



UNIVERSIDAD DEL AZUAY

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

**Evaluación, modelado hidráulico, y alternativas para regular las presiones en las conducciones del sistema de agua potable Chulco , Cuenca, Ecuador.**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de Ingeniero Civil**

**Autores:**

Jorge Nicolás Rodríguez Solís

Martín Santiago Salcedo Quintuña

**Director:**

Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez.

Cuenca, Ecuador

2024-2025

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo de titulación, en primer lugar, a Dios, por permitirme gozar de un excelente estado de salud, por tener una hermosa familia llena de amor y de buenos valores, por iluminarme al momento de seleccionar esta carrera como parte de mi futuro permitiendo de esta manera, formarme como un gran ser humano y ahora como un buen profesional; y también agradecerle por los conocimientos y sabiduría adquiridos a lo largo de mi vida universitaria.

A continuación, le dedico todos estos 5 años de sacrificio y arduo esfuerzo a mis padres Miriam Lucía Solís García y Jorge Joaquín Rodríguez Arellano, a quienes les agradezco por darme la vida, por formarme como un gran ser humano lleno de valores y una excelente educación, por sus enseñanzas a lo largo de los años y sobre todo por enseñarme el verdadero significado de la vida al no rendirme para perseguir mis sueños. De no ser por ustedes queridos padres, no podría haber logrado este gran triunfo en mi vida. Les agradezco de todo corazón por ser mi pilar fundamental y mi fuerza a lo largo de mi trayectoria académica y por estar conmigo en las buenas y en las malas siempre.

También quisiera dedicarle este título a mi difunto hermano Jorgito Sebastián, quien desde el cielo ha sabido guiarme por el camino correcto, me ha brindado sus bendiciones, su apoyo incondicional y su amor cuando más lo necesitaba; a mi querida hermana Doménica Daniela, por ser mi inspiración, una excelente profesional y por permitirme seguir tu ejemplo a lo largo de mi vida; y por el último a mi querido hermano Christian Sebastián, quien ha sido mi mayor motivación y la razón principal por la cual he salido adelante, gracias por ser una persona especial y muy importante en mi vida, gracias por todo tu amor y cariño, por ti es que ha valido la pena cada segundo de este sacrificio.

Finalmente quisiera dedicar este triunfo a mi familia por parte de mi padre y por parte de mi madre, quienes desde un inicio siempre han creído y han mantenido su fe intacta en mí. Les agradezco por su motivación, sus buenos deseos y su apoyo constante a perseguir mis sueños.

Los amo con todo mi corazón y gracias por ser lo más importante que ha podido brindarme esta vida.

¡GRACIAS POR TODO!

Jorge Nicolás Rodríguez Solís

## **DEDICATORIA**

A Dios, por haberme guiado en cada paso seguido en mi vida, por darme fortaleza en los momentos difíciles y rodearme de personas que me han cuidado y apoyado con un amor inmenso y desinteresado.

A mis padres, Inés y Luis, por ser mi mayor bendición en esta vida. A mi madre, por ser un ejemplo de amor, ternura y entrega, gracias por las palabras de aliento y todo el amor con el que me has cuidado. A mi padre por enseñarme el valor del esfuerzo, la responsabilidad y humildad, por su apoyo firme y constante acompañamiento, que han sido pilares fundamentales en mi vida y mi formación como persona.

A mi familia, por estar siempre presente en los momentos más importantes de mi vida con su apoyo constante. A Odalis, por acompañarme durante este proceso y por ser parte fundamental de este camino.

Y a mi tía Luz que fue como mi segunda madre y me cuidó con el mismo amor y dedicación. Aunque ya no estás físicamente conmigo, vives en mi corazón y en cada logro que alcanzo en mi vida, gracias por tu amor eterno y por iluminar mi camino día a día.

Martín Santiago Salcedo Quintuña

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad del Azuay, nuestra alma mater durante este periodo de formación académica, por brindarnos los recursos y valores necesarios para formarnos como profesionales comprometidos con la sociedad.

Extendemos nuestros agradecimientos a todos los docentes de la facultad de Ciencia y Tecnología, quienes con su dedicación y conocimiento contribuyeron a nuestra formación.

