado con temperaturas medias que oscilan entre los 12 °C y los 18 °C, en la siguiente figura se aprecia la distribución de la temperatura en un año.

Figura 2.1. Descripción de la temperatura de la ciudad de Cuenca

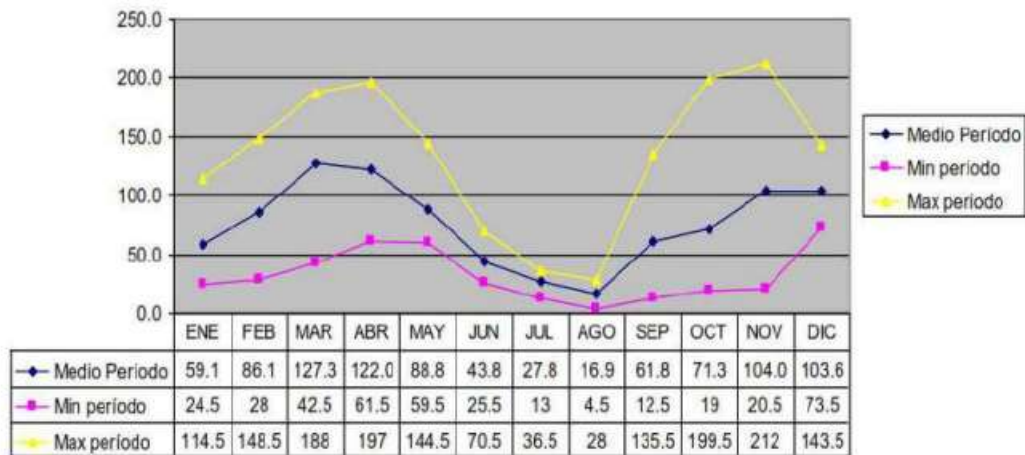


Nota. Elaboración equipo consultor (2023), adaptado de ETAPA EP (2023).

2.1.2 Precipitación en la ciudad de Cuenca

Obteniendo la información de ETAPA EP la precipitación en la ciudad de Cuenca se ha identificado como bimodal, con picos de precipitación en los periodos marzo – mayo y octubre – noviembre, la época seca se da en el periodo junio – septiembre, las precipitaciones son: máxima 1270 mm, media 900 mm y mínima 760 mm. En la siguiente figura se puede observar las precipitaciones máximas, medias y mínimas para la ciudad de Cuenca.

Figura 2.2. Precipitaciones en la ciudad de Cuenca.

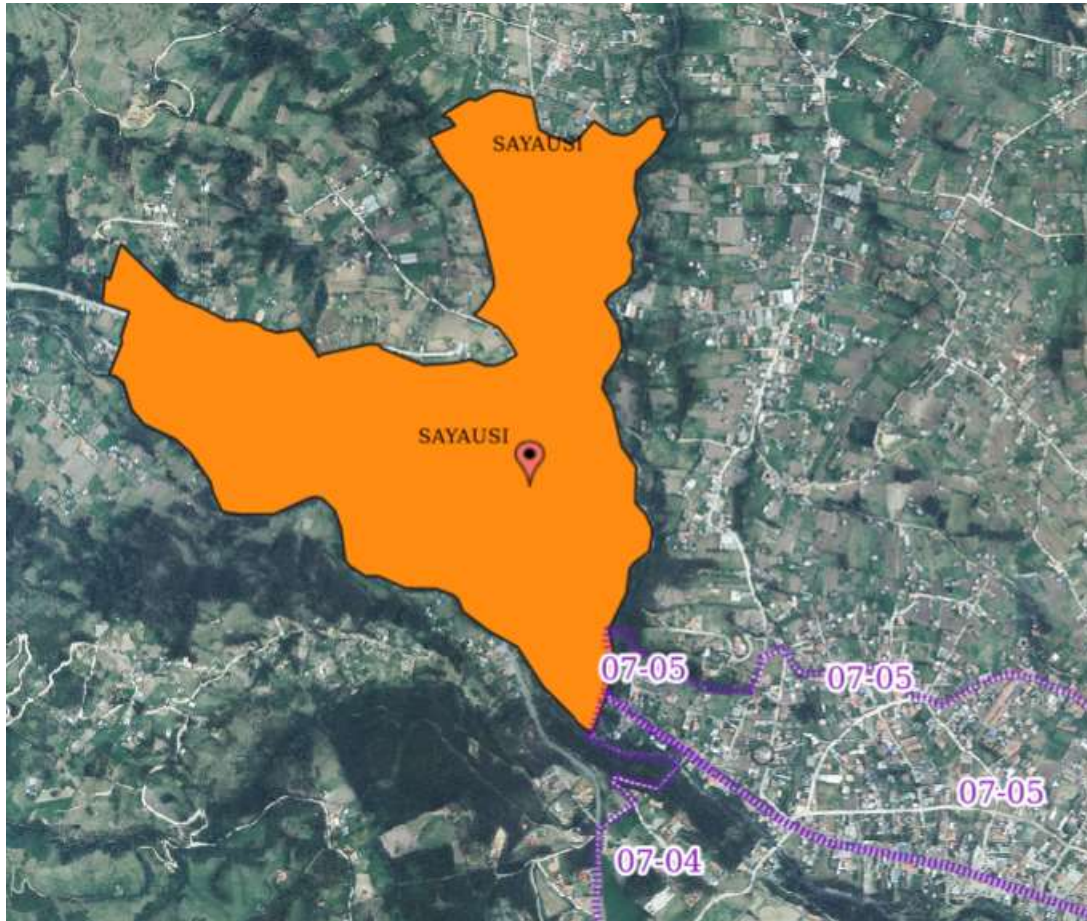


Nota. Elaboración equipo consultor (2023), adaptado de ETAPA EP (2023).

2.2 Descripción del sistema

La parroquia de Sayausí se aprecia en la Figura 2.3, se encuentra en el cantón de Cuenca. Se ubica al noroeste de la ciudad a una distancia de 8.0 kilómetros, a una altitud de 2650 metros sobre el nivel del mar. La temperatura promedio es de 15 grados centígrados. Se comunica con Cuenca por una carretera asfaltada. Este sistema se ubica principalmente en el área de servicio de Culebrillas, pero su parte inferior se encuentra en el área de servicio de Yanuncay. Crece a lo largo de la Carretera Cuenca-Naranjal, donde parten pequeños caminos que conectan con otros pueblos de la parroquia. El área de servicio se ubica entre los 2820 m por el norte, el río Tomebamba por el sur, el valle de Sacay por el este y la población del Gulag por el oeste, cubriendo las siguientes áreas: Buenos Aires, Sayausí, Bellavista, San Miguel, San José de Balzay y la parte alta del Río Amarillo. Su superficie es de 577,62 hectáreas.

Figura 2.3. Parroquia de Sayausí



Nota. Elaboración propia (2023), adaptado de Geo Portal del Gad Municipal de Cuenca (2023).

2.3 Sistema Sayausí

2.3.1 Generalidades del Sistema Sayausí

Se trata de un sistema antiguo en el cual se han realizado varias ampliaciones, hoy en día existen pequeños sistemas de agua entubada.

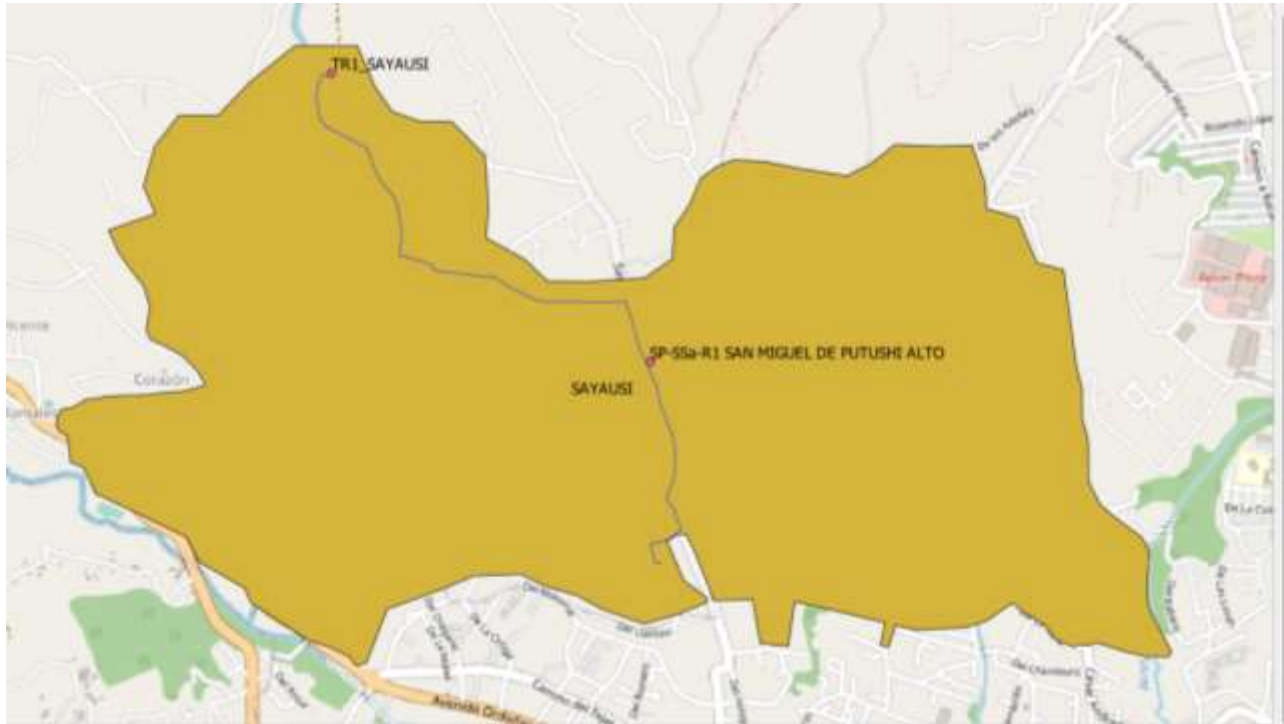
La operación y mantenimiento tanto de la actual red de distribución como de la planta de tratamiento son realizadas por ETAPA.

En la Figura 2.4 se muestra el esquema general del suministro de agua potable para este sistema de abastecimiento, donde se incluye líneas de conducción y tanques de almacenamiento.

De los datos proporcionados por Etapa EP se obtuvo el número de usuarios de enero del año 2023 el cual tiene un valor de 1829, la población dentro del área del proyecto se estimó multiplicando

el número de usuarios por el factor 3.73 dándonos un total de 6822 habitantes distribuidos en 577.62 hectáreas. La población proyectada para el año 2055 se estima en 20961 habitantes, y la dotación de agua potable en 180 l/hab-día según la tabla 3.2.

Figura 2.4. Localización del sistema Sayausí, incluyendo la conducción y los tanques de reserva.



Nota. Elaboración propia (2023).

El centro parroquial cuenta con sistema de agua potable, alcantarillado sanitario, energía eléctrica, y red telefónica.

2.3.2 Nota. de abastecimiento

La Nota. de abastecimiento de este sistema es el río Culebrillas. La captación se realiza en el canal de agua no tratada proveniente de la toma de Paquitranca, perteneciente al sistema Tomebamba.

2.3.3 Aducciones

Tomando en cuenta el documento de ETAPA, la aducción desde la captación de Paquitranca hasta el desarenador actualmente se realiza mediante tubería de PVC de 200 mm de diámetro ubicada al fondo del canal, y que tiene una longitud aproximada de 15 m.

El desarenador se encuentra construido dentro del cerramiento de la planta de tratamiento, tiene las siguientes dimensiones 4,8 m. de largo, 1,05 m. de ancho y profundidad, el volumen para lodos es de 0,8 m³ (ETAPA Memoria 10 – Diagnostico de la Infraestructura de Agua Potable).

2.3.4 Planta de Tratamiento

Con la información brindada por ETAPA se obtuvo que la planta está conformada por las siguientes unidades: coagulación, filtración gruesa ascendente (dos unidades), precedida por filtración descendente. Cuenta con un tanque de almacenamiento para el lavado de los filtros, y otro de reserva (ETAPA Memoria 10 – Diagnostico de la Infraestructura de Agua Potable).

2.3.5 Conducciones de agua tratada

La conducción desde el tanque de reserva número uno (parte superior) al número dos (parte inferior), se da mediante una tubería de PVC de 200 mm, con una extensión de 1982.32 m de conducción de agua tratada.

Figura 2.5. Descripción y longitud de la conducción de agua tratada.

OBJECTO	TIPO	CAPA1	SISTEMA	PARROQUIA	TIP_CON	VOL_CON	DIA_CON	MAT_CON1	CLA_PRE	OBSERVA
1	320	2: 104_cat_cnd_sbr_160	SARANSI	SARANSI	AGUA TRATADA	865.389112957999964	160	PVC	NULL	TUBERIA SIN SERVICIO VALVULA CERRADA EN TANQ
2	315	2: 104_cat_cnd_sbr_200	SARANSI	SARANSI	AGUA TRATADA	1982.312150819999958	200	PVC	NULL	NULL

Nota. Elaboración propia (2023).

2.3.6 Tanques de Reserva

La unidad de reserva es un tanque circular de hormigón armado de 200 m³ de capacidad existente en la planta de tratamiento, servirá al sector alto y otra de 200 m³ para el sector bajo.

2.3.7 Redes de Distribución

Por medio del documento brindado por ETAPA se sabe que la red de distribución proyectada es de tipo mixta, con mallas cerradas y ramales abiertos; el material de las tuberías es de PVC; los diámetros varían entre 200 a 63 mm, se ha previsto la división de la distribución en dos zonas de servicio en función de presiones máximas y mínimas (ETAPA Memoria 10 – Diagnostico de la Infraestructura de Agua Potable).

A la fecha el sistema de distribución está formado por tuberías de pequeño diámetro de PVC y Polietileno.

3 CAPITULO III: CRITERIOS PARA LA EVALUACIÓN

3.1 Descripción de un sistema de un sistema de agua potable

3.1.1 Sistema de agua potable

Un sistema de abastecimiento de agua potable engloba todas las infraestructuras, edificaciones y equipos empleados con el fin de garantizar un suministro constante de agua en cantidad y calidad adecuadas para el consumo humano en una comunidad. Además, se asegura de mantener la presión necesaria para proporcionar un servicio óptimo a los usuarios. (Valdez, 1990).

Dependiendo de la topografía del terreno y de la diferencia de alturas entre la Nota. de extracción y la población servida, existen dos tipos de redes domiciliarias de agua:

- a) Los sistemas de abastecimiento de agua potable por gravedad son predominantes en áreas montañosas, donde se aprovecha la configuración del terreno para llevar el agua de la cuenca a las zonas más bajas, donde se encuentra la población que necesita el suministro (Recalde K. & Asqui D, 2021).
- b) Los sistemas de abastecimiento de agua potable mediante bombeo se caracterizan por utilizar equipos de bombeo para transportar el agua desde el lugar de captación hasta la planta de tratamiento, además de contar con reservorios o depósitos para su almacenamiento. Estos sistemas suelen estar estratégicamente ubicados para aprovechar su elevación con respecto a la comunidad a la que brindan el servicio. Asimismo, existen dos tipos de captación en los sistemas de bombeo: la captación de aguas superficiales (como ríos y lagos) y la captación de otras Nota.s de aguas subterráneas (Recalde K. & Asqui D, 2021).

Los elementos principales de un sistema de abastecimiento de agua son:

- Captación.
- Planta de tratamiento.
- Línea de conducción.
- Reserva.
- Red de distribución.

3.1.1.1 Captación

Con el argumento de (Stauffer y Spuhler, s/f) un área de captación es un conjunto de obras de ingeniería y equipos diseñados para tomar una cierta cantidad de agua de una Nota. seleccionada

y transportarla a través de las tuberías del sistema. Estas operaciones se pueden realizar tanto en aguas superficiales (ríos, arroyos, riachuelos, lagos, lagunas) como subterráneas (manantiales, túneles de filtrado, pozos someros y profundos).

3.1.1.2 Línea de conducción

Es la parte del sistema encargada de transportar el agua desde un sitio de captación (ya sea por gravedad o por bombeo) hasta una planta de tratamiento o tanque de almacenamiento dependiendo de la configuración de la red de agua potable.

Algunos de los accesorios que se deben instalar en la tubería, ya sea por gravedad o por bombeo, son válvulas de aire, válvulas de purga, válvulas de alivio, válvulas de alivio de presión y cámaras de ubicación y su número es variable según el proyecto.

La función principal de una tubería en un sistema es servir como conducto para transportar agua de un lugar a otro; Estos tubos están hechos de diferentes materiales como:

fibrocemento, policloruro de vinilo (PVC), polietileno de alta densidad, acero, fundición dúctil, hierro galvanizado, etc.

Los ramales de servicio deben seguir los contornos del sitio tanto como sea posible y estar dispuestos para facilitar la inspección y el mantenimiento (Recalde K. & Asqui D, 2021).

3.1.1.2.1 Factores a considerar

Para el diseño y tipo de ruta, se deben considerar los siguientes factores:

- Longitud del trazado (Topografía del lugar).
- Condiciones geológicas y geomecánicas de los suelos.
- Actividad sísmica de la zona.
- Tipo y número de pasos de quebrada o caminos que se presentan (vías, Nota.s superficiales, humedales, entre otros.).
- Vegetación.
- Infraestructura actual existente a lo largo del trazado y proyectos previstos a futuro.
- La incidencia ambiental (riesgos que se generan para la población).
- La calidad del agua que se transporta.

Para el tipo de conducción que tendrá el sistema, se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- Dimensiones (longitud y diámetro).

- Material y tipo de las tuberías.
- Profundidad de instalación.
- Número y tipo de válvulas necesarias.
- Estructuras complementarias.
- Posibles Nota.s de contaminación del agua.
- Requerimientos del bombeo o no.

3.1.1.2.2 Metodología para el diseño

Para diseñar una línea de conducción se deben seguir los siguientes pasos:

- Levantamiento topográfico preliminar.
- Estudios del suelo y análisis de línea existente.
- Selección de Nota.s de agua ubicación y estudios de calidad del agua.
- Estudio de población.
- Periodo de diseño.
- Estimación de dotación de agua actual y futuro.
- Caudales de diseño.
- Volúmenes de regulación.
- Diseño de la conducción.
- Trazado del sistema (gravedad o bombeo) y establecer los puntos donde se ubicarán válvulas, tanques rompe presión y accesorios.
- Planos topográficos detallados (planimetría y altimetría), con sus cálculos hidráulicos respectivos.
- Presupuestos estimados de la construcción.
- Manuales de operación y mantenimiento

3.1.1.3 Tanques de Almacenamiento

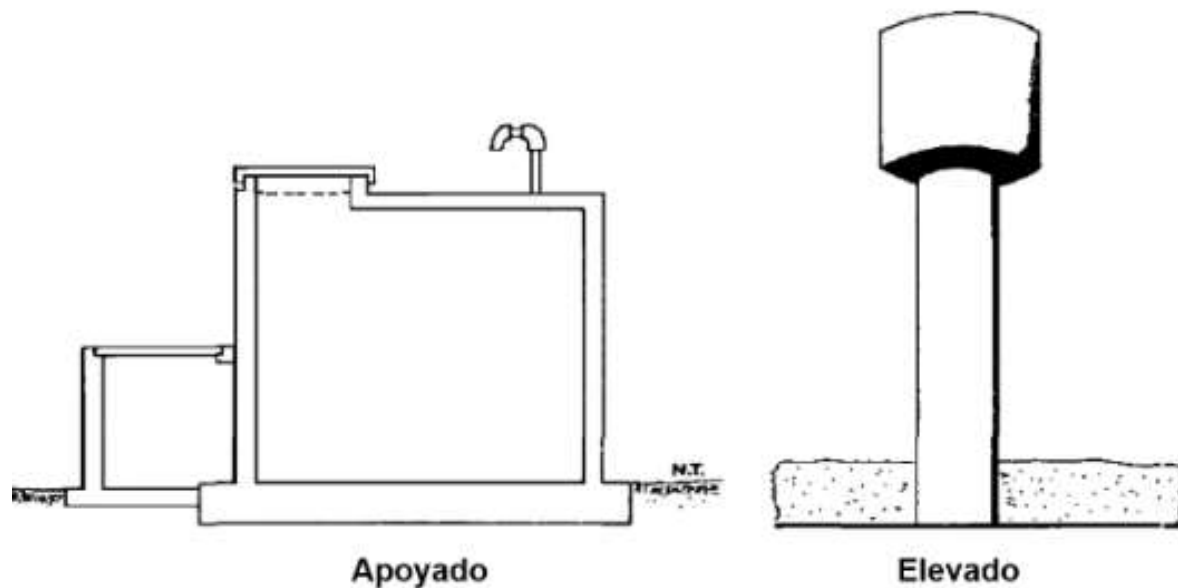
Según Roberti (s/f) las instalaciones de almacenamiento, conocidas como reservorios, torres, tanques de agua o embalses, por un lado, brindan la capacidad de almacenar agua tratada antes de su distribución para uso doméstico y potable, por otro lado, ponderan por variaciones en la cantidad y calidad del agua. Esto se hace almacenando agua durante los momentos de baja demanda, como

por la noche, y asegurando que haya suficiente agua disponible para los momentos de mayor demanda, cuando muchas personas la necesitan al mismo tiempo.

Un tanque de reserva o tanque de retención es un componente fundamental en el diseño de un sistema de distribución y es fundamental para la operación hidráulica y la prestación eficiente del servicio del sistema de distribución.

Para capacidades medianas y pequeñas, como es el caso de los proyectos de abastecimiento de agua potable en poblaciones rurales, resulta tradicional y económica la construcción de tanques apoyados de forma cuadrada (Agüero, 1997).

Figura 3.1. Tipos de reservorios apoyado y elevado



Nota. Adaptado de Agüero Pittman (1997).

3.1.1.3.1 Funciones de un tanque de reserva

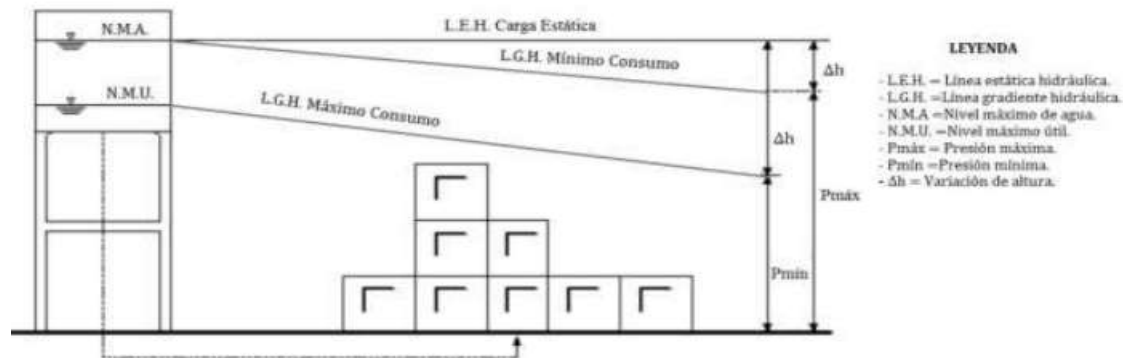
- a) Compensar cambios en la demanda en horas pico (regulatorio).
- b) Mantener suficiente presión en la red de distribución.
- c) Mantener cierta cantidad de agua para atender emergencias como mantenimientos e interrupciones por fallas en la red.
- d) Mantener un volumen para situaciones de incendios.
- e) Dependiendo de la topografía del terreno y área de abastecimiento el tanque puede:
 - Separar zonas servicios (barrios o sectores).
 - Separar zonas de presión (alta, media o baja).

3.1.1.3.2 Ubicación del tanque de reserva

En la ubicación y extensión del tanque se deben tener en cuenta ciertos aspectos:

- Asegurar que las presiones dinámicas en la red de distribución se encuentren dentro de los límites de servicio.
- La cota de nivel mínimo se fija de tal manera que se obtengan presiones dinámicas mínimas en los puntos más desfavorables de la red de distribución.
- La cota de nivel máximo se establece según la magnitud de pérdidas de carga en las tuberías de la red de distribución.
- La presión dinámica en la red debe estar referente al nivel de agua mínimo del tanque, mientras que la presión estática estará en relación con el nivel de máximo de agua del tanque.
- Por razones económicas se recomienda ubicar al tanque próximo a la Nota. de abastecimiento o a la planta de tratamiento, es decir dentro o cercano a la zona de mayor consumo.
- El área de instalación del tanque no debe situarse en lugares que formen escurrimiento natural de aguas de lluvia.
- Cota de ubicación de la planta o Nota.

Figura 3.2. Ubicación del tanque de reserva



Nota. Adaptado de Ojeda (2020)

Tomando el análisis de Roberti (s/f) en cuanto a la ubicación, depende principalmente del valor de presión en el sistema, asegurando la presión mínima en la casa más alta y la presión máxima en la casa más baja. De esta forma, los tanques pueden ser:

- De cabecera: en el instante que se alimentan (por bomba o gravedad) de una captación, por lo general se pueden encontrar elevados o apoyados y proporcionan agua directamente a la población.
- Flotantes: por lo general llegan a ser típicos regulares de presión, comúnmente son elevados y su entrada como salida de agua se realizan a través de la misma tubería.
- Los tanques de agua potable en áreas rurales tienden a ser alimentados por gravedad, ubicados cerca de la población a la que sirven y en elevaciones más altas (Agüero 1997).

3.1.1.4 Red de distribución

Según la norma CPE INEN 5 Parte 9-1:1992, define a la red de distribución como un conjunto de tuberías y accesorios que permitan entregar el agua potable a los usuarios del servicio en condiciones de cantidad, calidad y continuidad aceptables.

Dependiendo de la forma del circuito y del tamaño de la población, la red de distribución será:

- Abierta o ramificada
- Cerrada o mallada.

Las redes abiertas se proponen para poblaciones donde las casas están colocadas o dispersas a lo largo de las vías, mientras que las redes cerradas están diseñadas para poblaciones desarrolladas en manzanas o bloques.

La sectorización de la red consiste en separar áreas y alimentarlas a través de puntos de entrada de agua al sector. Una red sectorizada permite:

- Evaluar y controlar las pérdidas técnicas y comerciales; además de las presiones en el sistema. Facilitar las labores de operación y mantenimiento de manera general del sistema.
- Instalar macro medidores en la entra y salida de cada sector, así verificando el correcto funcionamiento de los micromedidores.
- Agilizar el proceso de detección de fugas, conexiones clandestinas y pérdidas, así consiguiendo un ahorro en los costos de operación del sistema.

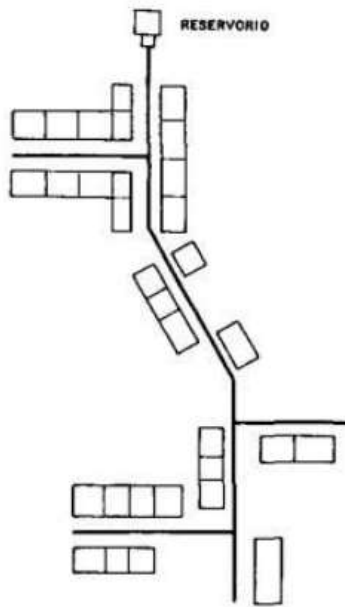
3.1.1.4.1 Red de distribución abierta

Una red abierta o ramificada es una red en la que una serie de ramas o ramales emanan de una tubería principal y terminan en puntos ciegos (similares a espinas de pescado). Esto se usa cuando el terreno dificulta las conexiones entre las ramas (Recalde K. & Asqui D, 2021).

Los siguientes puntos deben tenerse en cuenta al dimensionar una red abierta:

- La distribución del flujo debe ser uniforme a lo largo de cada longitud (sección).
- La caída de presión en cada ramal debe determinarse para el caudal por sección.
- Los flujos puntuales como escuelas, hospitales, etc. deben considerarse nudos.

Figura 3.3. Sistema abierto o ramificado



Nota. Adaptado de Agüero Pittman (1997).

3.1.1.4.2 Red de distribución cerrada

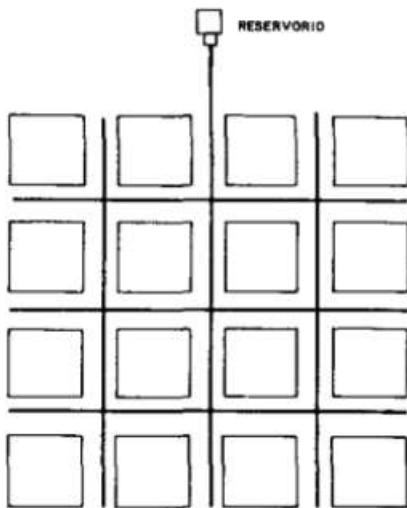
En una red cerrada o mallada, el agua circula por las tuberías conectadas a la red, creando un sistema cerrado donde la presión y el caudal son eficientes, sin puntos muertos, todos los tramos serán alimentados por los extremos, así generando menores pérdidas de carga (Recalde K. & Asqui D, 2021).

El principio de red cerrada se rige por dos condiciones:

- La suma de los caudales en un nudo deberá ser igual a cero.
- La suma de pérdidas en los tramos que conforman la malla cerrada deberá ser igual a cero.
- Para el diseño y dimensionamiento de la red, según la norma CPE INEN 5 Parte 9-1: 1992 indica que:

- 4.2.5.1 Las tuberías de la red serán dispuestas formando mallas, evitando, en todo lo posible, ramales abiertos.
- 4.2.5.3 Cada circuito de la malla deberá tener, en lo posible, un perímetro entre 500 m y 2 000 m.
- 4.2.5.5 El cálculo de la malla principal, podrá hacerse por cualquier método aplicable. Si se empleara algún método nuevo, el proyectista deberá adjuntar a los cálculos, memoria explicativa del mismo y bibliografía de soporte (en caso de haber alguna). La velocidad dentro de las tuberías deberá ser en lo posible o mantenerse alrededor de 1.5 m/s. El error de cierre en los circuitos será como máximo 0.5 m.

Figura 3.4. Sistema cerrado o mallado.



Nota. Adaptado de Agüero Pittman (1997).

3.1.1.4.3 Acometidas domiciliarias

De acuerdo con las normas técnicas vigentes, las acometidas domiciliarias para viviendas son de $\frac{1}{2}$ ". Se recomienda no instalar diámetros mayores, a menos que exista alguna justificación técnica. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

3.2 Normativa Vigente

3.2.1 Normativa de Diseño

NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES.

CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN DE PARTE IX OBRAS SANITARIAS CO 10.07 – 601

Las normas tienen como objetivo principal brindar al Ingeniero un conjunto de criterios fundamentales para el diseño de proyectos relacionados con el suministro de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales. Aunque algunos de estos criterios son meras sugerencias, en otros casos se requiere su cumplimiento para asegurar que el sistema opere de manera eficiente según lo previsto.

3.3 Periodo de Diseño

Se define como el tiempo de diseño del sistema en el que funcionara al 100% permitiendo atender la demanda proyectada.

Los elementos para determinar el periodo son:

La vida útil de las estructuras o equipamientos.

La facilidad o dificultad de la ampliación de las obras existentes.

Las tendencias de crecimiento de la población futura.

Comportamiento de las obras durante los primeros años de acuerdo a la evaluación de los caudales. (Aguirre,2015)

Según la norma CO 10.07 – 601

4.1.2.2 Se debe estudiar la posibilidad de construcción por etapas de las obras de conducción, redes y estructuras; así como también prever el posible desarrollo del sistema y sus obras principales, por sobre la productividad inicialmente estimada.

4.1.2.3 En ningún caso se proyectarán obras definitivas con períodos menores que 15 años.

En la siguiente tabla se puede apreciar la vida útil sugerida por la Norma CO 10.07 – 601A, para diferentes componentes de un sistema de agua potable.

Tabla 3.1.

Vida útil sugerida para los elementos de un sistema de agua potable

COMPONENTE	VIDA UTIL (AÑOS)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captación	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50

Conducciones de asbesto cemento o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Tuberías principales y secundarias de la red:	
De hierro dúctil	40 a 50
De asbesto cemento o PVC	20 a 25
Otros materiales	Variables de acuerdo a especificaciones del fabricante

Nota. Senagua (2012).

3.3.1 Población de Diseño

Se identifica como la población que se espera sea beneficiada durante el horizonte del proyecto, el cual se obtiene proyectando la población actual hacia el período de diseño, utilizando una tasa de crecimiento y analizando diferentes métodos de proyección. (Recalde K. & Asqui D, 2021)

Se utilizará la información proveniente de:

Censos de población y vivienda del INEC, años 1990,2001 y 2010.

Catastro de usuarios de la Empresa ETAPA EP, en los sectores de estudio.

3.3.2 Población Actual

La definición del tamaño de la población inicialmente beneficiada por el sistema de agua es un factor esencial en el cálculo del caudal de diseño. Por esta razón, se ocupó la información de usuarios del sistema de Sayausí al mes de enero de 2023.

3.3.3 Población Futura

La estimación de la población futura se realiza mediante el análisis de las características culturales, económicas y sociales de sus habitantes, proyectando la población actual utilizando principalmente la tasa de crecimiento. Sin embargo, es importante tener en cuenta que no existe un método 100% preciso para calcular las estimaciones de poblaciones futuras, ya que existe cierto grado de incertidumbre debido a diversos factores, como el nivel socioeconómico de la población y el clima, entre otros. (Recalde K. & Asqui D, 2021)

De acuerdo a la norma CO 10.07 – 601 en el literal 4.1.3.1 indica: *“Para el cálculo de la población futura se harán las proyecciones de crecimiento utilizando por lo menos tres métodos conocidos (proyección aritmética, geométrica, incrementos diferenciales, comparativo, entre otros.) que permitan establecer comparaciones que orienten el criterio del proyectista. La*

población futura se escogerá finalmente tomando en consideración, aspectos económicos, geopolíticos y sociales que influyan en los movimientos demográficos...”

Método aritmético

El crecimiento aritmético es una técnica teórica de proyección demográfica que parte de la suposición de que el aumento anual de la población es permanente y independiente del tamaño de la población, lo que significa que la población aumenta o disminuye en monto consistente en cada franja de tiempo. Sin embargo, este tipo de comportamiento es poco usual en la realidad, lo que puede resultar en estimaciones poblacionales inferiores a la realidad, ya que es poco común encontrar una población que muestra este patrón de crecimiento.

Es un método que se puede utilizar en poblaciones de distintos tamaños, ya sean pequeñas comunidades rurales o grandes ciudades, siempre que su crecimiento sea considerado estable, es decir, con limitadas oportunidades de expansión en el futuro. Es recomendable realizar proyecciones para un plazo máximo de 5 años, ya que el margen de error de aproximación aumenta proporcionalmente al lapso de tiempo determinado. (Recalde K. & Asqui D, 2021)

La ecuación que se ocupa es

Ecuación 3.1

$$Pf = Pa * (1 + r * n)$$

Ecuación 3.2

$$r = \frac{Pf - Pa}{Pa * n}$$

Pa: Población actual (hab)

Pf: Población futura (hab)

n: Período o intervalo de tiempo en años

r: Índice de crecimiento anual (expresado en forma decimal)

Método geométrico

El método geométrico, asimismo llamado interés compuesto, es apropiado para poblaciones en pleno desarrollo con una significativa actividad económica y oportunidades de expansión futura

en áreas importantes. Este enfoque se caracteriza por una tasa de incremento porcentual continuo a lo largo del tiempo.

Para calcular mediante este método se debe contar con al menos tres censos consecutivos también se tiene que tener en cuenta según (Recalde K. & Asqui D, 2021):

- Localidades en proceso de desarrollo que continúan experimentando crecimiento.
- Este método no es adecuado para estimaciones a largo plazo.
- Este método a veces produce resultados exagerados, especialmente cuando se aplica a poblaciones en desarrollo, ya que tienden a experimentar tasas de crecimiento elevadas antes de estabilizarse.
- Este es el método más utilizado y proporciona estimaciones más precisas y realistas.

La ecuación que se ocupa es

Ecuación 3.3

$$Pf = Pa * (1 + r)^n \leftarrow \text{de donde} \rightarrow r = \sqrt[n]{\frac{Pf}{Pa}} - 1$$

En donde:

Pf: Población Futura

Pa: Población actual

r: Tasa de Crecimiento %

n: intervalo en número de años para análisis o proyección

Método exponencial

Para aplicar este método se necesita tener un mínimo de tres censos para calcular el promedio de la tasa de crecimiento poblacional. Se recomienda su uso en localidades que presenten un alto nivel de desarrollo y cuenten con zonas de expansión planificadas para el futuro. (Recalde K. & Asqui D, 2021)

La ecuación se expresa como

Ecuación 3.4

$$Pf = Pa * e^{r*n}$$

Ecuación 3.5

$$r = \frac{Ln * Pf - Ln * Pa}{n}$$

Dónde:

Pa: Población actual (hab)

Pf: Población futura (hab)

n: Periodo o intervalo de tiempo (años)

r: Índice de crecimiento exponencial (expresado en forma decimal)

e: Constante matemática (aprox. 2.71828)

Ln: Logaritmo natural o neperiano

3.4 Dotación

La dotación se refiere al caudal de agua que se estima que una persona utilizará para llevar a cabo sus actividades diarias, incluyendo el consumo en hogares, comercios e industrias y se expresa por (l/hab*día).

A continuación, se enumeran los factores principales que inciden en el uso del agua en una localidad según (Lopez, 1995):

- Temperatura

A medida que la temperatura aumenta, se observa un incremento en el consumo de agua debido a las necesidades propias de la actividad humana. Por ejemplo, se requerirá una mayor ingesta de agua para la hidratación personal, se realizará un mayor uso del agua en el aseo personal y el riego de jardines será más intensivo.

- Calidad del agua

El consumo de agua tiende a aumentar cuando las personas tienen la confianza de que el agua es de buena calidad, tanto en el sector doméstico como en el industrial, debido a razones lógicas.

- Características socioeconómicas

El consumo de agua está influenciado en gran medida por el nivel educativo y el nivel de ingresos de la población. Por lo tanto, en ciudades desarrolladas, el consumo de agua suele ser más alto en comparación con pueblos pequeños.

- Servicio de alcantarillado

La disponibilidad de una red de alcantarillado tiene un impacto significativo en el aumento del consumo de agua potable en comparación con sistemas primarios de evacuación de excretas, o la falta de cualquier sistema, lo cual lleva a la disposición al aire libre.

Presión en la red de distribución de agua

En caso de que la red de distribución de agua presente altas presiones, es probable que se produzcan mayores desperdicios en el consumo doméstico al abrir las llaves de la ducha, lavamanos y otros elementos. Además, es posible que aumente el número de rupturas de tuberías tanto dentro de los domicilios como en la propia red de distribución.

- Administración

Una gestión efectiva permitirá un mejor control del consumo de agua al minimizar las fugas y los desperdicios, y al vigilar la existencia de conexiones clandestinas.

- Medidores y tarifas

En ocasiones, al implementar un nuevo sistema de acueducto, puede que no se instalen medidores ni se cobre por el uso del agua inicialmente. Sin embargo, a medida que el consumo se incrementa con el tiempo, se instalan medidores, lo cual puede tener un impacto psicológico en los consumidores y llevar a una disminución en el consumo. Posteriormente, a medida que el consumo aumenta nuevamente, puede ser necesario implementar un sistema de tarifas para promover un consumo racional del agua.

3.4.1 Estimación de la dotación neta del agua

Se refiere a la cantidad mínima de agua necesaria para cubrir las necesidades básicas de una persona, sin tener en cuenta las pérdidas físicas o técnicas del sistema de distribución según (Recalde K. & Asqui D, 2021):

- La dotación neta destinada al consumo doméstico se calcula a partir del promedio diario de consumo por habitante registrado durante al menos un año.
- La dotación neta puede ser determinada
- Utilizando datos históricos como referencia
- evaluación de las dotaciones netas del sistema de agua
- La estimación mediante la comparación con poblaciones que presenten características socioeconómicas y climáticas similares
- Ante la ausencia de datos disponibles, se pueden emplear las dotaciones establecidas por las normativas vigentes.

3.4.2 Estimación de la dotación bruta del agua

Es la cantidad de agua utilizada por una persona en un día o en un período específico, que incluye las pérdidas técnicas o físicas en el sistema de conducción, distribución y tanques de almacenamiento. (Recalde K. & Asqui D, 2021)

La dotación bruta se calcula mediante

Ecuación 3.6

$$Dot. Bruta = \frac{Dot. net}{1 - \%p}$$

Dot.Bruta: Dotación bruta (l/h*d)

Dot.net: Dotación neta (l/h/d)

%p: Índice o porcentaje de pérdidas físicas

3.4.3 Dotación en área rural

En los Planes Maestros de Agua Potable y Saneamiento para la ciudad de Cuenca III ETAPA, se definió la dotación para los sectores urbano y rural del Cantón Cuenca, misma que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 3.2.

Dotación para la zona rural de Cuenca.

Año	Residencia l (l/hab/d)	Comercial (l/hab/d)	Industrial (l/hab/d)	Especial (l/hab/d)	Total, Tasa		Dotación (l/hab/d)
					Consumo (l/hab/d)	Pérdida %	
SECTOR URBANO							
2020	178	17	4	12	211	30%	300
2025	173	16	4	11	204	28%	285
2030	169	16	4	11	200	26%	269
2035	165	15	4	11	195	24%	257
2040	161	15	4	11	191	22%	244
2045	157	15	4	10	185	20%	231
2050	153	14	3	10	180	20%	225
SECTOR RURAL							
2020	124				124	31%	180
2050	124				124	31%	180

Nota. ETAPA EP (2023)

3.5 Caudales

Para estimar los caudales de diseño en un sistema de agua potable, es esencial llevar a cabo un análisis exhaustivo de la población proyectada y las necesidades de dotación futura. Esto permitirá definir los caudales adecuados que serán utilizados en el diseño de las estructuras hidráulicas del sistema de agua potable. (Recalde K. & Asqui D, 2021)

Para el diseño de las diferentes partes de un sistema de abastecimiento de agua potable, se usarán los caudales que constan según la tabla:

Tabla 3.3.

Caudales para un sistema de abastecimiento de Agua potable.

ELEMENTO	CAUDAL
Captación de aguas superficiales	Máximo diario + 20 %
Captación de aguas subterráneas	Máximo diario + 5 %

Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10 %
Conducción de aguas subterráneas	Máximo diario + 5 %
Red de distribución	Máximo diario + incendio
Planta de tratamiento	Máximo diario + 10 %

Nota. ETAPA EP (2023).

3.5.1 Factores de Consumo Máximo Diario y Máximo Horario.

Estos factores de consumo desempeñan un papel fundamental en la determinación de los caudales máximos diarios y horarios.

Según los Estudios de la III Etapa de los Planes Maestros se definieron estos patrones de consumo.

Ecuación 3.7

Factor Máximo Diario $K1 = 1.30$

Ecuación 3.8

Factor Máximo Horario $K2 = 1.70$

3.5.2 Caudal medio Diario (q)

Se calcula como el promedio anual del consumo de los usuarios del sistema, utilizando la siguiente expresión.

Ecuación 3.9

$$q = \frac{D * Pd}{86400}$$

En donde

q: Caudal medio diario

Pd: Población de Diseño

D: Dotación bruta, considera el índice de pérdidas.

3.5.3 Caudal máximo diario (QMD)

El caudal máximo diario corresponde al caudal registrado en el día de mayor consumo anual. Se obtiene al multiplicar el caudal medio diario por un factor K1.

Ecuación 3.10

$$QMD = K1 * q$$

QMD: Caudal máximo diario

q: Caudal medio diario

K1: Factor del día de máximo consumo (K1=1.3)

3.5.4 Caudal Máximo Horario

Es el caudal de la hora de mayor consumo, en el día de máxima demanda del año, está definido por la siguiente expresión:

Ecuación 3.11

$$QMH = K2 * q$$

Dónde:

QMH: caudal máximo horario

q: Caudal medio diario

K2: factor máximo horario (K2=1.70)

3.6 Perdidas de Carga

3.6.1 Carga Disponible

En la línea de conducción, la presión representa la cantidad de energía a gravedad contenida en el agua. El tramo de tubería que está operando se encuentra a tubo lleno, aplicando la ecuación de Bernoulli.

Ecuación de Bernoulli

La ecuación de Bernoulli relaciona la presión, la velocidad y la altitud para un flujo de fluido incompresible ideal. Se utiliza para el análisis de sistemas de agua potable. Al derivar esta ecuación, la ley del trabajo y la energía se aplica al fluido dentro de la sección del tubo de flujo (Young & Freedman, 2013).

Ecuación 3.12

$$z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} = z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} + Hf$$

Dónde:

z = Cota del punto respecto a un nivel de referencia arbitraria (m).

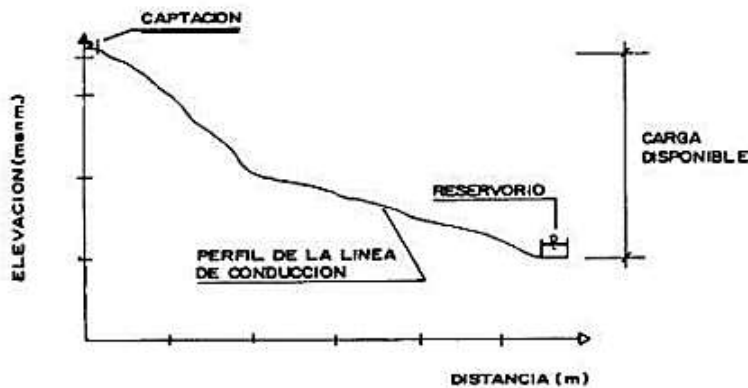
P/γ = Altura o carga de presión “P es la presión y el peso y específico del fluido” (m).

v = Velocidad media del punto considerado (m/s).

H_f = Es la pérdida de carga que se produce en el tramo (m)

La carga disponible representa la energía requerida para que un flujo se mueva de un punto a otro dentro del mismo conducto. Está representado por la diferencia de altura entre la cuenca y tanque de reserva.

Figura 3.5. Carga disponible en la línea de conducción



Nota. Adaptado de Agüero Pittman (1997).

3.6.2 Pérdidas por fricción.

(Giles, 1956) La pérdida de carga debido a fricción puede calcularse con las siguientes ecuaciones.

Para una de ellas es importante conocer lo que es el número de Reynolds.

Características de las pérdidas por fricción

- Son independientes de la presión
- Son proporcionales a la longitud: aumenta la longitud aumenta la pérdida por fricción
- Es variable con cierta potencia de la velocidad
- Es inversamente proporcional a cierta potencia del diámetro
- Variable con la rugosidad

El número de Reynolds

Según el criterio de (Giles, 1956) el número de Reynolds es un número adimensional que expresa la relación entre la fuerza de inercia generada por la aceleración y desaceleración de un fluido y la fuerza de corte debida a la viscosidad. El número de Reynolds ayuda a determinar si el flujo es laminar o turbulento.

Ecuación 3.13

$$Re = \frac{v * d * \rho}{\mu}$$

Dónde:

v = Velocidad

d = diámetro

ρ = densidad

μ = Viscosidad dinámica

La fórmula en función de la viscosidad cinemática se emplearía de la siguiente forma:

Ecuación 3.14

$$Re = \frac{v * d}{\vartheta}$$

Dónde:

v = Velocidad

d = diámetro

ϑ = viscosidad cinemática

De ello tenemos que:

Ecuación 3.15

$$\vartheta = \frac{\mu}{\rho}$$

Tabla 3.4.

Valores de viscosidad cinemática se pueden relacionar según la temperatura del agua.

Temperatura °C	Viscosidad cinemática del agua ν (m ² /s)
0	1.785.10 ⁻⁶
5	1.519.10 ⁻⁶
10	1.306.10 ⁻⁶
15	1.319.10 ⁻⁶
20	1.003.10 ⁻⁶
25	0.893.10 ⁻⁶

30	0.800.16-6
40	0.658.10-6

Nota. Aguirre (2015).

Ecuación de Hagen – Poiseville

Se aplica a flujos laminares con la intención de calcular las perdidas por carga.

Ecuación 3.16

$$hf = \frac{32 * L * v * \mu}{\gamma * d^2}$$

Dónde:

v = velocidad

L = longitud

d = diámetro

γ = densidad

μ = Viscosidad dinámica

Ecuación de Darcy - Weisbach

Calcular la caída de presión en flujo laminar y turbulento. Utiliza el coeficiente de fricción f, que depende de si el flujo es laminar o turbulento. Para determinar si el flujo es laminar o turbulento, se debe calcular el número de Reynolds. (Senagua, 2012)

Como dice la fórmula: la pérdida es proporcional a la velocidad. Si no se observa que cumple la presión mínima en la red de agua potable, se debe aumentar el diámetro de la tubería. Esto se debe a que es más lento teniendo una pérdida de velocidad, a su vez, la pérdida es menor.

Además, la presión aumenta a medida que disminuye la velocidad.

Ecuación 3.17

$$hf = f * \frac{L * v^2}{d * 2g}$$

f = coeficiente de fricción

d = diámetro

v = velocidad

g = gravedad

L = longitud

Coeficiente de fricción (f)

Para flujos laminares

Ecuación 3.18

$$f = \frac{64}{Re}$$

Dónde:

f = coeficiente de fricción

Re = número de Reynolds

Cabe recalcar que en gran parte los líquidos no tienen un flujo laminar.

Flujos turbulentos

Colebrook – White

La ecuación de Colebrook – White se utiliza para calcular el coeficiente de fricción “f” de un flujo turbulento.

Ecuación 3.19

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 * \log \left[\frac{\varepsilon}{3.7 * d} + \frac{2.51}{Re * \sqrt{f}} \right]$$

Dónde:

f = coeficiente de fricción

ε = rugosidad absoluta

d = diámetro

Re = número de Reynolds

Tabla 3.5.

Coeficientes de fricción de un flujo turbulento

Material	ε (mm)
PVC	0.0015
AC	0.03
Acero	0.046
Hierro galvanizado	0.15
Hierro fundido	0.15
Hierro dúctil	0.25

concreto	0.3-3.0
Vidrio	0.0003
Polietileno de alta densidad	0.007

Nota. Aguirre (2015).

Swamee y Jain

Esta fórmula sirve para calcular el coeficiente de fricción “f” y se aplica en flujo turbulento, pero debe cumplir con dos condiciones.

- $5000 < Re < 10^8$
- $10^{-6} < \frac{\varepsilon}{d} < 10^{-2}$

Ecuación 3.20

$$f = \frac{1.323}{\left[\ln \left(\frac{\varepsilon}{3.7 * d} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Dónde:

f = coeficiente de fricción

ε = rugosidad absoluta

d = diámetro

Re = número de Reynolds

Ecuación de Hazen-Williams

Para el cálculo de las tuberías a presión se propone utilizar la fórmula empírica de Hazen-Williams para obtener la pérdida de carga por fricción, cabe recalcar que no se toma en cuenta la viscosidad, esta expresión viene dada por:

Ecuación 3.21

$$hf = \frac{10.665 * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.87}}$$

Dónde:

hf = pérdida de carga

L= Longitud

C= coeficiente de Hazen Williams

Q = Caudal en m³/s.

D = Diámetro en m.

El coeficiente C depende del material de la tubería, la Norma CO 10.07-601, recomienda los siguientes valores:

Tabla 3.6.

Valores para el coeficiente C, Norma CO 10.07-601

Material de Tubería	Coeficiente C
Acero Corrugado	60
Acero Galvanizado	125
Asbesto - Cemento	140
Cobre	130
PVC	140
Hormigón Liso	140
Hormigón Ordinario	140
Hierro Fundido Nuevo	140
Hierro Fundido Viejo	140

Nota. Senagua (2012).

Tabla 3.7.

Valores del Coeficiente C, ETAPA EP.

Material de Tubería	Tubería		Valor adoptado
	Nueva	Usada	
Hierro Dúctil	140	135	130
PVC	150	125	130
Acero soldado	120	90	110
Acero con Revestimiento	140	135	130

Nota. ETAPA EP (2023)

Para este estudio se utilizará el valor de $C=130$ teniendo en cuenta que la tubería de distribución es de PVC, esto tomando los valores proporcionados en recomendación por la empresa ETAPA EP.

3.6.3 Pérdidas menores o locales

Las pérdidas locales son consecuencia del incremento de la turbulencia generada por los accesorios como: codos, válvulas, etc. (Lopez, 1995).

Ecuación 3.22

$$h_L = K * \frac{v^2}{2 * g}$$

Dónde:

K = coeficiente de perdidas menores

v = velocidad (m/s)

g = gravedad

Tabla 3.8.

Valores de K para los accesorios más comunes en una red de agua potable.

Accesorios	K
Válvula de globo, completamente abierta	10
Válvula de mariposa, completamente abierta	5
Válvula de cheque, completamente abierta	2.5
Válvula de compuerta, completamente abierta	0.2
Codo de radio corto	0.9
Codo de radio medio	0.8
Codo de gran radio	0.6
Codo 45°	0.4
T, en sentido recto	0.3
T, a través de la salida lateral	1.8
Unión	0.3
Y de 45°, en sentido recto	0.3
Y de 45°, en sentido lateral	0.8
Entrada recta a tope	0.5

Entrada con la boca acampanada	0.1
Entrada con tubo entrante	0.9
Salida	1

Nota. Aguirre (2015).

3.6.4 Pérdidas por el cambio de dirección del fluido

Ecuación 3.23

$$h_l = 0.25 * \frac{v^2}{2 * g} * \sqrt{\frac{\theta}{90}}$$

v = velocidad

g = gravedad

θ = Ángulo del codo: 45, 90, 22.5

3.6.5 Pérdidas de Carga Unitaria

La pérdida de carga unitaria no representa una base general de diseño debido a las diferentes aplicaciones y/o ubicaciones posibles de la energía hidráulica. El criterio del diseñador es esencial para que haya un equilibrio entre la parte técnica y económica.

Por esta razón, es necesario tomar el criterio de caída de presión uniforme en la tubería y definir el rango en el que se puede relacionar la capacidad de la tubería con el diámetro, con base en las características del sistema (energía hidráulica disponible).

Se aplica la ecuación de Hazen Williams:

Ecuación 3.24

$$Q = 0.2785 * C * (D)^{2,63} * S^{0,54}$$

Dónde:

Q=Caudal (l/s)

D=Diámetro interior o real de la tubería (m)

S=Pendiente de la línea de energía (m/m)

C=Coefficiente de rugosidad de Hazen Williams

Tabla 3.9.

Coefficiente de Rugosidad.

COEFICIENTES DE RUGOSIDAD	
MATERIAL	Chw
Hierro Fundición	130
Hormigón o revestido de H.S.	120 - 140
Hierro Galvanizado	120
PVC - Plástico	140 - 150
Acero	130
Cerámica	110
Cobre	130 - 140
Hierro Dúctil	120

Nota. Ven Te Chow (1994).

Ecuación 3.25

$$S = \left(\frac{Q}{0.2785 * C * \phi^{2.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}}$$

3.6.6 Pérdidas de carga por tramo

Ecuación 3.26

$$hf = S * long. TRamo$$

Dónde:

hf= Pérdidas de fricción (m)

S= Gradiente hidráulico unitario (m/m)

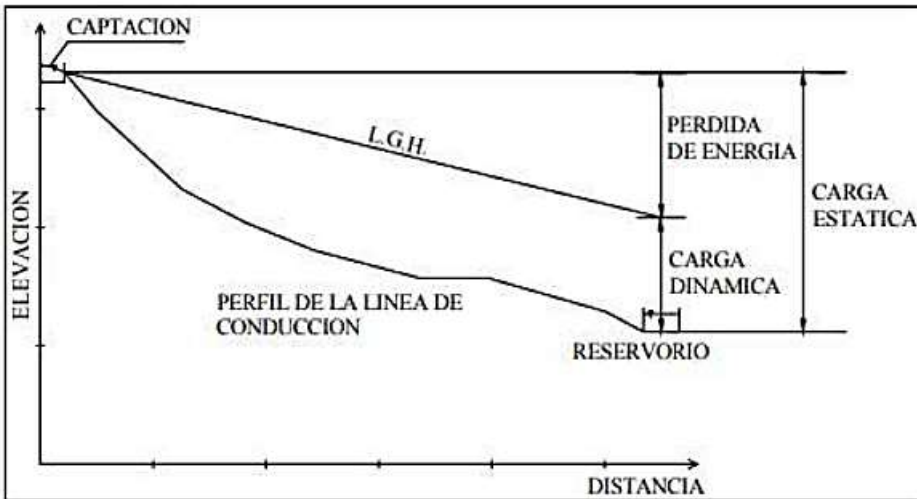
3.7 Línea de gradiente hidráulica o Línea piezométrica

El gradiente hidráulico se conceptualiza como la pérdida de energía por unidad de longitud recorrida por el agua. (Cualla, 1995).

Ecuación 3.27

$$i = \frac{\Delta h}{\Delta L}$$

Figura 3.6. Línea de gradiente hidráulica.



Nota. Adaptada de Organización Panamericana de la Salud (2014).

3.8 Presiones en conducciones

Teniendo en cuenta la información de ETAPA EP 2023, se dice que no existe un valor de presión máximo recomendado para las líneas de agua cruda y tratada. Este valor depende de la carga hidráulica disponible para mover el agua de un punto a otro. Es necesario tener en cuenta su naturaleza y tipo. Estos elementos de plomería deben resistir.

La presión mínima requerida en la tubería es la presión mínima requerida por los accesorios (válvulas de aire, flotadores, válvulas de control, medidores de flujo, etc.). En esta conducción se recomienda una presión de tubería mínima de 10 mca o más para este proyecto.

3.9 Presión piezométrica

La presión piezométrica es la presión hidrostática disponible en distintos puntos a lo largo de la tubería.

De acuerdo con la norma CPE INEN 5 Parte 9-1: 1992 en el literal 5.2.4.36 indica que en la conducción: “La línea piezométrica de las conducciones a presión, se calculará para las peores condiciones de flujo, y estará por lo menos 2 m más arriba de la clave del conducto, y por lo menos 1 m más arriba de la superficie del terreno”.

3.9.1 Presión estática

La presión estática es la presión hidrostática disponible cuando no hay consumo de agua. La presión estática se utiliza para definir la presión nominal de las tuberías.

De acuerdo con la norma CPE INEN 5 Parte 9-1: 1992 en el literal 4.2.3.3 indica que en la distribución “La presión estática máxima, no deberá, en lo posible, ser mayor a 70 m. de columna de agua”.

Ecuación 3.28

$$Car.g Est. (m) = Cot.s - Cot.Clave$$

Dónde:

Cot.s.=Cota de salida de la conducción del agua cruda (sí es que no se coloca TRP's se usa la primera cota clave de la conducción; caso contrario esta cota es con respecto a la cota de ubicación del tanque) (m).

Cot. Clave= Cota clave de la tubería de conducción (m).

3.9.2 Presión dinámica

La presión dinámica es la presión hidrostática disponible en el consumo de agua de diseño de la red. La presión dinámica ayuda a garantizar la presión dentro de una casa.

De acuerdo con la norma CPE INEN 5 Parte 9-1: 1992 en el literal 4.2.3.3 indica que en la distribución “La presión dinámica máxima, no deberá, en lo posible, ser mayor a 50 m. de columna de agua”.

Ecuación 3.29

$$Car.g Di. (m) = Cot.p. - Cot.clave$$

Dónde:

Cot.p.=Cota piezométrica del tramo considerado (m)

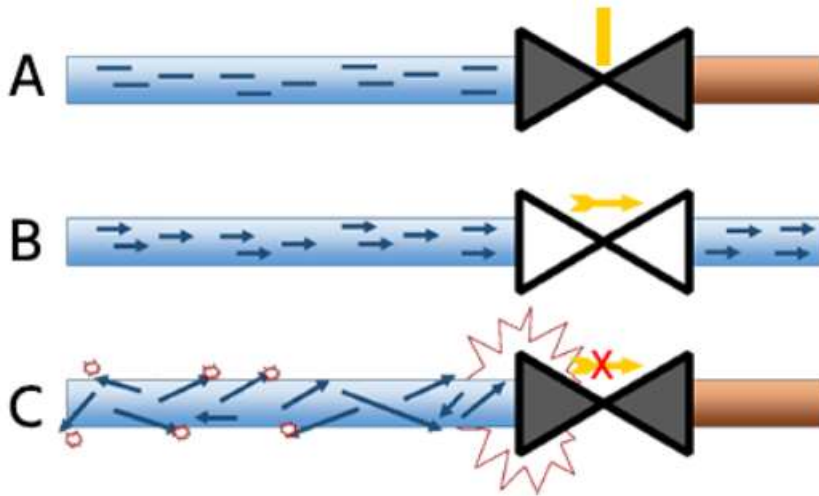
Cot. clave=Cota clave de la tubería de conducción (m)

3.10 Golpe de Ariete

El golpe de ariete o hidroschock es un aumento momentáneo de presión que ocurre en el sistema de agua cuando la dirección o velocidad del agua cambia repentinamente; es decir, agua que circula por la tubería a cierta velocidad y corta completamente su flujo con la ayuda de una válvula, el agua junto a la válvula se detiene repentinamente y es empujada hacia atrás desde el lado de entrada.

Para evitar el incremento de presión por golpe de ariete o sobrepresión creada, se pueden instalar: Válvulas de retención, calderines de aire, chimeneas de equilibrio, válvulas anti-ariete, entre otros.

Figura 3.7. Golpe de Ariete.



Nota. El efecto del golpe de ariete: la condición inicial con la válvula cerrada y el agua estancada (A), el funcionamiento normal con la válvula abierta y el flujo de agua (B), el golpe de ariete con la válvula cerrada repentinamente (C). El momento del agua se convierte en ondas de presión que se mueven de un lado a otro de la tubería. Adaptada de Tamenson (S/f) [<https://tameson.es/pages/que-es-un-golpe-de-ariete>].

3.10.1 Maniobras que inducen el golpe de ariete

- Cierre y apertura de válvulas.
- Arranque de bombas.
- Detención de bombas.
- Funcionamiento inestable de bombas.
- Llenado y vaciado de tuberías.
- Roturas de tuberías.
- Cambios bruscos de demanda.

3.10.2 Factores que influyen en el golpe de ariete

- Velocidad del agua: evita la sobrepresión y se limitan las velocidades de circulación del agua a un máximo de 3 m/s en conducciones por gravedad.

- Longitud de la conducción: A mayor longitud de tubería mayor será el golpe de ariete debido al incremento de energía cinética del agua en movimiento.
- Material de la tubería: Dependiendo de la elasticidad del material con el que esté fabricada la tubería, esta podrá absorber en mayor medida las ondas derivadas del golpe de ariete.
- Tiempo de maniobra t_M : Tiempo que se ocupa en abrir o cerrar una válvula.
- Diámetro de la tubería.

3.10.3 Cálculo del golpe de ariete

- Para cierres lentos aplicaremos la ecuación de Michaud:

Ecuación 3.30

$$\Delta H = \pm \frac{2 * L * V}{g * t_M}$$

- Para cierres rápidos se aplica la ecuación de Allievi:

Ecuación 3.31

$$\Delta H = \pm \frac{a * V}{g}$$

Dónde:

ΔH = Golpe de ariete (m.c.a)

a = Celeridad de la onda (m/s)

V = Velocidad de circulación del agua (m/s)

g = Aceleración gravitacional (m/s²)

- Celeridad de la onda (a)

Ecuación 3.32

$$a = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + kc * \frac{Di}{e}}}$$

Dónde:

a = Celeridad de la onda (m/s)

K_c = Parámetro adimensional

D_i = Diámetro interior de tubería (mm)

e = Espesor de tubería en (mm)

- Parámetro adimensional

Ecuación 3.33

$$K_c = \frac{10^{10}}{E}$$

Dónde:

K_c = Parámetro adimensional

E = Módulo de elasticidad del material de la tubería (kg/m²)

Tabla 3.10.

Módulo de elasticidad del material de tubería

Tipo de Conducto	Módulo de elasticidad E (kg/m²)
Acero corrugado	2.1 E+10
Acero galvanizado	2.1 E+10
Asbesto - cemento	3 E+09
PVC	3 E+08
Hormigón Liso	3 E+09
Hormigón Ordinario	3 E+09
Hierro Fundido Nuevo	1.7 E+10
Hierro Fundido Viejo	1.7 E+10

Nota. Ven Te Chow (1994).

- Tiempo crítico

Ecuación 3.34

$$T_c = \frac{2L}{a}$$

Dónde:

T_c = Tiempo crítico (seg)

L = Longitud de la conducción (m)

a = Celeridad o velocidad de la onda (m/s)

- Presión máxima

Ecuación 3.35

$$PMÁX = (\Delta H + Hg) < PMA$$

Dónde:

$PMÁX$ = Sobrepresión (m.c.a)

ΔH = Golpe de ariete (m.c.a)

Hg = Presión estática (m.c.a)

PMA = Presión máxima admisible por la tubería, 80% de la presión nominal.

3.11 Velocidades

3.11.1 Velocidad Máxima admisible

La velocidad máxima está limitada por el diámetro utilizado, el caudal y la pérdida unitaria asociada. Tenga en cuenta que un diseño óptimo debe aprovechar al máximo la carga estática disponible, información encontrada en un documento de ETAPA EP 2023.

En el siguiente cuadro se presentan valores recomendados en función del tipo de material de la tubería.

Tabla 3.11.

Velocidad máxima en tuberías para redes de distribución

Materiales de las paredes	V max m/s
Hormigón Simple o Armado	4.5 - 5
Hierro fundido-Hierro Dúctil	4 - 5

Asbesto - Cemento	4.5 - 5
Acero	6
Cerámica Vitrificada	4 – 5
Plástico	4.5

Nota. Senagua (2012).

3.11.2 Velocidad mínima admisible

A partir del análisis de ETAPA EP, se requiere la velocidad mínima para evitar el asentamiento de sólidos en suspensión en la tubería. Este valor también depende de las propiedades de autolimpieza, la calidad del agua y el grado de fenómenos hidráulicos que ocurren en la tubería.

La Norma CO 10.07 601, no recomienda valores mínimos para este parámetro.

3.12 Volúmenes de almacenamiento

Los volúmenes de almacenamiento a considerar y calcular son:

- Volumen de regulación.
- Volumen de protección contra incendios.
- Volumen de emergencia.
- Volumen en la planta de tratamiento.
- Volumen total.

3.12.1 Volumen medio diario

Para el cálculo del volumen medio diario, se utiliza la siguiente expresión:

Ecuación 3.36

$$Vmd = \frac{Qmd * 86400}{1000}$$

Dónde:

Vmd= Volumen medio diario (m^3)

Qmd= Caudal medio diario (l/s)

3.12.2 Volumen de regulación

De acuerdo con la norma CPE INEN 5 Parte 9-1: 1992 en el literal 4.1.7.1 indica que en caso de haber datos sobre las variaciones horarias del consumo el proyectista deberá determinar el volumen

necesario para la regulación a base del respectivo análisis. En caso contrario, se pueden usar los siguientes valores:

- Para poblaciones menores a 5 000 habitantes, se tomará para el volumen de regulación el 30% del volumen consumido en un día.
- Para poblaciones mayores de 5 000 habitantes, se tomará para el volumen de regulación el 25% del volumen consumido en un día.

Para ambas condiciones se debe considerar la demanda media diaria al final del periodo de diseño.

El volumen de regulación se calcula mediante la siguiente expresión:

Ecuación 3.37

$$V_{reg} = V_{md} * (25\% \text{ ó } 30\%)$$

Dónde:

V_{reg} = Volumen de regulación (m^3)

V_{md} = Volumen medio diario (m^3)

3.12.3 Volumen de protección contra incendios (V_i)

De acuerdo con la norma CPE INEN 5 Parte 9-1: 1992 en el literal 4.1.7.2 indica que el volumen de protección contra incendios se utilizará para los siguientes valores:

- Para poblaciones de hasta 3 000 habitantes futuros en la costa y 5 000 en la sierra, no se considera almacenamiento para incendios.
- Para poblaciones de hasta 20 000 habitantes futuros se aplicará: $V_i = 50 * \sqrt{p}$.
- Para poblaciones de más de 20 000 habitantes futuros se aplicará: $V_i = 100 * \sqrt{p}$.

El volumen de protección contra incendios se calcula mediante la siguiente expresión:

Ecuación 3.38

$$V_{inc} = 50\sqrt{P} \text{ ó } V_{inc} = 100\sqrt{P}$$

Dónde:

V_{inc} = Volumen de protección contra incendios (m^3)

p = Población en miles

3.12.4 Volumen de emergencias (Ve)

De acuerdo con la norma CPE INEN 5 Parte 9-1: 1992 en el literal 4.1.7.3 indica que el volumen de emergencias se utilizará para los siguientes valores:

- Para poblaciones mayores de 5000 habitantes, se tomará el 25% del volumen de regulación como volumen para cubrir situaciones de emergencia.
- Para comunidades con menos de 5 000 habitantes no se calculará ningún volumen para emergencias.

El volumen de emergencias se calcula mediante la siguiente expresión:

Ecuación 3.39

$$V_e = (0 \text{ ó } 25)\% * V_{reg}$$

V_e = Volumen de emergencia (m^3)

V_{reg} = Volumen de regulación (m^3)

3.13 Estructuras y accesorios complementarios

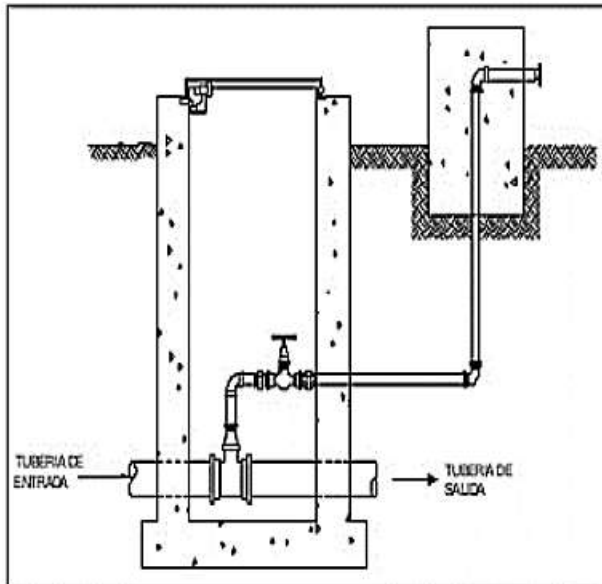
3.13.1 Válvulas de aire

Según los criterios de la Organización Panamericana de la salud (2014) estas son válvulas automáticas de entrada o salida de aire y deben colocarse en la parte alta de la línea, pero la presión en ese punto no es ni mayor ni menor que la presión atmosférica.

Estas tienen varias funciones como:

- Expeler el aire de dentro de la tubería durante su llenado.
- Expulsar el aire que tiende a acumularse en los puntos altos.
- Admitir aire en el caso de operación de una válvula de purga que pueda crear presiones negativas en la tubería.
- Liberar el aire durante la operación normal de la conducción.

Figura 3.8. Válvula de aire.



Nota. Adaptado de Organización Panamericana de la Salud (2014).

En la tabla 3.12, indica el diámetro del orificio que deberá usarse en la válvula de aire:

Tabla 3.12.

Diámetros de orificio de válvulas de aire.

Presión diferencial (psi)	DIÁMETRO DEL ORIFICIO (PULG)											
	1	79	317	712	1270	2850	5070	7910	11400	15500	20200	25600
1.5	97	387	870	1550	3480	6190	9670	14000	18900	24700	31300	38600
2	111	445	1000	1780	4010	7120	11100	16000	21800	28500	36100	44500
2.5	124	497	1120	1990	4470	7950	12400	17900	24800	31800	40200	49600
3	136	543	1220	2170	4890	8690	13600	19500	26600	34700	44000	54300
3.5	146	585	1320	2340	5270	9370	14600	21100	28700	37500	47400	58500
4	156	625	1410	2500	5620	10000	15600	22500	30600	40000	50600	620500
4.5	165	662	1490	2650	5960	10600	16500	23800	32400	42300	53600	66200
5	174	697	1570	2790	6270	11100	17400	25100	34100	44600	56400	69700

Nota. Recalde K. & Asqui D., 2021

3.13.2 Válvulas de purga o vaciado

Según los criterios de la Organización Panamericana de la salud (2014) esta es una válvula instalada en el costado de cada parte baja de la tubería para evitar la obstrucción de la vía de flujo debido a los depósitos en la tubería y para facilitar la limpieza de la tubería.

Tabla 3.13.

Diámetro de la válvula de purga.

Tubería Principal Diámetro (pulg)	Purga Diámetro (pulg)
3 – 10	2
12 – 14	3
16 – 20	4
24 – 30	6
32 – 38	8
≥40	10

Nota. Cualla (1995).

4 CAPITULO IV: EVALUACIÓN DEL SISTEMA Y PLANTEAMIENTO DE MEJORAS.

4.1 Información necesaria para la modelación.

4.1.1 Proyecciones de Población

4.1.1.1 Periodo de diseño

Se adopto por un periodo de Conducción= 30 años según la Tabla 3.1

4.1.1.2 Población actual

Se utilizó los usuarios del mes de enero del año 2023 proporcionados por la empresa Etapa Ep.

Número de usuarios:1829

Para calcular los habitantes del sistema se utilizó el factor 3.73 habitante por vivienda.

$$Pactual = usuarios * 3.73$$

$$Pactaul = 1829 * 3.73 = 6822 hab$$

4.1.1.3 Población futura

Para establecer la tasa de crecimiento se utilizó como referencia los censos obtenidos por la INEC de la parroquia Sayausí (“POBLACIÓN Y TASAS DE CRECIMIENTO INTERCENSAL DE 2010-2001-1990 POR SEXO, SEGÚN PARROQUIAS”).

Figura 4.1. Tasa de crecimiento poblacional.

Código	Nombre de parroquia	2010			2001			1990			Tasa de Crecimiento Anual 2001-2010			Tasa de Crecimiento Anual 1990 - 2001		
		Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total
	Nacional	7,177,683	7,305,816	14,483,499	6,018,353	6,138,255	12,156,608	4,796,412	4,851,777	9,648,189	1.96%	1.93%	1.95%	2.06%	2.14%	2.10%
10165	SAYAUSI	3,943	4,449	8,392	3,142	3,501	6,643	3,299	3,444	6,743	2.52%	2.66%	2.60%	-0.44%	0.15%	-0.14%

Nota. Elaboración propia (2023), adaptado de INEC (2010)

El índice de crecimiento que se tomara es de $r=2.60\%$, el cual se evaluara en los tres métodos aritmético, exponencial y geométrico.

4.1.1.3.1 Método aritmético

Cálculo de la población futura según la Ecuación 4.1

$$Pf = Pa * (1 + r * n)$$

$$Pf = 6822 * (1 + 0.026 * 2)$$

$$Pf = 7177 hab$$

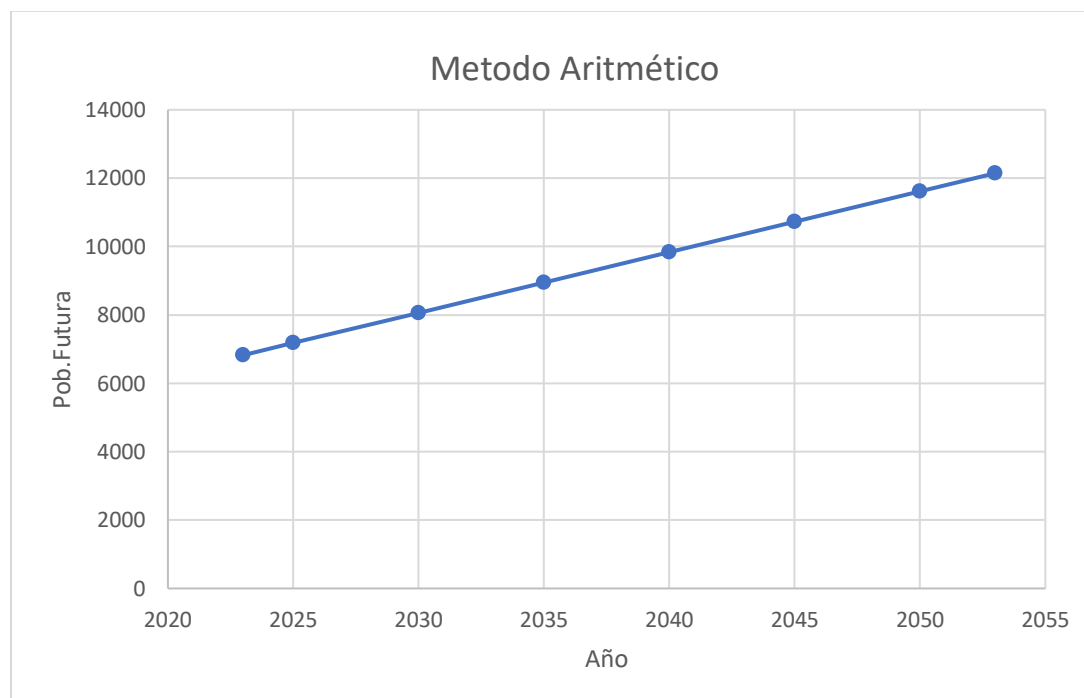
Tabla 4.1.

Resultados del Método Aritmético

Método Aritmético	
Año	Pob.Futura
2023	6822
2025	7177
2030	8064
2035	8950
2040	9837
2045	10724
2050	11611
2053	12143

Nota. Elaboración propia (2023).

Figura 4.2. *Resultados del Método Aritmético.*



Nota. Elaboración propia (2023).

4.1.1.3.2 Método Geométrico

Calculo según Ecuación 4.2

$$Pf = Pa * (1 + r)^n$$

$$Pf = 6822 * (1 + 0.026)^2$$

$$Pf = 7181 \text{ hab}$$

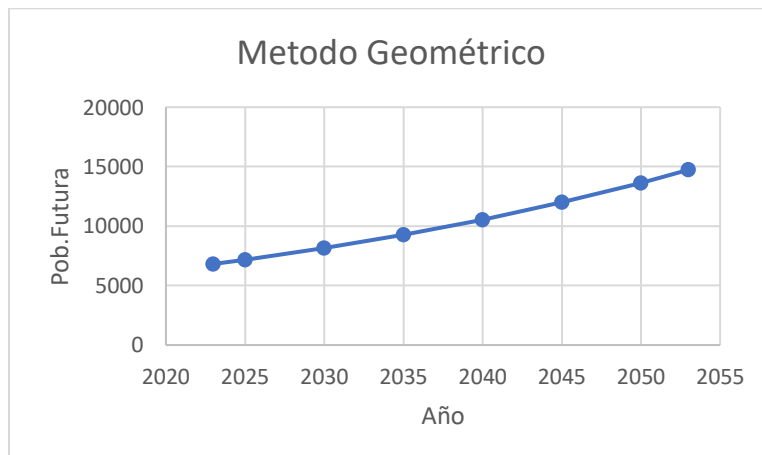
Tabla 4.2.

Resultados del Método Geométrico.

Método Geométrico	
Año	Pob.Futura
2023	6822
2025	7181
2030	8165
2035	9283
2040	10554
2045	11999
2050	13642
2053	14734

Nota. Elaboración propia (2023).

Figura 4.3. *Resultados del Método Geométrico.*



Nota. Elaboración propia (2023).

4.1.1.3.3 Método exponencial

Calculo según la Ecuación 4.3

$$Pf = Pa * e^{r*n}$$
$$Pf = 6822 * e^{0.026*2}$$
$$Pf = 7186 \text{ hab}$$

Tabla 4.3.

Resultados Método Exponencial

Método exponencial	
Año	Pob.Futura
2023	6822
2025	7186
2030	8184
2035	9320
2040	10614
2045	12087
2050	13765
2053	14882

Nota. Elaboración propia (2023).

Figura 4.4. *Resultados del Método Exponencial.*



Nota. Elaboración propia (2023).

4.1.2 Dotación de agua

En los Planes Maestros de Agua Potable y Saneamiento para la ciudad de Cuenca III ETAPA, se definió la dotación para los sectores urbano y rural del Cantón Cuenca la cual es 180 l/hab-d según la tabla 3.2.

4.1.3 Caudales de demanda

4.1.3.1 Caudal medio diario (Qmd)

Se calcula según la Ecuación 4.4.

$$q = \frac{D * Pd}{86400}$$

$$q = \frac{180 * 6822}{86400}$$

$$q = 14.21 \text{ l/s}$$

4.1.3.2 Factores de Consumo Máximo Diario y Máximo Horario.

Según los Estudios de la III Etapa de los Planes Maestros se definieron estos patrones de consumo.

Factor Máximo Diario $K1 = 1.30$

Factor Máximo Horario $K2 = 1.70$

4.1.3.3 Caudal máximo Diario (QMD)

Cálculo del caudal máximo diario según la Ecuación 4.5

$$QMD = K1 * q$$

$$QMD = 1.30 * 14.21$$

$$QMD = 18.48 \text{ l/s}$$

4.1.3.4 Caudal Máximo Horario

Cálculo del caudal máximo horario según la Ecuación 4.6

$$QMH = K2 * q$$

$$QMH = 1.70 * 14.21$$

$$QMH = 24.16 \text{ l/s}$$

4.1.3.5 Caudal de diseño

Para el diseño de las diferentes componentes del sistema de abastecimiento de agua potable, se usarán los caudales que constan en la tabla 3.3

Conducción de aguas subterráneas

$$Q_{conduccionsub} = QMD + 5\%$$

$$Q_{conduccionsub} = 18.48 + 5\%$$

$$Q_{conduccionsub} = 19.40 \text{ l/s}$$

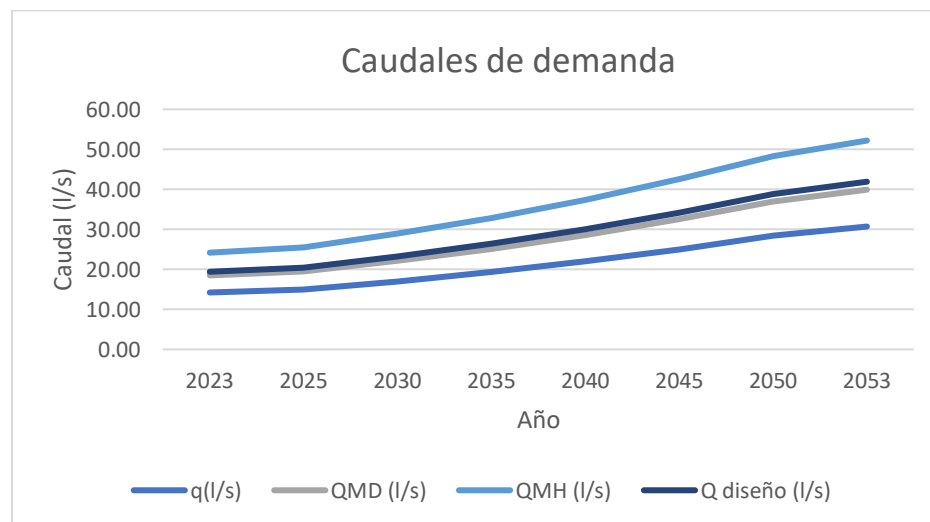
Tabla 4.4.

Caudales de demanda.

Año	Dotación(l-h/d)	Pob.Diseño	q(l/s)	QMD (l/s)	QMH (l/s)	Q diseño (l/s)
2023	180	6822	14.21	18.48	24.16	19.40
2025	180	7181	14.96	19.45	25.43	20.42
2030	180	8165	17.01	22.11	28.92	23.22
2035	180	9283	19.34	25.14	32.88	26.4
2040	180	10554	21.99	28.58	37.38	30.01
2045	180	11999	25.00	32.50	42.50	34.12
2050	180	13642	28.42	36.95	48.32	38.8
2053	180	14734	30.70	39.91	52.19	41.9

Nota. Elaboración propia (2023).

Figura 4.5. Caudales de demanda.



Nota. Elaboración propia (2023).

4.1.4 Presiones

4.1.4.1 Presión estática

Es la presión hidrostática disponible cuando no hay consumo de agua (léase el punto 3.9.1), se usa la cota del tanque de 2833 msnm y la cota clave obtenida en la topografía de la conducción, en este caso la menor es 2777.15 msnm, para la resolución se utilizará la ecuación 3.28.

$$Car. g Est. (m) = Cot. s - Cot. Clave$$

$$Car. g Est. (m) = 2833 - 2777.15$$

$$Car. g Est. (m) = 55.85 mca$$

4.1.4.2 Presión Dinámica

La presión dinámica es la presión hidrostática disponible en el consumo de agua (léase el punto 3.9.2), se necesita la cota piezométrica de cada tramo, para la resolución se utilizará la ecuación 3.29

$$Car. g Est. (m) = Cot. s - Cot. Clave$$

$$Car. g Est. (m) = 2828.64 - 2777.15$$

$$Car. g Est. (m) = 51.49 mca$$

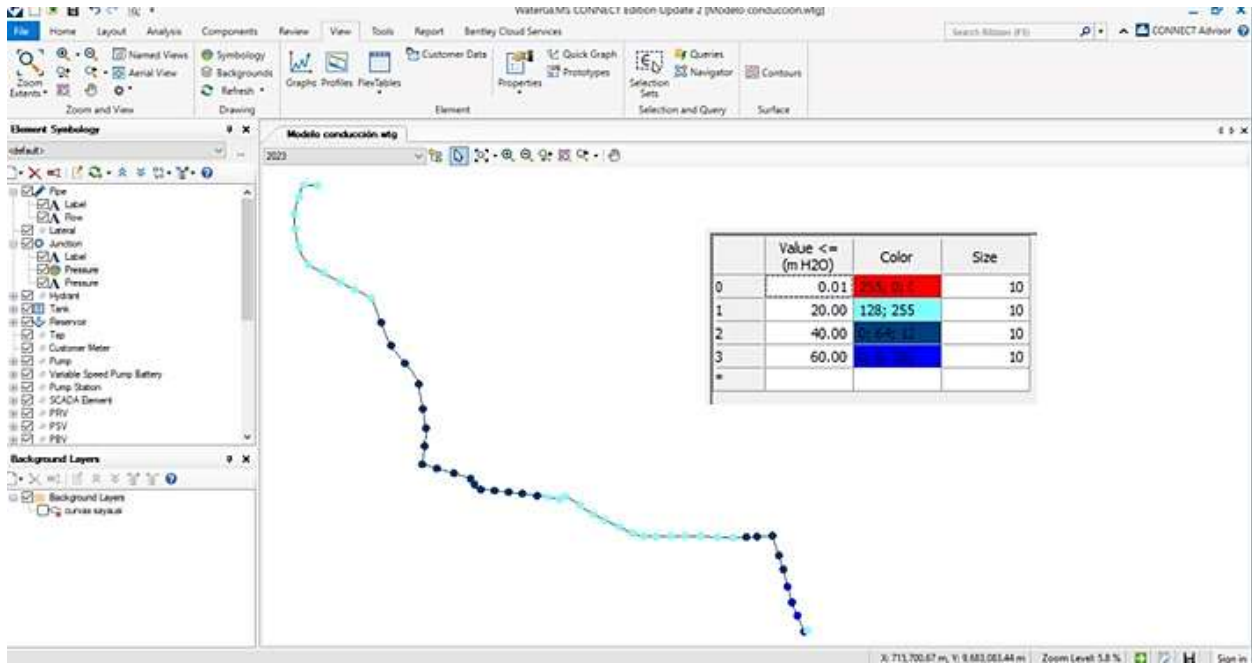
4.2 Evaluación de la conducción.

La conducción cuenta con:

Longitud de 1982.32 m de conducción de agua tratada con tubería de 200 mm de PVC

En base a lo expuesto en la sección 4.1, se generó en el programa WaterGems el modelo hidráulico de la conducción.

Figura 4.6. Modelo Hidráulico de la Conducción de agua potable del sistema de Sayausí.



Nota. Elaboración propia (2023).

En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos de la conducción para el presente año y para los 30 años siguientes.

AÑO 2023

Tabla 4.5.

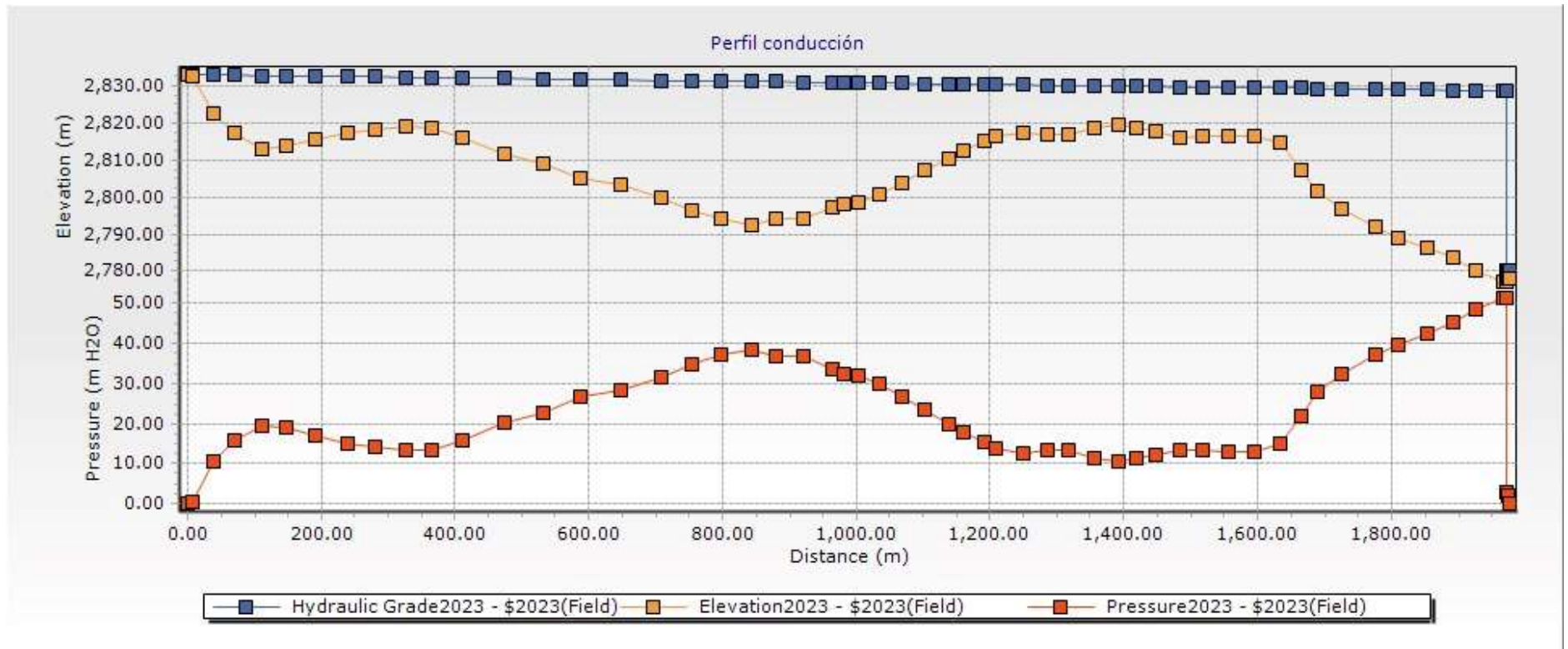
Resultados de evaluación de conducción del sistema Sayausí 2023.

Label	Elevation (m)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H ₂ O)	Label	Length (m)	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (l/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	hf	Presión estática	Cota Piezometrica	Presión dinámica
J-1	2,832.73	2,832.98	0.25	P-1	6.35	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.014	0.27	2832.99	0.26
J-2	2,822.49	2,832.91	10.39	P-2	32.48	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.072	10.51	2832.91	10.42
J-3	2,817.16	2,832.84	15.65	P-3	30.66	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.068	15.84	2832.85	15.69
J-4	2,813.12	2,832.75	19.59	P-4	41.76	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.093	19.88	2832.75	19.63
J-5	2,813.62	2,832.67	19.01	P-5	35.49	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.079	19.38	2832.67	19.05
J-6	2,815.68	2,832.57	16.85	P-6	43.05	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.095	17.32	2832.58	16.90
J-7	2,817.38	2,832.46	15.05	P-7	49.84	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.111	15.62	2832.47	15.09
J-8	2,818.03	2,832.37	14.31	P-8	41.67	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.092	14.97	2832.38	14.35
J-9	2,818.97	2,832.27	13.27	P-9	45.07	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.100	14.03	2832.28	13.31
J-10	2,818.75	2,832.19	13.41	P-10	37.74	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.084	14.25	2832.19	13.44
J-11	2,816.17	2,832.08	15.88	P-11	46.24	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.103	16.83	2832.09	15.92
J-12	2,811.72	2,831.94	20.18	P-12	62.47	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.139	21.28	2831.95	20.23
J-13	2,809.16	2,831.81	22.61	P-13	59.91	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.133	23.84	2831.82	22.66
J-14	2,805.08	2,831.69	26.56	P-14	53.45	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.119	27.92	2831.70	26.62
J-15	2,803.16	2,831.56	28.34	P-15	60.5	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.134	29.84	2831.57	28.41
J-16	2,799.84	2,831.42	31.51	P-16	61.99	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.137	33.16	2831.43	31.59
J-17	2,796.36	2,831.32	34.88	P-17	46.56	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.103	36.64	2831.33	34.97
J-18	2,794.10	2,831.22	37.05	P-18	42.94	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.095	38.90	2831.23	37.13
J-19	2,792.51	2,831.12	38.53	P-19	44.96	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.100	40.49	2831.13	38.62
J-20	2,794.11	2,831.04	36.85	P-20	36.08	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.080	38.89	2831.05	36.94
J-21	2,794.24	2,830.95	36.64	P-21	42.29	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.094	38.76	2830.96	36.72
J-22	2,797.31	2,830.85	33.48	P-22	41.77	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.093	35.69	2830.86	33.55
J-23	2,798.24	2,830.82	32.51	P-23	17.47	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.039	34.76	2830.82	32.58
J-24	2,798.60	2,830.77	32.1	P-24	21.66	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.048	34.40	2830.78	32.18
J-25	2,800.63	2,830.70	30.01	P-25	32.4	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.072	32.37	2830.70	30.07
J-26	2,803.95	2,830.62	26.62	P-26	34.03	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.075	29.05	2830.63	26.68
J-27	2,807.11	2,830.55	23.39	P-27	32.87	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.073	25.89	2830.56	23.45
J-28	2,810.41	2,830.47	20.02	P-28	35.54	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.079	22.59	2830.48	20.07
J-29	2,812.66	2,830.41	17.72	P-29	24.05	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.053	20.34	2830.42	17.76
J-30	2,815.09	2,830.35	15.23	P-30	29.89	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.066	17.91	2830.36	15.27
J-31	2,816.36	2,830.31	13.93	P-31	16.72	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.037	16.64	2830.32	13.96
J-32	2,817.49	2,830.22	12.71	P-32	40.87	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.091	15.51	2830.23	12.74
J-33	2,816.79	2,830.14	13.32	P-33	37.89	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.084	16.21	2830.15	13.36
J-34	2,816.82	2,830.07	13.22	P-34	30.87	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.068	16.18	2830.08	13.26
J-35	2,818.80	2,829.98	11.16	P-35	39.03	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.087	14.20	2829.99	11.19
J-36	2,819.34	2,829.90	10.54	P-36	34.58	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.077	13.66	2829.91	10.57
J-37	2,818.67	2,829.84	11.15	P-37	28.1	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.062	14.33	2829.85	11.18
J-38	2,817.60	2,829.78	12.15	P-38	29.42	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.065	15.40	2829.79	12.19
J-39	2,816.17	2,829.70	13.5	P-39	34.6	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.077	16.83	2829.71	13.54
J-40	2,816.29	2,829.62	13.31	P-40	33.45	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.074	16.71	2829.64	13.35
J-41	2,816.49	2,829.54	13.02	P-41	38.66	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.086	16.51	2829.55	13.06
J-42	2,816.30	2,829.45	13.12	P-42	40.82	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.091	16.70	2829.46	13.16
J-43	2,814.50	2,829.36	14.84	P-43	37.32	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.083	18.50	2829.38	14.88
J-44	2,807.28	2,829.30	21.98	P-44	30.59	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.068	25.72	2829.31	22.03
J-45	2,801.43	2,829.24	27.76	P-45	25.39	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.056	31.57	2829.25	27.82
J-46	2,796.62	2,829.16	32.47	P-46	36.85	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.082	36.38	2829.17	32.55
J-47	2,791.77	2,829.05	37.2	P-47	49.1	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.109	41.23	2829.06	37.29
J-48	2,789.10	2,828.97	39.79	P-48	34.67	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.077	43.90	2828.99	39.89
J-49	2,786.24	2,828.88	42.55	P-49	42.56	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.094	46.76	2828.89	42.65
J-50	2,783.52	2,828.79	45.18	P-50	39.09	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.087	49.48	2828.80	45.28
J-51	2,780.26	2,828.72	48.36	P-51	34.16	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.076	52.74	2828.73	48.47
J-52	2,777.15	2,828.62	51.37	P-52	41.43	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.092	55.85	2828.64	51.49
J-53	2,777.86	2,780.00	2.14	P-53	9.7	200	PVC	130	19.4	0.62	0.002	0.022	55.14	2828.62	50.76

Nota. Elaboración propia (2023).

AÑO 2023

Figura 4.7. Perfil de la conducción 2023.



Nota. Elaboración propia (2023).

AÑO 2025

Tabla 4.6.

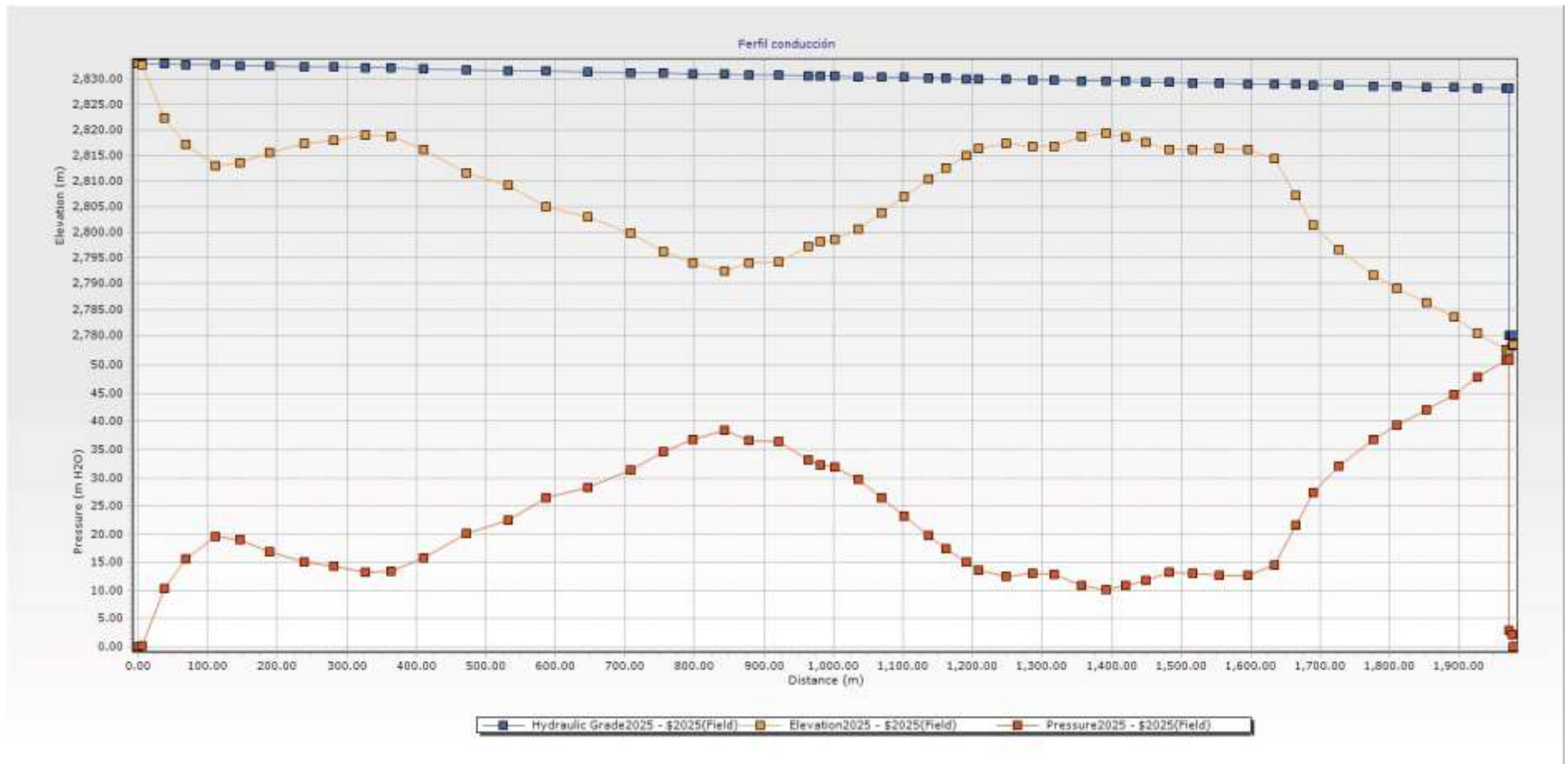
Resultados de evaluación de conducción del sistema Sayausí 2025.

Label	Elevation (m)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)	Label	Length (m)	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (l/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	hf	Presión estática	Cota Piezometrica	Presión dinámica
J-1	2,832.73	2,832.98	0.25	P-1	6.35	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.015	0.27	2832.98	0.25
J-2	2,822.49	2,832.90	10.38	P-2	32.48	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.079	10.51	2832.91	10.42
J-3	2,817.16	2,832.82	15.63	P-3	30.66	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.075	15.84	2832.83	15.67
J-4	2,813.12	2,832.72	19.56	P-4	41.76	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.102	19.88	2832.73	19.61
J-5	2,813.62	2,832.64	18.98	P-5	35.49	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.087	19.38	2832.64	19.02
J-6	2,815.68	2,832.53	16.81	P-6	43.05	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.105	17.32	2832.54	16.86
J-7	2,817.38	2,832.41	15	P-7	49.84	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.122	15.62	2832.42	15.04
J-8	2,818.03	2,832.31	14.25	P-8	41.67	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.102	14.97	2832.31	14.28
J-9	2,818.97	2,832.20	13.2	P-9	45.07	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.110	14.03	2832.20	13.23
J-10	2,818.75	2,832.10	13.33	P-10	37.74	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.092	14.25	2832.11	13.36
J-11	2,816.17	2,831.99	15.79	P-11	46.24	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.113	16.83	2832.00	15.83
J-12	2,811.72	2,831.84	20.08	P-12	62.47	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.152	21.28	2831.85	20.13
J-13	2,809.16	2,831.69	22.49	P-13	59.91	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.146	23.84	2831.70	22.54
J-14	2,805.08	2,831.56	26.43	P-14	53.45	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.130	27.92	2831.57	26.49
J-15	2,803.16	2,831.41	28.2	P-15	60.5	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.148	29.84	2831.42	28.26
J-16	2,799.84	2,831.26	31.36	P-16	61.99	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.151	33.16	2831.27	31.43
J-17	2,796.36	2,831.15	34.72	P-17	46.56	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.114	36.64	2831.16	34.80
J-18	2,794.10	2,831.04	36.87	P-18	42.94	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.105	38.90	2831.05	36.95
J-19	2,792.51	2,830.93	38.35	P-19	44.96	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.110	40.49	2830.94	38.43
J-20	2,794.11	2,830.85	36.66	P-20	36.08	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.088	38.89	2830.86	36.75
J-21	2,794.24	2,830.74	36.43	P-21	42.29	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.103	38.76	2830.75	36.51
J-22	2,797.31	2,830.64	33.27	P-22	41.77	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.102	35.69	2830.65	33.34
J-23	2,798.24	2,830.60	32.3	P-23	17.47	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.043	34.76	2830.61	32.37
J-24	2,798.60	2,830.55	31.88	P-24	21.66	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.053	34.40	2830.56	31.96
J-25	2,800.63	2,830.47	29.78	P-25	32.4	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.079	32.37	2830.48	29.85
J-26	2,803.95	2,830.38	26.38	P-26	34.03	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.083	29.05	2830.39	26.44
J-27	2,807.11	2,830.30	23.15	P-27	32.87	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.080	25.89	2830.31	23.20
J-28	2,810.41	2,830.22	19.77	P-28	35.54	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.087	22.59	2830.23	19.82
J-29	2,812.66	2,830.16	17.46	P-29	24.05	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.059	20.34	2830.17	17.51
J-30	2,815.09	2,830.08	14.96	P-30	29.89	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.073	17.91	2830.10	15.01
J-31	2,816.36	2,830.04	13.66	P-31	16.72	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.041	16.64	2830.05	13.69
J-32	2,817.49	2,829.94	12.43	P-32	40.87	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.100	15.51	2829.95	12.46
J-33	2,816.79	2,829.85	13.04	P-33	37.89	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.092	16.21	2829.86	13.07
J-34	2,816.82	2,829.78	12.93	P-34	30.87	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.075	16.18	2829.79	12.97
J-35	2,818.80	2,829.68	10.86	P-35	39.03	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.095	14.20	2829.69	10.89
J-36	2,819.34	2,829.60	10.24	P-36	34.58	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.084	13.66	2829.61	10.27
J-37	2,818.67	2,829.53	10.83	P-37	28.1	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.069	14.33	2829.54	10.87
J-38	2,817.60	2,829.46	11.83	P-38	29.42	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.072	15.40	2829.47	11.87
J-39	2,816.17	2,829.37	13.18	P-39	34.6	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.084	16.83	2829.38	13.21
J-40	2,816.29	2,829.29	12.97	P-40	33.45	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.082	16.71	2829.30	13.01
J-41	2,816.49	2,829.19	12.68	P-41	38.66	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.094	16.51	2829.21	12.72
J-42	2,816.30	2,829.09	12.77	P-42	40.82	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.100	16.70	2829.11	12.81
J-43	2,814.50	2,829.00	14.48	P-43	37.32	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.091	18.50	2829.02	14.52
J-44	2,807.28	2,828.93	21.61	P-44	30.59	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.075	25.72	2828.94	21.66
J-45	2,801.43	2,828.87	27.38	P-45	25.39	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.062	31.57	2828.88	27.45
J-46	2,796.62	2,828.78	32.09	P-46	36.85	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.090	36.38	2828.79	32.17
J-47	2,791.77	2,828.66	36.81	P-47	49.1	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.120	41.23	2828.67	36.90
J-48	2,789.10	2,828.57	39.39	P-48	34.67	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.085	43.90	2828.59	39.49
J-49	2,786.24	2,828.47	42.14	P-49	42.56	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.104	46.76	2828.48	42.24
J-50	2,783.52	2,828.37	44.76	P-50	39.09	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.095	49.48	2828.39	44.87
J-51	2,780.26	2,828.29	47.94	P-51	34.16	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.083	52.74	2828.30	48.04
J-52	2,777.15	2,828.19	50.94	P-52	41.43	200	PVC	130	20.42	0.65	0.002	0.101	55.85	2828.20	51.05
J-53	2,777.86	2,780.01	2.14	P-53	9.7	200	PVC	130	20.42	0.65	0.003	0.024	55.14	2828.18	50.32

Nota. Elaboración propia (2023).

AÑO 2025

Figura 4.8. Perfil de la conducción 2025.



Nota. Elaboración propia (2023).

AÑO 2030

Tabla 4.7.

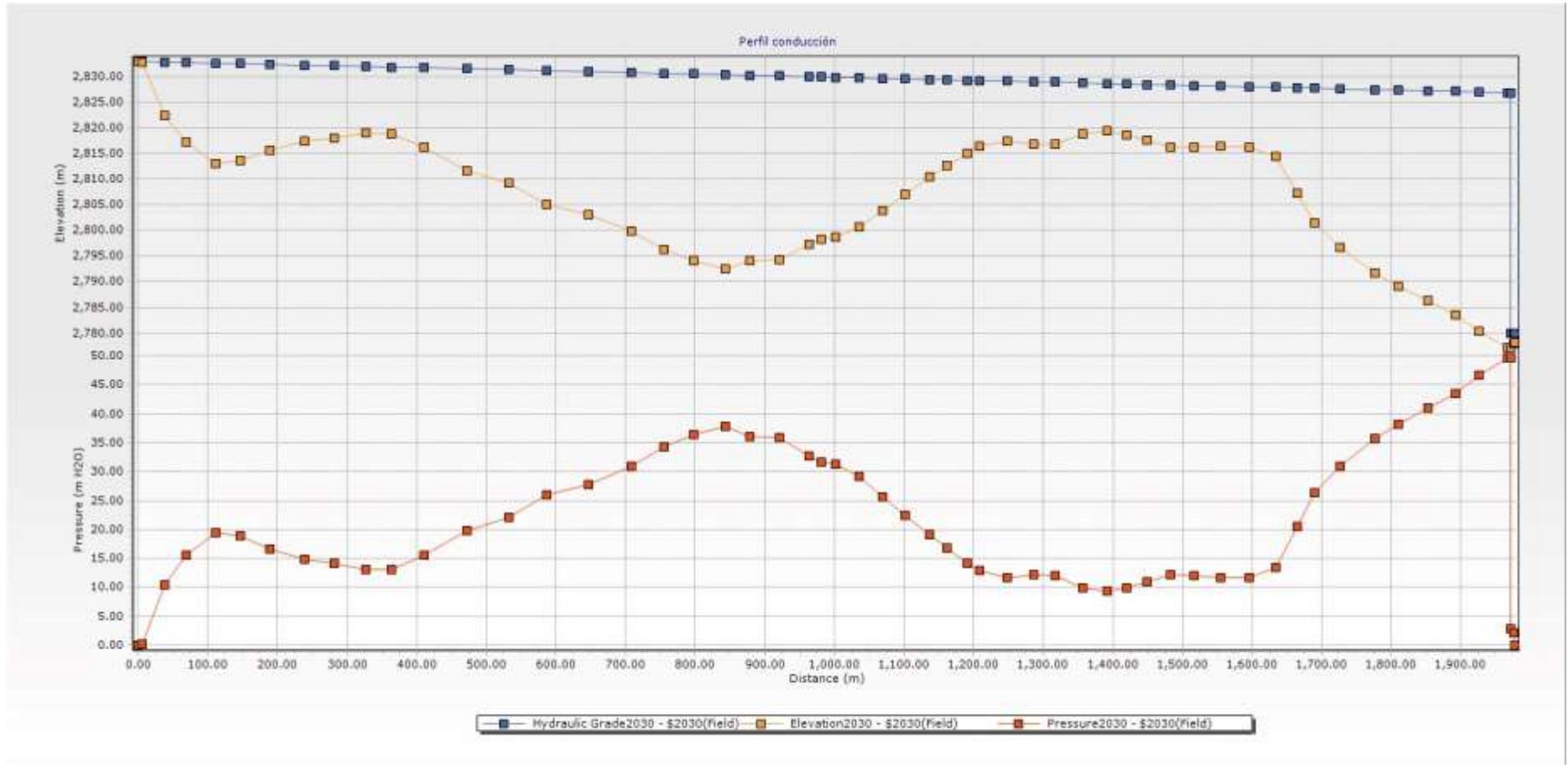
Resultados de evaluación de conducción del sistema Sayausí 2030.

Label	Elevation (m)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)	Label	Length (m)	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (l/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	hf	Presión estática	Cota Piezometrica	Presión dinámica
J-1	2,832.73	2,832.97	0.25	P-1	6.35	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.020	0.27	2832.98	0.25
J-2	2,822.49	2,832.87	10.36	P-2	32.48	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.100	10.51	2832.88	10.39
J-3	2,817.16	2,832.78	15.59	P-3	30.66	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.095	15.84	2832.79	15.63
J-4	2,813.12	2,832.65	19.49	P-4	41.76	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.129	19.88	2832.66	19.54
J-5	2,813.62	2,832.54	18.88	P-5	35.49	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.110	19.38	2832.55	18.93
J-6	2,815.68	2,832.41	16.69	P-6	43.05	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.133	17.32	2832.41	16.73
J-7	2,817.38	2,832.25	14.84	P-7	49.84	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.154	15.62	2832.26	14.88
J-8	2,818.03	2,832.12	14.06	P-8	41.67	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.129	14.97	2832.13	14.10
J-9	2,818.97	2,831.98	12.99	P-9	45.07	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.139	14.03	2831.99	13.02
J-10	2,818.75	2,831.87	13.09	P-10	37.74	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.117	14.25	2831.87	13.12
J-11	2,816.17	2,831.72	15.52	P-11	46.24	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.143	16.83	2831.73	15.56
J-12	2,811.72	2,831.53	19.77	P-12	62.47	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.193	21.28	2831.54	19.82
J-13	2,809.16	2,831.34	22.14	P-13	59.91	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.185	23.84	2831.35	22.19
J-14	2,805.08	2,831.18	26.04	P-14	53.45	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.165	27.92	2831.19	26.11
J-15	2,803.16	2,830.99	27.78	P-15	60.5	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.187	29.84	2831.00	27.84
J-16	2,799.84	2,830.80	30.89	P-16	61.99	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.192	33.16	2830.81	30.97
J-17	2,796.36	2,830.65	34.22	P-17	46.56	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.144	36.64	2830.66	34.30
J-18	2,794.10	2,830.52	36.35	P-18	42.94	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.133	38.90	2830.53	36.43
J-19	2,792.51	2,830.38	37.8	P-19	44.96	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.139	40.49	2830.39	37.88
J-20	2,794.11	2,830.27	36.08	P-20	36.08	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.112	38.89	2830.28	36.17
J-21	2,794.24	2,830.14	35.83	P-21	42.29	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.131	38.76	2830.15	35.91
J-22	2,797.31	2,830.01	32.64	P-22	41.77	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.129	35.69	2830.02	32.71
J-23	2,798.24	2,829.95	31.65	P-23	17.47	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.054	34.76	2829.97	31.73
J-24	2,798.60	2,829.89	31.22	P-24	21.66	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.067	34.40	2829.90	31.30
J-25	2,800.63	2,829.79	29.1	P-25	32.4	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.100	32.37	2829.80	29.17
J-26	2,803.95	2,829.68	25.68	P-26	34.03	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.105	29.05	2829.69	25.74
J-27	2,807.11	2,829.58	22.43	P-27	32.87	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.102	25.89	2829.59	22.48
J-28	2,810.41	2,829.47	19.02	P-28	35.54	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.110	22.59	2829.48	19.07
J-29	2,812.66	2,829.39	16.7	P-29	24.05	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.074	20.34	2829.41	16.75
J-30	2,815.09	2,829.30	14.18	P-30	29.89	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.092	17.91	2829.31	14.22
J-31	2,816.36	2,829.25	12.87	P-31	16.72	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.052	16.64	2829.26	12.90
J-32	2,817.49	2,829.12	11.61	P-32	40.87	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.126	15.51	2829.14	11.65
J-33	2,816.79	2,829.01	12.2	P-33	37.89	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.117	16.21	2829.02	12.23
J-34	2,816.82	2,828.91	12.06	P-34	30.87	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.096	16.18	2828.92	12.10
J-35	2,818.80	2,828.79	9.97	P-35	39.03	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.121	14.20	2828.80	10.00
J-36	2,819.34	2,828.68	9.33	P-36	34.58	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.107	13.66	2828.70	9.36
J-37	2,818.67	2,828.60	9.9	P-37	28.1	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.087	14.33	2828.61	9.94
J-38	2,817.60	2,828.50	10.88	P-38	29.42	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.091	15.40	2828.52	10.92
J-39	2,816.17	2,828.40	12.21	P-39	34.6	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.107	16.83	2828.41	12.24
J-40	2,816.29	2,828.29	11.98	P-40	33.45	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.103	16.71	2828.31	12.02
J-41	2,816.49	2,828.17	11.66	P-41	38.66	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.120	16.51	2828.19	11.70
J-42	2,816.30	2,828.05	11.73	P-42	40.82	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.126	16.70	2828.06	11.76
J-43	2,814.50	2,827.93	13.41	P-43	37.32	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.115	18.50	2827.95	13.45
J-44	2,807.28	2,827.84	20.52	P-44	30.59	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.095	25.72	2827.85	20.57
J-45	2,801.43	2,827.76	26.28	P-45	25.39	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.079	31.57	2827.77	26.34
J-46	2,796.62	2,827.64	30.96	P-46	36.85	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.114	36.38	2827.66	31.04
J-47	2,791.77	2,827.49	35.65	P-47	49.1	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.152	41.23	2827.51	35.74
J-48	2,789.10	2,827.38	38.2	P-48	34.67	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.107	43.90	2827.40	38.30
J-49	2,786.24	2,827.25	40.93	P-49	42.56	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.132	46.76	2827.27	41.03
J-50	2,783.52	2,827.13	43.52	P-50	39.09	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.121	49.48	2827.15	43.63
J-51	2,780.26	2,827.03	46.68	P-51	34.16	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.106	52.74	2827.04	46.78
J-52	2,777.15	2,826.90	49.65	P-52	41.43	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.128	55.85	2826.91	49.76
J-53	2,777.86	2,826.01	2.14	P-53	9.7	200	PVC	130	23.22	0.74	0.003	0.030	55.14	2826.88	49.02

Nota. Elaboración propia (2023).

AÑO 2030

Figura 4.9. Perfil de la conducción 2030.



Nota. Elaboración propia (2023).

AÑO 2035

Tabla 4.8.

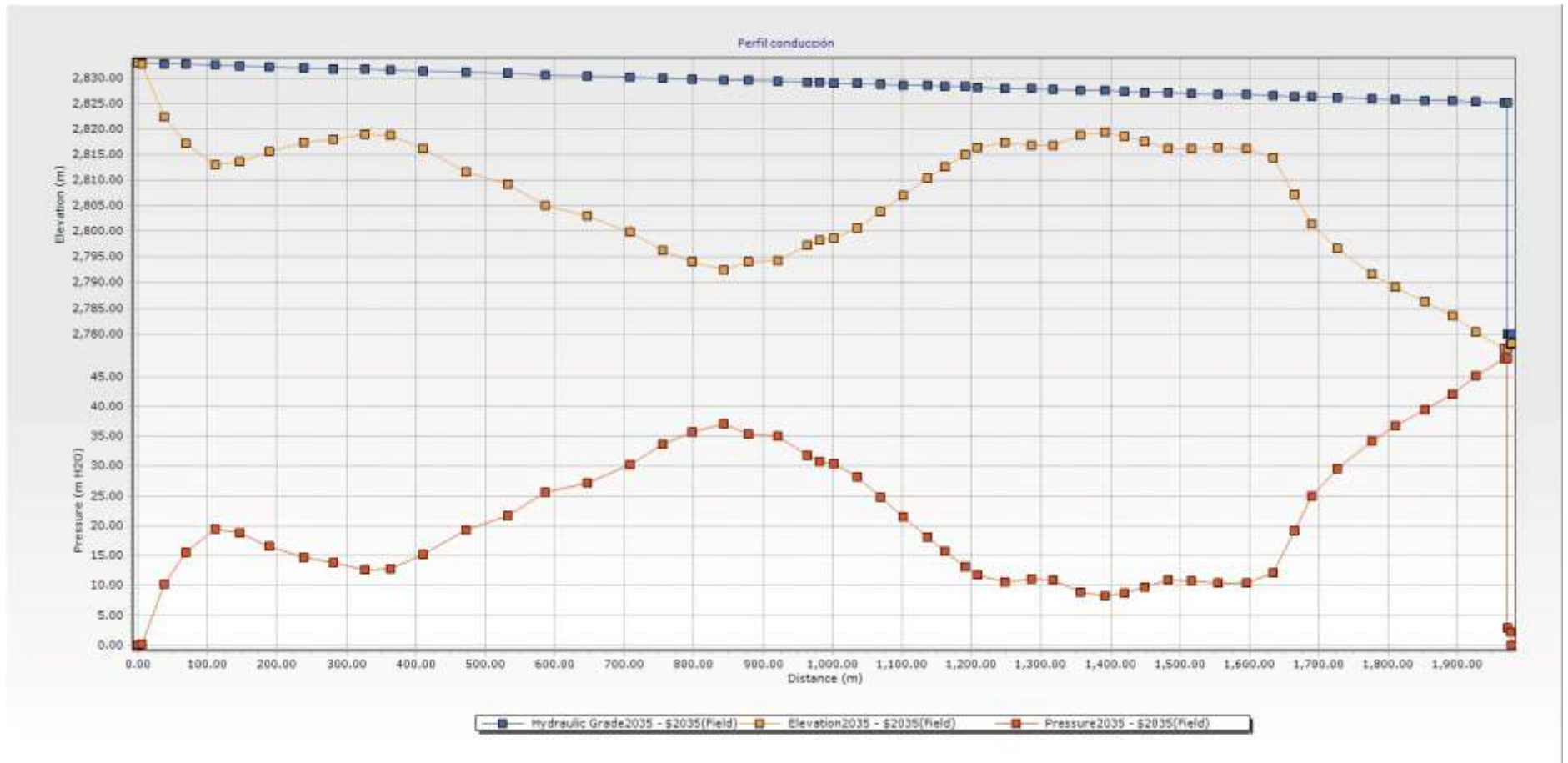
Resultados de evaluación de conducción del sistema Sayausí 2035.

Label	Elevation (m)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)	Label	Length (m)	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (l/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	hf	Presión estática	Cota Piezometrica	Presión dinámica
J-1	2,832.73	2,832.97	0.24	P-1	6.35	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.025	0.27	2832.98	0.25
J-2	2,822.49	2,832.84	10.33	P-2	32.48	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.127	10.51	2832.85	10.36
J-3	2,817.16	2,832.72	15.53	P-3	30.66	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.120	15.84	2832.73	15.57
J-4	2,813.12	2,832.56	19.4	P-4	41.76	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.164	19.88	2832.56	19.44
J-5	2,813.62	2,832.42	18.76	P-5	35.49	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.139	19.38	2832.42	18.80
J-6	2,815.68	2,832.25	16.53	P-6	43.05	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.169	17.32	2832.26	16.58
J-7	2,817.38	2,832.05	14.64	P-7	49.84	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.196	15.62	2832.06	14.68
J-8	2,818.03	2,831.89	13.83	P-8	41.67	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.164	14.97	2831.90	13.87
J-9	2,818.97	2,831.71	12.72	P-9	45.07	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.177	14.03	2831.72	12.75
J-10	2,818.75	2,831.56	12.78	P-10	37.74	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.148	14.25	2831.57	12.82
J-11	2,816.17	2,831.38	15.18	P-11	46.24	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.181	16.83	2831.39	15.22
J-12	2,811.72	2,831.14	19.38	P-12	62.47	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.245	21.28	2831.14	19.42
J-13	2,809.16	2,830.90	21.7	P-13	59.91	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.235	23.84	2830.91	21.75
J-14	2,805.08	2,830.69	25.56	P-14	53.45	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.210	27.92	2830.70	25.62
J-15	2,803.16	2,830.45	27.24	P-15	60.5	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.237	29.84	2830.46	27.30
J-16	2,799.84	2,830.21	30.3	P-16	61.99	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.243	33.16	2830.22	30.38
J-17	2,796.36	2,830.03	33.6	P-17	46.56	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.183	36.64	2830.04	33.68
J-18	2,794.10	2,829.86	35.68	P-18	42.94	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.168	38.90	2829.87	35.77
J-19	2,792.51	2,829.68	37.1	P-19	44.96	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.176	40.49	2829.69	37.18
J-20	2,794.11	2,829.54	35.35	P-20	36.08	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.142	38.89	2829.55	35.44
J-21	2,794.24	2,829.37	35.06	P-21	42.29	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.166	38.76	2829.38	35.14
J-22	2,797.31	2,829.21	31.84	P-22	41.77	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.164	35.69	2829.22	31.91
J-23	2,798.24	2,829.14	30.84	P-23	17.47	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.069	34.76	2829.15	30.91
J-24	2,798.60	2,829.05	30.39	P-24	21.66	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.085	34.40	2829.07	30.47
J-25	2,800.63	2,828.93	28.24	P-25	32.4	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.127	32.37	2828.94	28.31
J-26	2,803.95	2,828.79	24.8	P-26	34.03	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.134	29.05	2828.81	24.86
J-27	2,807.11	2,828.66	21.51	P-27	32.87	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.129	25.89	2828.68	21.57
J-28	2,810.41	2,828.52	18.08	P-28	35.54	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.139	22.59	2828.54	18.13
J-29	2,812.66	2,828.43	15.74	P-29	24.05	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.094	20.34	2828.44	15.78
J-30	2,815.09	2,828.31	13.19	P-30	29.89	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.117	17.91	2828.33	13.24
J-31	2,816.36	2,828.25	11.87	P-31	16.72	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.066	16.64	2828.26	11.90
J-32	2,817.49	2,828.09	10.58	P-32	40.87	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.160	15.51	2828.10	10.61
J-33	2,816.79	2,827.94	11.13	P-33	37.89	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.149	16.21	2827.95	11.16
J-34	2,816.82	2,827.82	10.97	P-34	30.87	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.121	16.18	2827.83	11.01
J-35	2,818.80	2,827.66	8.84	P-35	39.03	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.153	14.20	2827.68	8.88
J-36	2,819.34	2,827.53	8.17	P-36	34.58	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.136	13.66	2827.54	8.20
J-37	2,818.67	2,827.42	8.73	P-37	28.1	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.110	14.33	2827.43	8.76
J-38	2,817.60	2,827.30	9.68	P-38	29.42	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.115	15.40	2827.32	9.72
J-39	2,816.17	2,827.16	10.97	P-39	34.6	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.136	16.83	2827.18	11.01
J-40	2,816.29	2,827.03	10.72	P-40	33.45	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.131	16.71	2827.05	10.76
J-41	2,816.49	2,826.88	10.37	P-41	38.66	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.152	16.51	2826.90	10.41
J-42	2,816.30	2,826.72	10.4	P-42	40.82	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.160	16.70	2826.74	10.44
J-43	2,814.50	2,826.57	12.05	P-43	37.32	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.146	18.50	2826.59	12.09
J-44	2,807.28	2,826.45	19.14	P-44	30.59	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.120	25.72	2826.47	19.19
J-45	2,801.43	2,826.35	24.88	P-45	25.39	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.100	31.57	2826.37	24.94
J-46	2,796.62	2,826.21	29.53	P-46	36.85	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.145	36.38	2826.23	29.61
J-47	2,791.77	2,826.01	34.17	P-47	49.1	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.193	41.23	2826.03	34.26
J-48	2,789.10	2,825.88	36.7	P-48	34.67	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.136	43.90	2825.90	36.80
J-49	2,786.24	2,825.71	39.39	P-49	42.56	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.167	46.76	2825.73	39.49
J-50	2,783.52	2,825.56	41.95	P-50	39.09	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.153	49.48	2825.58	42.06
J-51	2,780.26	2,825.42	45.08	P-51	34.16	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.134	52.74	2825.44	45.18
J-52	2,777.15	2,825.26	48.01	P-52	41.43	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.163	55.85	2825.28	48.13
J-53	2,777.86	2,780.01	2.14	P-53	9.7	200	PVC	130	26.4	0.84	0.004	0.038	55.14	2825.24	47.38

Nota. Elaboración propia (2023).

AÑO 2035

Figura 4.10. Perfil de la conducción 2035.



Nota. Elaboración propia (2023).

AÑO 2040

Tabla 4.9.

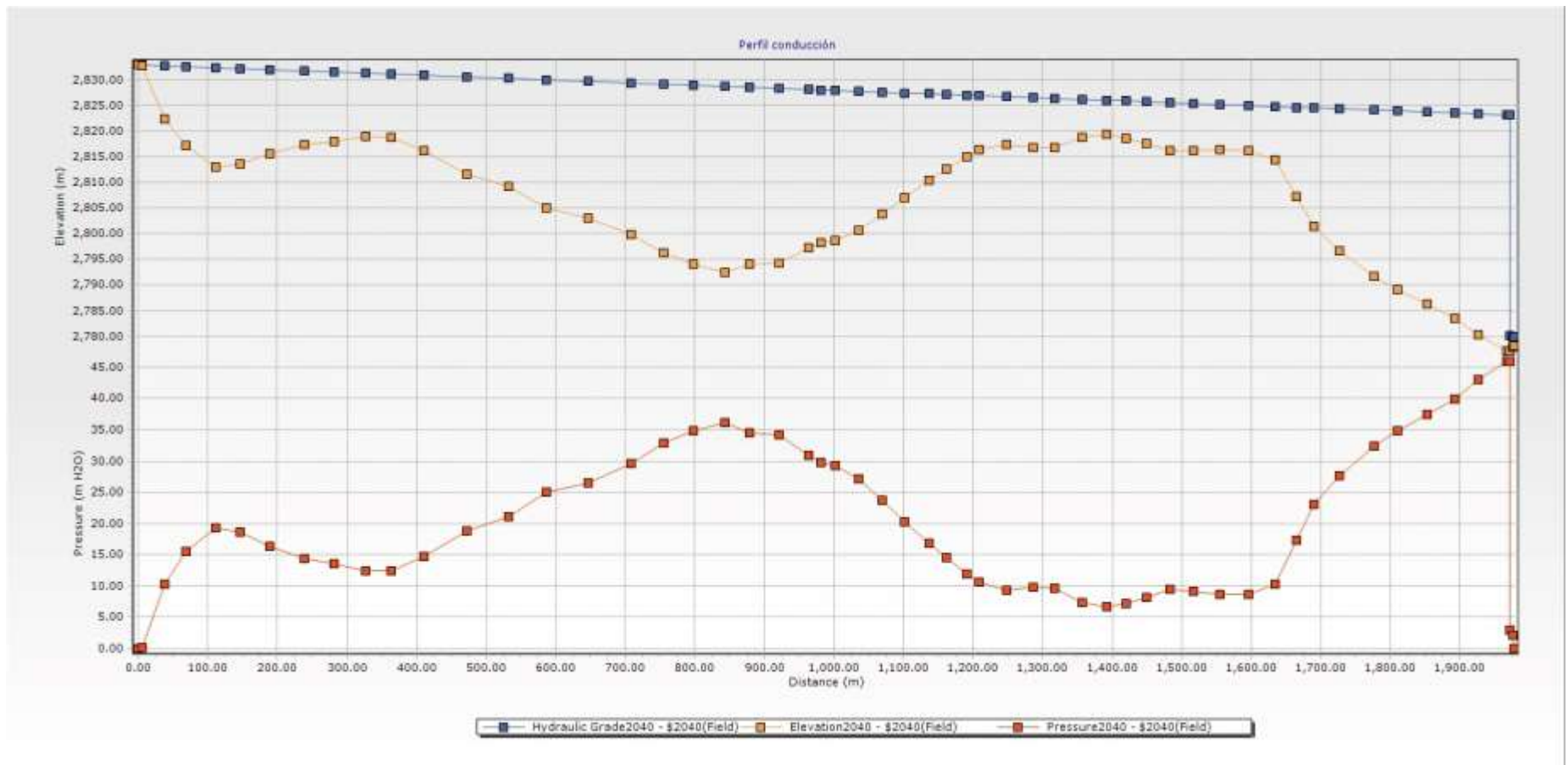
Resultados de evaluación de conducción del sistema Sayausí 2040.

Label	Elevation (m)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H ₂ O)	Label	Length (m)	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (l/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	hf	Presión estática	Cota Piezometrica	Presión dinámica
J-1	2,832.73	2,832.96	0.23	P-1	6.35	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.032	0.27	2832.97	0.24
J-2	2,822.49	2,832.80	10.29	P-2	32.48	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.162	10.51	2832.81	10.32
J-3	2,817.16	2,832.65	15.45	P-3	30.66	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.153	15.84	2832.65	15.49
J-4	2,813.12	2,832.44	19.28	P-4	41.76	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.208	19.88	2832.45	19.33
J-5	2,813.62	2,832.26	18.61	P-5	35.49	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.177	19.38	2832.27	18.65
J-6	2,815.68	2,832.05	16.33	P-6	43.05	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.214	17.32	2832.06	16.38
J-7	2,817.38	2,831.80	14.39	P-7	49.84	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.248	15.62	2831.81	14.43
J-8	2,818.03	2,831.59	13.54	P-8	41.67	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.207	14.97	2831.60	13.57
J-9	2,818.97	2,831.37	12.37	P-9	45.07	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.224	14.03	2831.38	12.41
J-10	2,818.75	2,831.18	12.4	P-10	37.74	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.188	14.25	2831.19	12.44
J-11	2,816.17	2,830.95	14.75	P-11	46.24	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.230	16.83	2830.96	14.79
J-12	2,811.72	2,830.64	18.88	P-12	62.47	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.311	21.28	2830.65	18.93
J-13	2,809.16	2,830.34	21.14	P-13	59.91	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.298	23.84	2830.35	21.19
J-14	2,805.08	2,830.07	24.94	P-14	53.45	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.266	27.92	2830.08	25.00
J-15	2,803.16	2,829.77	26.56	P-15	60.5	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.301	29.84	2829.78	26.62
J-16	2,799.84	2,829.46	29.56	P-16	61.99	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.308	33.16	2829.47	29.63
J-17	2,796.36	2,829.23	32.8	P-17	46.56	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.232	36.64	2829.24	32.88
J-18	2,794.10	2,829.02	34.85	P-18	42.94	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.214	38.90	2829.03	34.93
J-19	2,792.51	2,828.79	36.21	P-19	44.96	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.224	40.49	2828.81	36.30
J-20	2,794.11	2,828.61	34.43	P-20	36.08	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.180	38.89	2828.63	34.52
J-21	2,794.24	2,828.40	34.1	P-21	42.29	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.210	38.76	2828.42	34.18
J-22	2,797.31	2,828.19	30.82	P-22	41.77	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.208	35.69	2828.21	30.90
J-23	2,798.24	2,828.11	29.81	P-23	17.47	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.087	34.76	2828.12	29.88
J-24	2,798.60	2,828.00	29.34	P-24	21.66	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.108	34.40	2828.01	29.41
J-25	2,800.63	2,827.84	27.15	P-25	32.4	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.161	32.37	2827.85	27.22
J-26	2,803.95	2,827.67	23.67	P-26	34.03	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.169	29.05	2827.68	23.73
J-27	2,807.11	2,827.50	20.35	P-27	32.87	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.164	25.89	2827.52	20.41
J-28	2,810.41	2,827.33	16.88	P-28	35.54	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.177	22.59	2827.34	16.93
J-29	2,812.66	2,827.21	14.52	P-29	24.05	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.120	20.34	2827.22	14.56
J-30	2,815.09	2,827.06	11.94	P-30	29.89	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.149	17.91	2827.07	11.98
J-31	2,816.36	2,826.97	10.6	P-31	16.72	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.083	16.64	2826.99	10.63
J-32	2,817.49	2,826.77	9.26	P-32	40.87	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.203	15.51	2826.79	9.30
J-33	2,816.79	2,826.58	9.78	P-33	37.89	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.189	16.21	2826.60	9.81
J-34	2,816.82	2,826.43	9.59	P-34	30.87	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.154	16.18	2826.44	9.62
J-35	2,818.80	2,826.23	7.42	P-35	39.03	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.194	14.20	2826.25	7.45
J-36	2,819.34	2,826.06	6.71	P-36	34.58	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.172	13.66	2826.08	6.74
J-37	2,818.67	2,825.92	7.23	P-37	28.1	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.140	14.33	2825.94	7.27
J-38	2,817.60	2,825.77	8.16	P-38	29.42	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.146	15.40	2825.79	8.19
J-39	2,816.17	2,825.60	9.42	P-39	34.6	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.172	16.83	2825.62	9.45
J-40	2,816.29	2,825.43	9.13	P-40	33.45	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.166	16.71	2825.45	9.16
J-41	2,816.49	2,825.24	8.74	P-41	38.66	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.192	16.51	2825.26	8.77
J-42	2,816.30	2,825.04	8.72	P-42	40.82	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.203	16.70	2825.06	8.76
J-43	2,814.50	2,824.85	10.33	P-43	37.32	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.186	18.50	2824.87	10.37
J-44	2,807.28	2,824.70	17.39	P-44	30.59	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.152	25.72	2824.72	17.44
J-45	2,801.43	2,824.57	23.1	P-45	25.39	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.126	31.57	2824.59	23.16
J-46	2,796.62	2,824.39	27.71	P-46	36.85	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.183	36.38	2824.41	27.79
J-47	2,791.77	2,824.15	32.31	P-47	49.1	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.244	41.23	2824.17	32.40
J-48	2,789.10	2,823.97	34.8	P-48	34.67	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.172	43.90	2823.99	34.89
J-49	2,786.24	2,823.76	37.44	P-49	42.56	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.212	46.76	2823.78	37.54
J-50	2,783.52	2,823.57	39.96	P-50	39.09	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.194	49.48	2823.59	40.07
J-51	2,780.26	2,823.40	43.05	P-51	34.16	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.170	52.74	2823.42	43.16
J-52	2,777.15	2,823.19	45.95	P-52	41.43	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.206	55.85	2823.21	46.06
J-53	2,777.86	2,780.01	2.15	P-53	9.7	200	PVC	130	30.01	0.96	0.005	0.048	55.14	2823.16	45.30

Nota. Elaboración propia (2023).

AÑO 2040

Figura 4.11. Perfil de la conducción 2040.



Nota. Elaboración propia (2023).

AÑO 2045

Tabla 4.10.

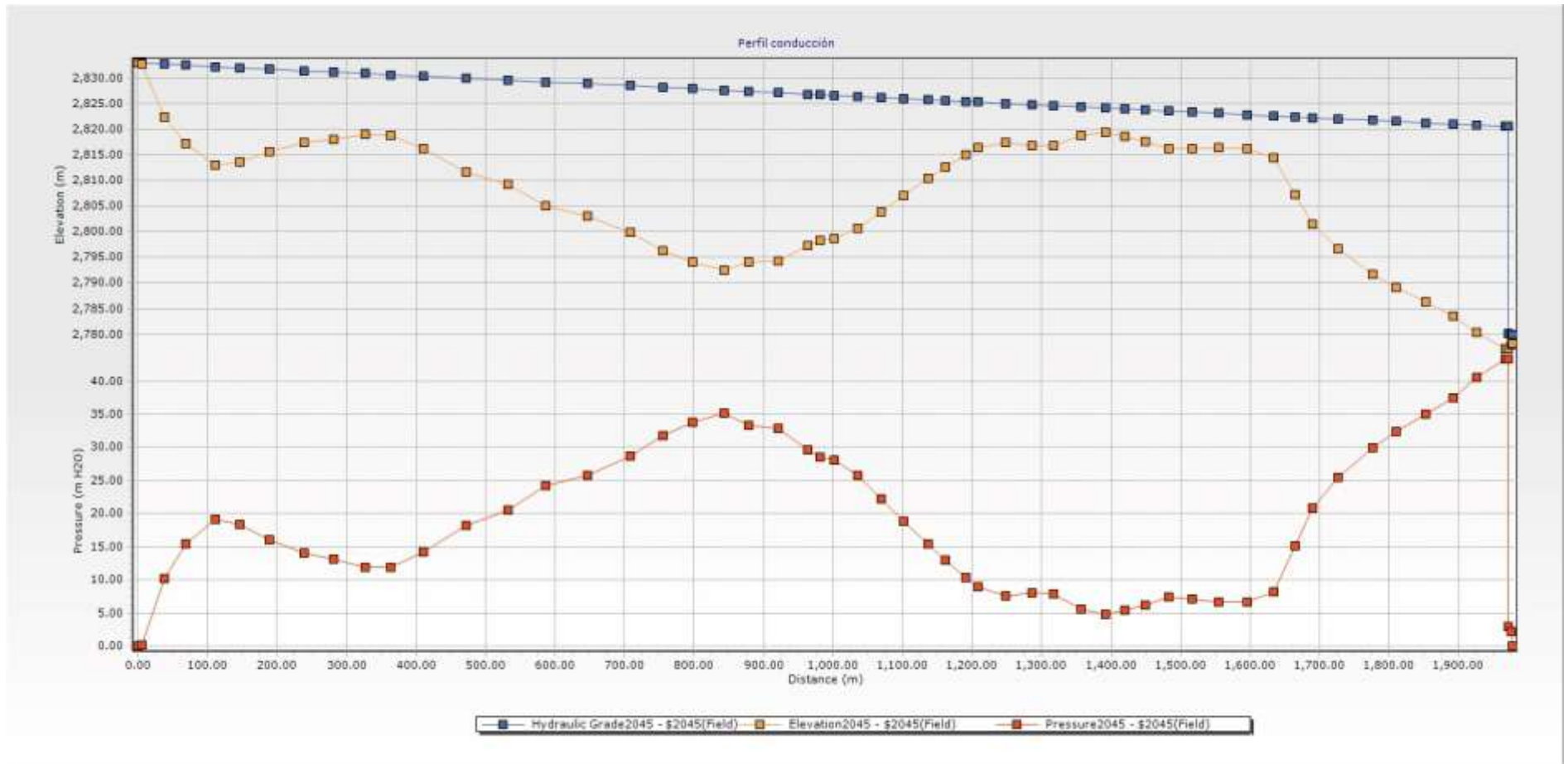
Resultados de evaluación de conducción del sistema Sayausí 2045.

Label	Elevation (m)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)	Label	Length (m)	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (l/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	hf	Presión estática	Cota Piezometrica	Presión dinámica
J-1	2,832.73	2,832.95	0.23	P-1	6.35	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.040	0.27	2832.96	0.23
J-2	2,822.49	2,832.75	10.23	P-2	32.48	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.205	10.51	2832.75	10.26
J-3	2,817.16	2,832.55	15.36	P-3	30.66	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.193	15.84	2832.56	15.40
J-4	2,813.12	2,832.29	19.13	P-4	41.76	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.264	19.88	2832.30	19.18
J-5	2,813.62	2,832.07	18.41	P-5	35.49	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.224	19.38	2832.07	18.45
J-6	2,815.68	2,831.79	16.08	P-6	43.05	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.272	17.32	2831.80	16.12
J-7	2,817.38	2,831.48	14.07	P-7	49.84	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.315	15.62	2831.49	14.11
J-8	2,818.03	2,831.22	13.16	P-8	41.67	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.263	14.97	2831.22	13.19
J-9	2,818.97	2,830.93	11.94	P-9	45.07	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.284	14.03	2830.94	11.97
J-10	2,818.75	2,830.69	11.92	P-10	37.74	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.238	14.25	2830.70	11.95
J-11	2,816.17	2,830.40	14.2	P-11	46.24	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.292	16.83	2830.41	14.24
J-12	2,811.72	2,830.01	18.25	P-12	62.47	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.394	21.28	2830.02	18.30
J-13	2,809.16	2,829.63	20.43	P-13	59.91	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.378	23.84	2829.64	20.48
J-14	2,805.08	2,829.29	24.16	P-14	53.45	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.337	27.92	2829.30	24.22
J-15	2,803.16	2,828.91	25.7	P-15	60.5	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.382	29.84	2828.92	25.76
J-16	2,799.84	2,828.51	28.61	P-16	61.99	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.391	33.16	2828.53	28.69
J-17	2,796.36	2,828.22	31.79	P-17	46.56	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.294	36.64	2828.23	31.87
J-18	2,794.10	2,827.95	33.78	P-18	42.94	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.271	38.90	2827.96	33.86
J-19	2,792.51	2,827.66	35.08	P-19	44.96	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.284	40.49	2827.68	35.17
J-20	2,794.11	2,827.44	33.25	P-20	36.08	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.228	38.89	2827.45	33.34
J-21	2,794.24	2,827.17	32.87	P-21	42.29	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.267	38.76	2827.18	32.94
J-22	2,797.31	2,826.90	29.54	P-22	41.77	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.264	35.69	2826.92	29.61
J-23	2,798.24	2,826.79	28.5	P-23	17.47	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.110	34.76	2826.81	28.57
J-24	2,798.60	2,826.66	28	P-24	21.66	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.137	34.40	2826.67	28.07
J-25	2,800.63	2,826.45	25.77	P-25	32.4	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.204	32.37	2826.47	25.84
J-26	2,803.95	2,826.24	22.25	P-26	34.03	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.215	29.05	2826.26	22.31
J-27	2,807.11	2,826.03	18.88	P-27	32.87	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.207	25.89	2826.05	18.94
J-28	2,810.41	2,825.80	15.36	P-28	35.54	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.224	22.59	2825.82	15.41
J-29	2,812.66	2,825.65	12.97	P-29	24.05	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.152	20.34	2825.67	13.01
J-30	2,815.09	2,825.46	10.35	P-30	29.89	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.189	17.91	2825.48	10.39
J-31	2,816.36	2,825.36	8.98	P-31	16.72	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.106	16.64	2825.38	9.02
J-32	2,817.49	2,825.10	7.6	P-32	40.87	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.258	15.51	2825.12	7.63
J-33	2,816.79	2,824.86	8.06	P-33	37.89	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.239	16.21	2824.88	8.09
J-34	2,816.82	2,824.67	7.83	P-34	30.87	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.195	16.18	2824.69	7.87
J-35	2,818.80	2,824.42	5.61	P-35	39.03	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.246	14.20	2824.44	5.64
J-36	2,819.34	2,824.20	4.85	P-36	34.58	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.218	13.66	2824.22	4.88
J-37	2,818.67	2,824.02	5.34	P-37	28.1	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.177	14.33	2824.04	5.37
J-38	2,817.60	2,823.84	6.23	P-38	29.42	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.186	15.40	2823.86	6.26
J-39	2,816.17	2,823.62	7.44	P-39	34.6	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.218	16.83	2823.64	7.47
J-40	2,816.29	2,823.41	7.1	P-40	33.45	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.211	16.71	2823.43	7.14
J-41	2,816.49	2,823.16	6.66	P-41	38.66	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.244	16.51	2823.19	6.70
J-42	2,816.30	2,822.90	6.59	P-42	40.82	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.258	16.70	2822.93	6.63
J-43	2,814.50	2,822.67	8.15	P-43	37.32	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.236	18.50	2822.69	8.19
J-44	2,807.28	2,822.47	15.17	P-44	30.59	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.193	25.72	2822.50	15.22
J-45	2,801.43	2,822.31	20.84	P-45	25.39	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.160	31.57	2822.34	20.91
J-46	2,796.62	2,822.08	25.41	P-46	36.85	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.233	36.38	2822.11	25.49
J-47	2,791.77	2,821.77	29.94	P-47	49.1	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.310	41.23	2821.80	30.03
J-48	2,789.10	2,821.55	32.38	P-48	34.67	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.219	43.90	2821.58	32.48
J-49	2,786.24	2,821.28	34.97	P-49	42.56	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.269	46.76	2821.31	35.07
J-50	2,783.52	2,821.04	37.44	P-50	39.09	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.247	49.48	2821.06	37.54
J-51	2,780.26	2,820.82	40.48	P-51	34.16	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.216	52.74	2820.85	40.59
J-52	2,777.15	2,820.56	43.32	P-52	41.43	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.261	55.85	2820.59	43.44
J-53	2,777.86	2,780.01	2.15	P-53	9.7	200	PVC	130	34.12	1.09	0.006	0.061	55.14	2820.52	42.66

Nota. Elaboración propia (2023).

AÑO 2045

Figura 4.12. Perfil de la conducción 2045.



Nota. Elaboración propia (2023).

AÑO 2050

Tabla 4.11.

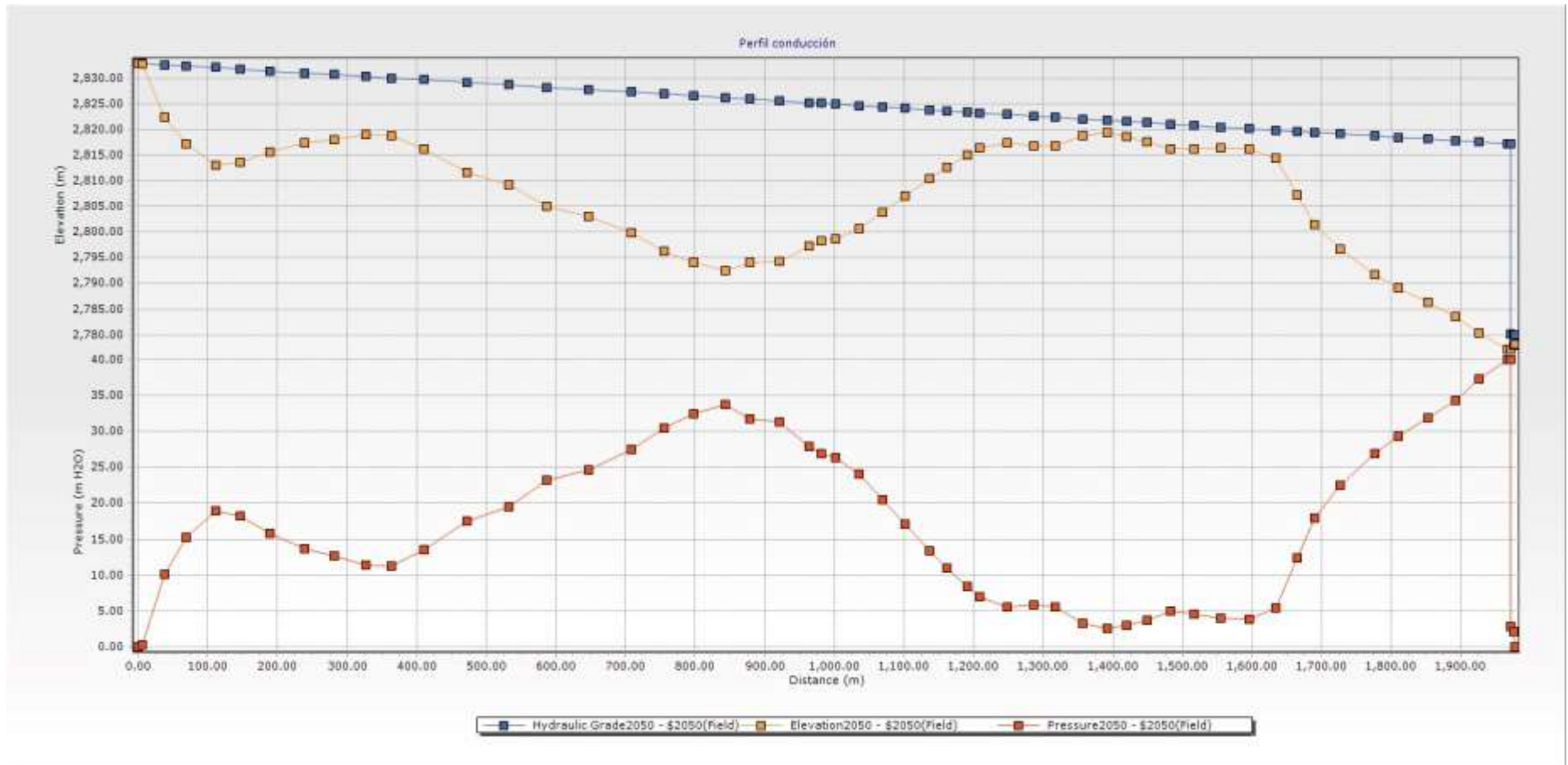
Resultados de evaluación de conducción del sistema Sayausí 2050.

Label	Elevation (m)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H ₂ O)	Label	Length (m)	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (l/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	hf	Presión estática	Cota Piezometrica	Presión dinámica
J-1	2,832.73	2,832.94	0.21	P-1	6.35	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.051	0.27	2832.95	0.22
J-2	2,822.49	2,832.68	10.17	P-2	32.48	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.260	0.260	2832.69	10.20
J-3	2,817.16	2,832.44	15.24	P-3	30.66	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.245	15.84	2832.44	15.28
J-4	2,813.12	2,832.10	18.95	P-4	41.76	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.334	19.88	2832.11	18.99
J-5	2,813.62	2,831.82	18.16	P-5	35.49	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.284	19.38	2831.83	18.21
J-6	2,815.68	2,831.47	15.76	P-6	43.05	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.345	17.32	2831.48	15.80
J-7	2,817.38	2,831.07	13.67	P-7	49.84	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.399	15.62	2831.08	13.70
J-8	2,818.03	2,830.74	12.68	P-8	41.67	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.334	14.97	2830.75	12.72
J-9	2,818.97	2,830.38	11.39	P-9	45.07	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.361	14.03	2830.39	11.42
J-10	2,818.75	2,830.07	11.3	P-10	37.74	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.302	14.25	2830.08	11.33
J-11	2,816.17	2,829.70	13.51	P-11	46.24	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.370	16.83	2829.71	13.54
J-12	2,811.72	2,829.20	17.45	P-12	62.47	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.500	21.28	2829.21	17.49
J-13	2,809.16	2,828.72	19.52	P-13	59.91	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.480	23.84	2828.73	19.57
J-14	2,805.08	2,828.29	23.16	P-14	53.45	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.428	27.92	2828.31	23.23
J-15	2,803.16	2,827.81	24.6	P-15	60.5	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.484	29.84	2827.82	24.66
J-16	2,799.84	2,827.31	27.41	P-16	61.99	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.496	33.16	2827.33	27.49
J-17	2,796.36	2,826.94	30.51	P-17	46.56	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.373	36.64	2826.95	30.59
J-18	2,794.10	2,826.59	32.43	P-18	42.94	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.344	38.90	2826.61	32.51
J-19	2,792.51	2,826.23	33.66	P-19	44.96	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.360	40.49	2826.25	33.74
J-20	2,794.11	2,825.94	31.76	P-20	36.08	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.289	38.89	2825.96	31.85
J-21	2,794.24	2,825.60	31.3	P-21	42.29	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.339	38.76	2825.62	31.38
J-22	2,797.31	2,825.27	27.9	P-22	41.77	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.334	35.69	2825.29	27.98
J-23	2,798.24	2,825.13	26.84	P-23	17.47	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.140	34.76	2825.15	26.91
J-24	2,798.60	2,824.95	26.3	P-24	21.66	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.173	34.40	2824.97	26.37
J-25	2,800.63	2,824.69	24.02	P-25	32.4	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.259	32.37	2824.71	24.08
J-26	2,803.95	2,824.42	20.43	P-26	34.03	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.272	29.05	2824.44	20.49
J-27	2,807.11	2,824.16	17.02	P-27	32.87	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.263	25.89	2824.18	17.07
J-28	2,810.41	2,823.87	13.43	P-28	35.54	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.285	22.59	2823.89	13.48
J-29	2,812.66	2,823.68	11	P-29	24.05	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.193	20.34	2823.70	11.04
J-30	2,815.09	2,823.44	8.33	P-30	29.89	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.239	17.91	2823.46	8.37
J-31	2,816.36	2,823.31	6.94	P-31	16.72	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.134	16.64	2823.33	6.97
J-32	2,817.49	2,822.98	5.48	P-32	40.87	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.327	15.51	2823.00	5.51
J-33	2,816.79	2,822.67	5.88	P-33	37.89	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.303	16.21	2822.70	5.91
J-34	2,816.82	2,822.43	5.59	P-34	30.87	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.247	16.18	2822.45	5.63
J-35	2,818.80	2,822.11	3.31	P-35	39.03	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.312	14.20	2822.14	3.34
J-36	2,819.34	2,821.84	2.49	P-36	34.58	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.277	13.66	2821.86	2.52
J-37	2,818.67	2,821.61	2.93	P-37	28.1	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.225	14.33	2821.64	2.97
J-38	2,817.60	2,821.37	3.77	P-38	29.42	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.236	15.40	2821.40	3.80
J-39	2,816.17	2,821.10	4.92	P-39	34.6	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.277	16.83	2821.12	4.95
J-40	2,816.29	2,820.83	4.53	P-40	33.45	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.268	16.71	2820.86	4.57
J-41	2,816.49	2,820.52	4.02	P-41	38.66	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.310	16.51	2820.55	4.06
J-42	2,816.30	2,820.19	3.89	P-42	40.82	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.327	16.70	2820.22	3.92
J-43	2,814.50	2,819.89	5.38	P-43	37.32	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.299	18.50	2819.92	5.42
J-44	2,807.28	2,819.65	12.34	P-44	30.59	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.245	25.72	2819.68	12.40
J-45	2,801.43	2,819.44	17.98	P-45	25.39	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.203	31.57	2819.47	18.04
J-46	2,796.62	2,819.15	22.48	P-46	36.85	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.295	36.38	2819.18	22.56
J-47	2,791.77	2,818.75	26.93	P-47	49.1	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.393	41.23	2818.79	27.02
J-48	2,789.10	2,818.48	29.31	P-48	34.67	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.278	43.90	2818.51	29.41
J-49	2,786.24	2,818.13	31.83	P-49	42.56	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.341	46.76	2818.17	31.93
J-50	2,783.52	2,817.82	34.23	P-50	39.09	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.313	49.48	2817.85	34.33
J-51	2,780.26	2,817.55	37.22	P-51	34.16	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.273	52.74	2817.58	37.32
J-52	2,777.15	2,817.21	39.98	P-52	41.43	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.332	55.85	2817.25	40.10
J-53	2,777.86	2,780.02	2.15	P-53	9.7	200	PVC	130	38.8	1.24	0.008	0.078	55.14	2817.17	39.31

Nota. Elaboración propia (2023).

AÑO 2050

Figura 4.13. Perfil de la conducción 2050.



Nota. Elaboración propia (2023).

AÑO 2053

Tabla 4.12.

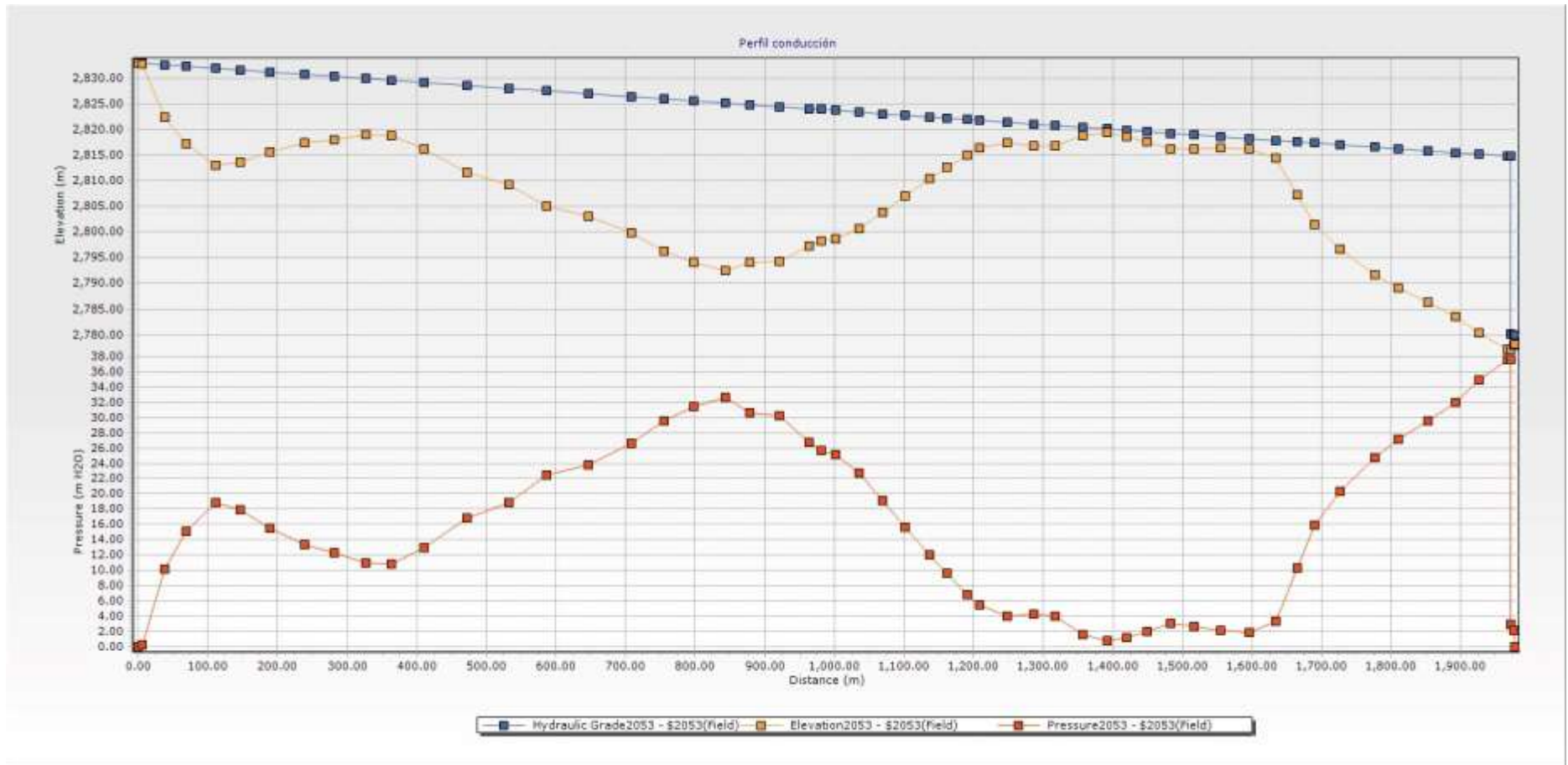
Resultados de evaluación de conducción del sistema Sayausí 2053.

Label	Elevation (m)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H ₂ O)	Label	Length (m)	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (l/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	hf	Presión estática	Cota Piezometrica	Presión dinámica
J-1	2,832.73	2,832.94	0.21	P-1	6.35	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.059	0.27	2832.94	0.21
J-2	2,822.49	2,832.64	10.12	P-2	32.48	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.300	10.51	2832.64	10.15
J-3	2,817.16	2,832.35	15.16	P-3	30.66	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.283	15.84	2832.36	15.20
J-4	2,813.12	2,831.97	18.81	P-4	41.76	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.385	19.88	2831.97	18.85
J-5	2,813.62	2,831.64	17.98	P-5	35.49	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.328	19.38	2831.65	18.03
J-6	2,815.68	2,831.24	15.52	P-6	43.05	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.397	17.32	2831.25	15.57
J-7	2,817.38	2,830.78	13.37	P-7	49.84	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.460	15.62	2830.79	13.41
J-8	2,818.03	2,830.39	12.34	P-8	41.67	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.385	14.97	2830.40	12.37
J-9	2,818.97	2,829.98	10.99	P-9	45.07	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.416	14.03	2829.99	11.02
J-10	2,818.75	2,829.63	10.85	P-10	37.74	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.348	14.25	2829.64	10.89
J-11	2,816.17	2,829.20	13	P-11	46.24	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.427	16.83	2829.21	13.04
J-12	2,811.72	2,828.62	16.87	P-12	62.47	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.577	21.28	2828.64	16.92
J-13	2,809.16	2,828.07	18.87	P-13	59.91	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.553	23.84	2828.08	18.92
J-14	2,805.08	2,827.57	22.45	P-14	53.45	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.493	27.92	2827.59	22.51
J-15	2,803.16	2,827.01	23.81	P-15	60.5	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.558	29.84	2827.03	23.87
J-16	2,799.84	2,826.44	26.54	P-16	61.99	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.572	33.16	2826.46	26.62
J-17	2,796.36	2,826.01	29.59	P-17	46.56	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.430	36.64	2826.03	29.67
J-18	2,794.10	2,825.61	31.45	P-18	42.94	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.396	38.90	2825.63	31.53
J-19	2,792.51	2,825.20	32.62	P-19	44.96	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.415	40.49	2825.22	32.71
J-20	2,794.11	2,824.86	30.69	P-20	36.08	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.333	38.89	2824.88	30.77
J-21	2,794.24	2,824.47	30.18	P-21	42.29	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.390	38.76	2824.49	30.25
J-22	2,797.31	2,824.09	26.72	P-22	41.77	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.386	35.69	2824.11	26.80
J-23	2,798.24	2,823.92	25.64	P-23	17.47	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.161	34.76	2823.95	25.71
J-24	2,798.60	2,823.72	25.07	P-24	21.66	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.200	34.40	2823.75	25.15
J-25	2,800.63	2,823.42	22.75	P-25	32.4	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.299	32.37	2823.45	22.82
J-26	2,803.95	2,823.11	19.12	P-26	34.03	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.314	29.05	2823.13	19.18
J-27	2,807.11	2,822.81	15.67	P-27	32.87	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.303	25.89	2822.83	15.72
J-28	2,810.41	2,822.48	12.04	P-28	35.54	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.328	22.59	2822.50	12.09
J-29	2,812.66	2,822.25	9.57	P-29	24.05	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.222	20.34	2822.28	9.62
J-30	2,815.09	2,821.98	6.87	P-30	29.89	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.276	17.91	2822.00	6.91
J-31	2,816.36	2,821.82	5.46	P-31	16.72	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.154	16.64	2821.85	5.49
J-32	2,817.49	2,821.45	3.95	P-32	40.87	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.377	15.51	2821.47	3.98
J-33	2,816.79	2,821.10	4.3	P-33	37.89	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.350	16.21	2821.12	4.33
J-34	2,816.82	2,820.81	3.98	P-34	30.87	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.285	16.18	2820.84	4.02
J-35	2,818.80	2,820.45	1.64	P-35	39.03	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.360	14.20	2820.48	1.68
J-36	2,819.34	2,820.13	0.79	P-36	34.58	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.319	13.66	2820.16	0.82
J-37	2,818.67	2,819.87	1.19	P-37	28.1	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.259	14.33	2819.90	1.23
J-38	2,817.60	2,819.60	2	P-38	29.42	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.272	15.40	2819.63	2.03
J-39	2,816.17	2,819.28	3.1	P-39	34.6	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.319	16.83	2819.31	3.14
J-40	2,816.29	2,818.97	2.67	P-40	33.45	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.309	16.71	2819.00	2.71
J-41	2,816.49	2,818.61	2.12	P-41	38.66	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.357	16.51	2818.64	2.15
J-42	2,816.30	2,818.23	1.93	P-42	40.82	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.377	16.70	2818.27	1.97
J-43	2,814.50	2,817.89	3.38	P-43	37.32	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.345	18.50	2817.92	3.42
J-44	2,807.28	2,817.61	10.31	P-44	30.59	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.282	25.72	2817.64	10.36
J-45	2,801.43	2,817.37	15.91	P-45	25.39	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.234	31.57	2817.40	15.97
J-46	2,796.62	2,817.03	20.37	P-46	36.85	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.340	36.38	2817.06	20.44
J-47	2,791.77	2,816.58	24.75	P-47	49.1	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.453	41.23	2816.61	24.84
J-48	2,789.10	2,816.25	27.1	P-48	34.67	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.320	43.90	2816.29	27.19
J-49	2,786.24	2,815.86	29.56	P-49	42.56	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.393	46.76	2815.90	29.66
J-50	2,783.52	2,815.50	31.91	P-50	39.09	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.361	49.48	2815.54	32.02
J-51	2,780.26	2,815.18	34.86	P-51	34.16	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.315	52.74	2815.22	34.96
J-52	2,777.15	2,814.80	37.57	P-52	41.43	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.382	55.85	2814.84	37.69
J-53	2,777.86	2,780.02	2.15	P-53	9.7	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.090	55.14	2814.75	36.89

Nota. Elaboración propia (2023).

AÑO 2053

Figura 4.14. Perfil de la conducción 2053.



Nota. Elaboración propia (2023).

Al evaluar los datos arrojados por el software WaterGems, se concluye que la conducción según la tabla 4.5, cumple con todos los parámetros evaluados para el año actual, razón por la cual no es necesaria una intervención inmediata, sin embargo, desde el año 2030, con los datos expresados en la tabla 4.7. se empieza a visualizar en el tramo del nodo J35 hasta J38 presiones cercanas o menores de 10 mca, con los datos expuestos es recomendable empezar a intervenir desde ese año, para no esperar llegar al fallo en ciertos tramos donde la presión es mínima y brindar un servicio de calidad a los beneficiarios del sistema de agua potable de Sayausí.

A su vez, se comprueba que las velocidades, pérdidas de carga, presión dinámica y estática, cumplen con los criterios de evaluación expuestos en el Capítulo 3.

4.3 Evaluación de la capacidad del tanque de reserva

Según criterios y parámetros de diseño establecidos, se ha identificado una población de alrededor 6822 habitantes que tendrán que servir los tanques de reserva.

4.3.1 Volumen medio diario (V_{md})

Para el cálculo del volumen medio diario del año 2023, se ha utilizado la ecuación 3.36

$$V_{md} = \frac{Q_{md} * 86400}{1000}$$

$$V_{md} = \frac{18.48 * 86400}{1000}$$

$$V_{md} = 1596.39 \text{ m}^3$$

4.3.2 Volumen de regulación (V_{reg})

Se debe considerar la demandad diaria al final del periodo de diseño y se toma un valor del 25% de regulación, según la ecuación 3.37.

$$V_{reg} = V_{md} * (25\%)$$

$$V_{reg} = 1596.39 * (25\%)$$

$$V_{reg} = 399.10 \text{ m}^3$$

4.3.3 Volumen de incendio (V inc)

Con una población de 6822 habitantes beneficiados de la planta (véase el literal 3.12.3), el volumen de incendio se deberá calcular según la ecuación 3.38

$$V \text{ inc} = 50\sqrt{P}$$

$$V \text{ inc} = 50\sqrt{6822}$$

$$V \text{ inc} = 130.60 \text{ m}^3$$

4.3.4 Volumen de Emergencia (Ve)

Tomando en cuenta la población de 6822 habitantes que se benefician de la planta (véase el literal 3.12.4), el volumen de emergencia se lo calculara con la ecuación 3.39

$$Ve = (25)\% * Vreg$$

$$Ve = (25)\% * 399.10$$

$$Ve = 99.77 \text{ m}^3$$

4.3.5 Volumen total (Vt)

El volumen total es la suma de los volúmenes de regulación, incendio y emergencia.

$$Vt = Vmd + Vreg + Vinc + Ve$$

$$Vt = 1596.39 + 399.10 + 130.60 + 99.77$$

$$Vt = 1225.86 \text{ m}^3$$

En la tabla 4.13, se realizan los respectivos cálculos para encontrar los volúmenes a lo largo de los años establecidos.

Tabla 4.13.

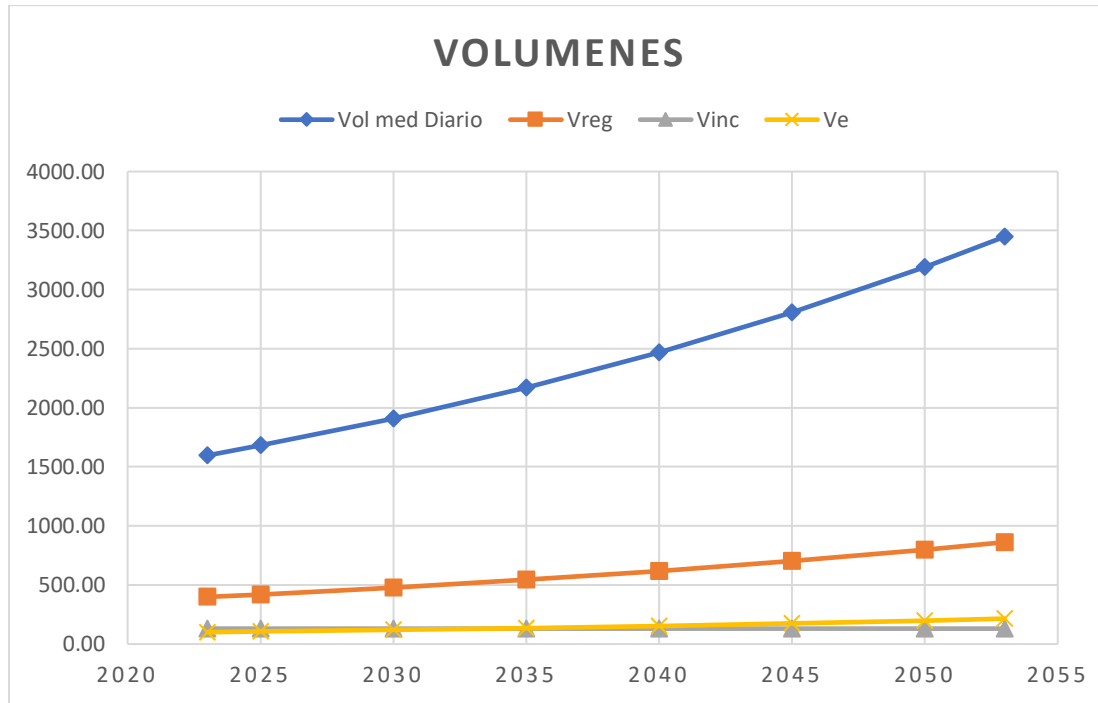
Tabla de Volúmenes.

Años	Vol med Diario	Vreg	Vinc	Ve
2023	1596.39	399.10	130.60	99.77
2025	1680.48	420.12	130.60	105.03
2030	1910.60	477.65	130.60	119.41
2035	2172.23	543.06	130.60	135.76
2040	2469.70	617.42	130.60	154.36
2045	2807.89	701.97	130.60	175.49
2050	3192.40	798.10	130.60	199.52

2053	3447.94	861.98	130.60	215.50
------	---------	--------	--------	--------

Nota. Elaboración propia (2023).

Figura 4.15. Volúmenes.



Nota. Elaboración propia (2023).

En base a la tabla 4.14, se demuestra que la capacidad de los tanques hoy en día cumple con el abastecimiento necesario para la población que sirven, se recalca que se tiene dos tanques de 200 m³, dándonos una capacidad total de 400 m³. A futuro se deberá incrementar la capacidad, para solventar la demanda según la población de diseño.

4.4 Modelamiento propuesto para la conducción

Tomando en cuenta los resultados expuestos en la tabla 4.12, se ha realizado un rediseño para mejorar las presiones, se optó cambiar por un diámetro mayor en un tramo inicial de la conducción, por lo tanto, se evaluó las posibles mejoras en el software especializado.

Para los resultados véase la tabla 4.14 y la figura 4.16.

Al analizar la información en el software WaterGems, se puede concluir que al cambiar la tubería de 200 mm por una de 315 mm de diámetro en el tramo del nodo J1 hasta el nodo J29, las presiones en los puntos críticos llegarían a cumplir con el valor mínimo establecido (véase el punto 3.8).

MODELAMIENTO DE LA MEJORA

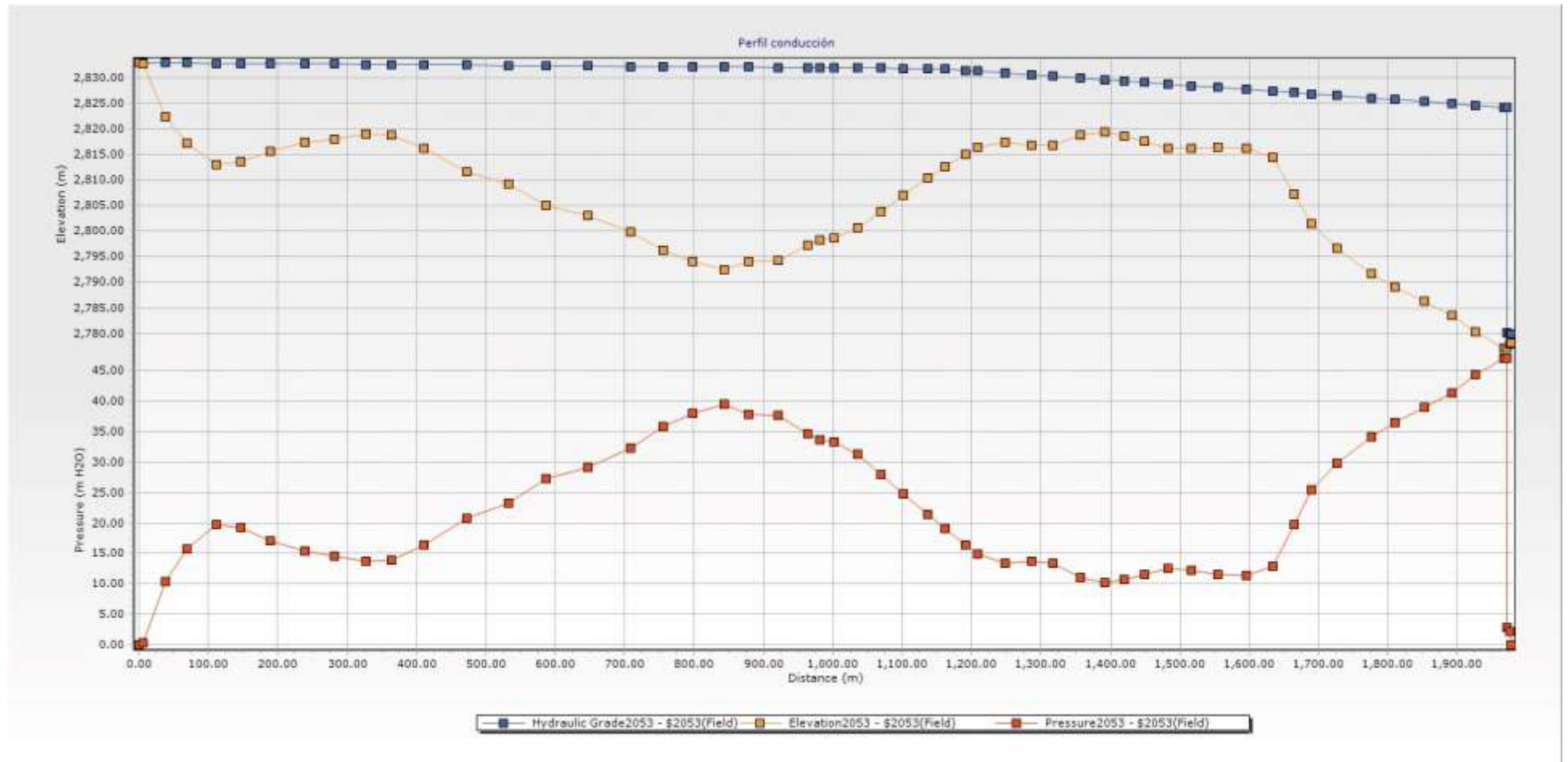
Tabla 4.14.

Tabla con el rediseño de la conducción del año 2053.

Label	Elevation (m)	Hydraulic Grade (m)	Pressure (m H2O)	Label	Length (m)	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Flow (l/s)	Velocity (m/s)	Headloss Gradient (m/m)	hf	Presión estática	Cota Piezometrica	Presión dinámica
J-1	2,832.73	2,832.99	0.26	P-1	6.35	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.006	0.27	2832.99	0.26
J-2	2,822.49	2,832.95	10.44	P-2	32.48	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.033	10.51	2832.96	10.47
J-3	2,817.16	2,832.92	15.73	P-3	30.66	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.031	15.84	2832.93	15.77
J-4	2,813.12	2,832.88	19.72	P-4	41.76	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.042	19.88	2832.89	19.77
J-5	2,813.62	2,832.85	19.19	P-5	35.49	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.036	19.38	2832.85	19.23
J-6	2,815.68	2,832.80	17.08	P-6	43.05	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.043	17.32	2832.81	17.13
J-7	2,817.38	2,832.75	15.34	P-7	49.84	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.050	15.62	2832.76	15.38
J-8	2,818.03	2,832.71	14.65	P-8	41.67	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.042	14.97	2832.72	14.69
J-9	2,818.97	2,832.66	13.67	P-9	45.07	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.046	14.03	2832.67	13.70
J-10	2,818.75	2,832.63	13.85	P-10	37.74	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.038	14.25	2832.63	13.88
J-11	2,816.17	2,832.58	16.38	P-11	46.24	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.047	16.83	2832.59	16.42
J-12	2,811.72	2,832.52	20.76	P-12	62.47	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.063	21.28	2832.52	20.80
J-13	2,809.16	2,832.46	23.25	P-13	59.91	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.061	23.84	2832.46	23.30
J-14	2,805.08	2,832.40	27.26	P-14	53.45	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.054	27.92	2832.41	27.33
J-15	2,803.16	2,832.34	29.13	P-15	60.5	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.061	29.84	2832.35	29.19
J-16	2,799.84	2,832.28	32.37	P-16	61.99	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.063	33.16	2832.28	32.44
J-17	2,796.36	2,832.23	35.8	P-17	46.56	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.047	36.64	2832.24	35.88
J-18	2,794.10	2,832.19	38.01	P-18	42.94	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.043	38.90	2832.19	38.09
J-19	2,792.51	2,832.14	39.55	P-19	44.96	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.045	40.49	2832.15	39.64
J-20	2,794.11	2,832.10	37.91	P-20	36.08	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.036	38.89	2832.11	38.00
J-21	2,794.24	2,832.06	37.75	P-21	42.29	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.043	38.76	2832.07	37.83
J-22	2,797.31	2,832.02	34.64	P-22	41.77	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.042	35.69	2832.03	34.72
J-23	2,798.24	2,832.00	33.7	P-23	17.47	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.018	34.76	2832.01	33.77
J-24	2,798.60	2,831.98	33.31	P-24	21.66	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.022	34.40	2831.99	33.39
J-25	2,800.63	2,831.95	31.26	P-25	32.4	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.033	32.37	2831.95	31.32
J-26	2,803.95	2,831.91	27.91	P-26	34.03	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.034	29.05	2831.92	27.97
J-27	2,807.11	2,831.88	24.72	P-27	32.87	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.033	25.89	2831.89	24.78
J-28	2,810.41	2,831.84	21.39	P-28	35.54	315	PVC	130	41.9	0.54	0.001	0.036	22.59	2831.85	21.44
J-29	2,812.66	2,831.77	19.07	P-29	24.05	250	PVC	130	41.9	0.85	0.003	0.075	20.34	2831.78	19.12
J-30	2,815.09	2,831.49	16.37	P-30	29.89	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.276	17.91	2831.50	16.41
J-31	2,816.36	2,831.34	14.95	P-31	16.72	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.154	16.64	2831.35	14.99
J-32	2,817.49	2,830.96	13.44	P-32	40.87	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.377	15.51	2830.97	13.48
J-33	2,816.79	2,830.61	13.8	P-33	37.89	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.350	16.21	2830.62	13.83
J-34	2,816.82	2,830.32	13.47	P-34	30.87	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.285	16.18	2830.33	13.51
J-35	2,818.80	2,829.96	11.14	P-35	39.03	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.360	14.20	2829.97	11.17
J-36	2,819.34	2,829.64	10.28	P-36	34.58	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.319	13.66	2829.65	10.31
J-37	2,818.67	2,829.38	10.69	P-37	28.1	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.259	14.33	2829.39	10.72
J-38	2,817.60	2,829.11	11.49	P-38	29.42	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.272	15.40	2829.12	11.52
J-39	2,816.17	2,828.79	12.6	P-39	34.6	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.319	16.83	2828.80	12.63
J-40	2,816.29	2,828.48	12.17	P-40	33.45	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.309	16.71	2828.50	12.21
J-41	2,816.49	2,828.12	11.61	P-41	38.66	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.357	16.51	2828.14	11.65
J-42	2,816.30	2,827.75	11.43	P-42	40.82	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.377	16.70	2827.76	11.46
J-43	2,814.50	2,827.40	12.88	P-43	37.32	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.345	18.50	2827.42	12.92
J-44	2,807.28	2,827.12	19.8	P-44	30.59	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.282	25.72	2827.13	19.85
J-45	2,801.43	2,826.88	25.41	P-45	25.39	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.234	31.57	2826.90	25.47
J-46	2,796.62	2,826.54	29.86	P-46	36.85	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.340	36.38	2826.56	29.94
J-47	2,791.77	2,826.09	34.25	P-47	49.1	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.453	41.23	2826.11	34.34
J-48	2,789.10	2,825.77	36.59	P-48	34.67	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.320	43.90	2825.79	36.69
J-49	2,786.24	2,825.37	39.06	P-49	42.56	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.393	46.76	2825.39	39.15
J-50	2,783.52	2,825.01	41.41	P-50	39.09	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.361	49.48	2825.03	41.51
J-51	2,780.26	2,824.70	44.35	P-51	34.16	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.315	52.74	2824.72	44.46
J-52	2,777.15	2,824.31	47.07	P-52	41.43	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.382	55.85	2824.34	47.19
J-53	2,777.86	2,780.02	2.15	P-53	9.7	200	PVC	130	41.9	1.33	0.009	0.090	55.14	2824.25	46.39

Nota. Elaboración propia (2023).

Figura 4.16. Perfil de la conducción con su rediseño para el año 2053.



Nota. Elaboración propia (2023).

4.5 Presupuesto de las mejoras planteadas.

Para resolver los problemas de la conducción a futuro se plantea un cambio de tubería, esta propuesta se basa en el respectivo análisis realizado de las presiones en el software especializado, estos estudios fueron presentados y realizados dentro de este trabajo de titulación.

4.6 Cantidades de obra

La cantidad de obra se refiere a la medición y estimación de los diversos elementos y actividades necesarios para completar un proyecto de construcción o infraestructura. Es un cálculo detallado de la cantidad de materiales, mano de obra, equipos y otros recursos necesarios para completar un trabajo o proyecto en particular.

Se determina a través de un proceso de medición y presupuestación en el que se identifican y cuantifican varios elementos del trabajo, que incluyen: materiales de construcción, horas de trabajo para los diferentes oficios y equipo requerido. Esta información se utiliza para estimar el costo total de la obra y crear un presupuesto detallado que le permita planificar su ejecución.

Los esfuerzos son importantes tanto para los clientes y patrocinadores de proyectos que necesitan conocer las estimaciones de costos de construcción, como para los contratistas y profesionales que utilizan esta información para planificar los recursos necesarios, a su vez desarrollar propuestas y presupuestos.

Utilizando el Excel y en base a la información brindada por ETAPA de presupuestos similares, se ha determinado así el equipo y las cantidades a usar para cada actividad.

Tabla 4.15.

Cantidades de obra.

CANTIDAD DE OBRA			
Item	Descripcion	unidad	Cantidad
1	CONDUCCION		
1.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS		
1.1,001	Replanteo mayor a 1 km	km	1.16
1.1,002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	167.23
1.1,003	Excavación a mano en Terreno Conglomerado, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	111.48
1.1,004	Excavación mecanica en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad,	m3	947.61
1.1,005	Excavación mecanica en suelo conglomerado de 0 a 2 m de profundidad,	m3	631.74
1.1,006	Preparación fondo de zanja con material granular	m2	929.03
1.1,007	Cargada de Material a maquina	m3	1680.06
1.1,008	Transporte de material hasta 5km	m3	1680.06
1.1,009	Transporte de materiales más de 5 Km	m3-km	25200.96

1.1,010	Material de Reposicion (Incluye esponjamiento)	m3	1680.06
1.1,011	Relleno compactado con equipo liviano	m3	1858.06
1.2	TUBERIAS		
1.2,001	Sum, Tuberia PVC orientado U/E D= 250 mm 1.60 MPA (Incluye sellos elastomericos)	m	24.05
1.2,002	Sum, Tuberia PVC orientado U/E D= 315 mm 1.60 MPA (Incluye sellos elastomericos)	m	1137.24
1.2,003	Colocacion Tuberia PVC U/E D=250 mm	m	24.05
1.2,004	Colocacion Tuberia PVC U/E D=315 mm	m	1137.24
1.3	ACCESORIOS		
1.3,001	Sum, Reduccion PVC orientado U/E D= 250 mm x 200 mm 1.6 MPA (Incluye sellos elastomericos)	u	1
1.3,002	Sum, Reduccion PVC orientado U/E D= 315 mm x 250 mm 1.6 MPA (Incluye sellos elastomericos)	u	1
1.3,003	Colocacion Acc PVC U/E sin anclajes, D=250 mm	u	1
1.3,004	Colocacion Acc PVC U/E sin anclajes, D=315 mm	u	7
1.3,005	Sum, Codo PVC U/E R/L 1,60 MPA D= 315 mm 90 grad.	u	1

Nota. Elaboración propia (2023).

4.7 Presupuesto referencial

Este tipo de presupuesto se utiliza en las primeras etapas de un proyecto cuando aún no se han establecido todos los detalles y especificaciones necesarios para crear un presupuesto preciso. El propósito principal del presupuesto de referencia es proporcionar una visión general de los costos esperados del proyecto y permitir decisiones preliminares sobre su viabilidad.

Los datos y estimaciones basados en proyectos anteriores similares, índices de costos de la industria, datos históricos, así como el conocimiento y la experiencia del equipo de elaboración de presupuestos se utilizan para crear un presupuesto de referencia. Se consideran factores como el tamaño y la complejidad del proyecto, el tipo de construcción, la ubicación geográfica y otros factores relevantes.

No se dispone de todos los datos y especificaciones exactas, por lo que se debe considerar que los presupuestos de referencia presentan mayores incertidumbres que los presupuestos detallados. A medida que avanza la planificación y se dispone de más información, el presupuesto de referencia se ajusta y perfecciona para proporcionar un presupuesto más preciso y detallado.

Tabla 4.16.

Presupuesto Referencial.

Item	Descripcion	CANTIDAD DE OBRA		P.unitario	P.Total
		unidad	Cantidad		
1	CONDUCCION				
1.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS				
1.1,001	Replanteo mayor a 1 km	km	1.16	168.28	195.42
1.1,002	Excavación a mano en Suelo sin clasificar, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	167.23	13.23	2212.45
1.1,003	Excavación a mano en Terreno Conglomerado, Profundidad entre 0 y 2 m	m3	111.48	16.35	1822.70
1.1,004	Excavación mecanica en suelo sin clasificar de 0 a 2 m de profundidad,	m3	947.61	1.76	1667.79
1.1,005	Excavación mecanica en suelo conglomerado de 0 a 2 m de profundidad,	m3	631.74	3.85	2432.20
1.1,006	Preparación fondo de zanja con material granular	m2	929.03	3.52	3270.19
1.1,007	Cargada de Material a maquina	m3	1680.06	1.17	1965.67
1.1,008	Transporte de material hasta 5km	m3	1680.06	1.48	2486.49
1.1,009	Transporte de materiales más de 5 Km	m3-km	25200.96	0.26	6552.25
1.1,010	Material de Reposicion (Incluye esponjamiento)	m3	1680.06	11.59	19471.90
1.1,011	Relleno compactado con equipo liviano	m3	1858.06	5.3	9847.72
1.2	TUBERIAS				
1.2,001	Sum, Tuberia PVC orientado U/E D= 250 mm 1.60 MPA (Incluye sellos elastomericos)	m	24.05	59.79	1437.95
1.2,002	Sum, Tuberia PVC orientado U/E D= 315 mm 1.60 MPA (Incluye sellos elastomericos)	m	1137.24	103.08	117226.70
1.2,003	Colocacion Tuberia PVC U/E D=250 mm	m	24.05	1.7	40.89
1.2,004	Colocacion Tuberia PVC U/E D=315 mm	m	1137.24	3.29	3741.52
1.3	ACCESORIOS				
1.3,001	Sum, Reduccion PVC orientado U/E D= 250 mm x 200 mm 1.6 MPA (Incluye sellos elastomericos)	u	1	98.71	98.71
1.3,002	Sum, Reduccion PVC orientado U/E D= 315 mm x 250 mm 1.6 MPA (Incluye sellos elastomericos)	u	1	212.03	212.03
1.3,003	Colocacion Acc PVC U/E sin anclajes, D=250 mm	u	1	19.71	19.71
1.3,004	Colocacion Acc PVC U/E sin anclajes, D=315 mm	u	7	24.64	172.48
1.3,005	Sum, Codo PVC U/E R/L 1,60 MPA D= 315 mm 90 grad.	u	1	416.3	416.30
1.3,006	Sum, Codo PVC orientado U/E D= 315 mm 1.6 MPA 45 grad. (Incluye sellos elastomericos)	u	3	455.6	1366.80
1.3,007	Sum, Codo PVC orientado U/E D= 315 mm 1.6 MPA 22.5 grad. (Incluye sellos elastomericos)	u	2	455.6	911.20
				Total	177569.06
				Iva 12%	21308.29
				TOTAL	198877.34

Nota. Elaboración propia (2023).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

El sistema de agua tratada de Sayausí cuenta con una conducción del tanque Sayausí hasta el tanque San Miguel de Putushi Alto construido hace alrededor de 30 años, este análisis se lo realizó con el fin de conocer el funcionamiento, a su vez evidenciar si cumple con las normas respectivamente impartidas en el CPE INEN. Se obtuvo la información base de la empresa ETAPA EP, la cual proporcionó todo lo necesario para llevar a cabo el presente estudio.

Con la ayuda del software especializado y de las hojas de Excel, se calculó caudales, perfiles, pérdidas de carga, velocidades, presión, presión dinámica, presión estática, cota piezométrica, volumen de regulación, volumen contra incendios y volumen de emergencia.

A través de la evaluación se evidencio que la conducción se encuentra en óptimas condiciones actualmente, opera con un caudal de 15 l/s, según los cálculos se obtuvo un caudal de diseño de 19.40 l/s, por lo tanto, cumple con velocidades, pérdidas de carga y presiones según la norma establecida, abasteciendo correctamente a los usuarios del sistema.

Después de realizar la evaluación de la conducción a lo largo de un período de 30 años, se han identificado presiones mínimas, por lo tanto, se requiere una mejora en el diseño del sistema. Como resultado, se ha desarrollado una propuesta de mejora para la conducción, y se ha estimado un presupuesto referencial de \$198,877.34.

Teniendo en cuenta los criterios que establece la norma para el cálculo de volúmenes se comprobó que los dos tanques actualmente se encuentran saturados, dando así un problema a corto plazo.

Recomendaciones

En el año 2035 se observó presiones menores a 10 mca, por lo tanto, al querer tener un sistema óptimo se recomienda el cambio de diámetro de la tubería existente por uno de 315 mm desde el sector inicial, con el fin de no llegar a presiones menores en los puntos críticos de la conducción.

Se recomienda incrementar la capacidad para no tener inconvenientes con la demanda que requieren las poblaciones futuras de diseño calculadas.

LISTA DE REFERENCIAS

- Agüero Pittman, R. (1997). *Agua Potable para Poblaciones Rurales (Sistemas de Abastecimiento por gravedad sin tratamiento)*. Lima - Perú: IRC International Water and Sanitation Centre.
- Aguirre, F. (2015). *Abastecimiento de Agua para Comunidades Rurales*. Universidad Técnica de Machala.
- Asqui Aguayo Diego Paúl Recalde Cortez Karen Dayana. (2022). *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].
- Captación de ríos, lagos y embalses (reservorios)*. (s/f). Sswm.info; seecon international gmbh. Recuperado el 10 de mayo de 2023, de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/captacion/captaci%C3%B3n-de-r%C3%ADos%2C-lagos-y-embalses-%28reservorios%29>
- CPE INEN 5 PARTE 9-1. (1992). *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. Obtenido de CÓDIGO DE PRACTICA ECUATORIANO: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/CPE%205%20P9-1.pdf>
- Cualla, R. A. (1995). *ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS*. Bogotá, Colombia. Obtenido de https://www.academia.edu/38610655/Elementos_de_Dise%C3%B1o_para_Acueductos_y_Alcantarillados_Ing_Ricardo_Alfredo_L%C3%B3pez_Cualla
- ETAPA. (2023). *Estudios Geológico – Geotécnico – Hidráulico - Electromecánico y Estructural para los elementos de Abastecimiento de Agua Potable del Sistema Culebrillas y Machángara del Cantón Cuenca*.

ETAPA. (s/f). Memoria 10 – *Diagnostico de la Infraestructura de Agua Potable*.

GAD Municipal de Cuenca (Geo Portal del cantón Cuenca). (2023). *Parroquia Sayausí*. Obtenido de <http://ide.cuenca.gob.ec/geoportal-web/viewer.jsf>

Giles, R. (1956). *Mecanica de los fluidos e Hidraulica*. McGraw-Hill.

INAMHI. (2021). *Datos Meteorológicos e Hidrológicos*.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (16 de Marzo de 2020). *POBLACIÓN Y TASAS DE CRECIMIENTO INTERCENSAL DE 2010-2001-1990 POR SEXO, SEGÚN PARROQUIAS*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wpcontent/plugins/download-monitor/download.php?id=312&force=1>

La Subsecretaría de Saneamiento Ambiental y Obras Sanitarias y el Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias, IEOS, en calidad de rector del Saneamiento Ambiental en el país, tienen entre sus responsabilidades y a través de la Dirección de Planificación, la preparación, revisión y actualización de las *NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. (s/f). Wordpress.com. Recuperado el 18 de abril de 2023, de <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/norma-co-10-7-602-poblacion-mayor-a-1000-habitantes.pdf>

Lopez, R. (1995). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Escuela Colombiana de Ingeniería.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (Enero de 2016). *MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE*. Manual de Operación y Mantenimiento Red de Distribución de Agua Potable: http://minos.vivienda.gob.pe:8081/Documentos_SICA/modulos/FTA/SECCION%20I%20V/4.14/1743059001_004%20Manual%20de%20Operacion%20y%20Mantenimiento.Pdf

Ojeda, J. F. (2020). *Asignatura de Agua Potable. Materia de Agua Potable*. Quito, Pichincha, Ecuador.

- Organización Panamericana de la Salud. (2014). *GUÍA DE DISEÑO PARA LÍNEAS DE CONDUCCIÓN E IMPULSIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA RURAL*. Lima. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/TIXE%202004.%20Dise%C3%B1o%20de%20conducci%C3%B3n%20e%20impulsi%C3%B3n.pdf
- Senagua. (2012). *NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LIQUIDOS EN EL ÁREA RURAL*. Obtenido de https://www.academia.edu/29216562/NORMA_DE_DISE%C3%91O_PARA_SISTEMAS_DE_ABASTECIMIENTO_DE_AGUA_POTABLE_DISPOSICI%C3%93N_DE_EXCRETAS_Y_RESIDUOS_L%C3%8DQUIDOS_EN_EL_%C3%81REA_RURAL
- Senagua. (2012). *NORMA PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. Obtenido de https://www.academia.edu/29216562/NORMA_DE_DISE%C3%91O_PARA_SISTEMAS_DE_ABAS
- Stauer, B., Spuhler, D. (s/f). *Captación de ríos, lagos y embalses (reservorios)*. Sswm.info; seecon international gmbh. Recuperado el 9 de junio de 2023, de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/captacion/captaci%C3%B3n-de-r%C3%ADos%2C-lagos-y-embalses-%28reservorios%29>
- Tameson. (S/f-b). Tameson.es. Recuperado el 26 de abril de 2023, de <https://tameson.es/pages/que-es-un-golpe-de-ariete>
- Roverti, L., (s/f). *Tanque de almacenamiento*. Sswm.info; seecon international gmbh. Recuperado el 12 de abril de 2023, de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/tanque-de-almacenamiento>

Young, H., & Freedman, R. (2013). *Física Universitaria*. PEARSON.

Ven Te Chow. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos*. Bogotá-Colombia.