De manera especial agradecemos al Ing. Josué Larriva, nuestro director de tesis, por su constante guía y valiosos aportes técnicos a lo largo del desarrollo de este trabajo. También agradecemos al Ing. Javier Fernández de Córdova, presidente del tribunal evaluador, por sus observaciones y colaboración durante este proceso.

Agradecemos a la empresa ETAPA EP, por su apertura y disposición al proporcionarnos información técnica clave para orientar el proyecto hacia una problemática real.

Finalmente, a nuestros grandes amigos Steven, Ismael, Marcelo y Andrés y compañeros de carrera, por ser parte esencial de este camino, por su apoyo y por todos los momentos que compartimos e hicieron de esta etapa un proceso memorable.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	i
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
INDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN .....	1
ANTECEDENTES.....	2
JUSTIFICACIÓN.....	3
ALCANCE.....	4
OBJETIVO GENERAL.....	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
CAPÍTULO I.....	5
1.- RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN .....	5
1.1 Información preliminar.....	5
1.1.1 Ubicación .....	5
1.1.2 Zona de estudio .....	6
1.1.3 Información topográfica.....	8
1.2 Conceptos generales y Normativa.....	9
1.2.1. Agua.....	9
1.2.2. Agua potable .....	9
1.2.3. Sistema de abastecimiento de agua potable .....	9
1.2.4. Conducciones de agua potable .....	9
1.2.5. Tipos de conducciones .....	9
1.2.6. Modelación hidráulica de una conducción de agua potable.....	10
1.2.7. Componentes de la línea de conducción del sistema .....	10
1.2.7.1. Tuberías .....	10
1.2.7.2. Tanques de almacenamiento.....	10
1.2.7.3 Válvulas.....	10

1.2.8 Cámaras rompe presiones.....	12
1.2.9 Accesorios .....	12
1.3 Información catastral .....	13
1.3.1 Topología del sistema .....	13
1.4 Criterios de diseño .....	15
1.4.1 Fuente de abastecimiento .....	15
1.4.2 Población actual .....	15
1.4.3 Población futura .....	15
1.4.4 Densidad poblacional .....	16
1.4.5 Dotación .....	16
1.4.6 Caudal medio diario .....	16
1.4.7 Caudal máximo diario .....	17
1.4.8 Caudal de diseño .....	17
1.5 Hidráulica de tuberías .....	17
1.5.1 Cálculo hidráulico .....	17
1.5.2 Presiones máximas y mínimas .....	18
1.5.3 Material para las tuberías .....	19
1.5.4 Diámetros en las tuberías de conducción .....	20
1.5.5 Velocidades en las tuberías de conducción .....	20
1.6 Introducción al modelo del software watergems .....	20
CAPÍTULO II .....	21
2. ELABORACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO.....	21
2.1 Parámetros de diseño para la modelación hidráulica .....	21
2.1.1 Análisis Poblacional.....	21
2.1.2 Análisis densidad.....	21
2.1.3 Determinación de la Dotación.....	22
2.1.4 Análisis del Caudal medio diario (Qmed).....	23
2.1.5 Análisis Caudal máximo diario (QMD).....	24
2.2 Metodología de diseño para el modelado hidráulico .....	25
2.2.1 Modelo .....	25
2.2.2 Implementación de diámetros en el programa .....	26
2.2.3 Implementación de materiales en el programa.....	27
2.2.4 Análisis de longitudes del modelo .....	28

2.2.5 Ingreso de caudales al modelo .....	29
2.2.6 Ejecución del programa al año base 2025 y objetivo 2050.....	29
2.2.7 Representación esquemática y georreferenciada de los tanques del sistema .....	31
2.2.6 Velocidades .....	33
2.2.7 Presiones de ingreso .....	34
2.3 Parámetros y categorización de válvulas reductoras de presión y control de flujo ....	35
2.3.1 Presiones de salida y diferencial de presiones.....	35
CAPITULO III .....	38
3. EVALUACIÓN DEL SISTEMA Y PROPUESTA DE MEJORAS .....	38
3.1 Resultados .....	38
3.1.1 Coeficiente de caudal de la válvula (Cv operación).....	38
3.1.2 Revisión catalogo (tipo, diámetro, Cv catalogo).....	39
3.1.3 Apertura de válvulas.....	40
3.2 Alternativas al modelo .....	41
3.2.1 Modelo escogido .....	41
3.2.2 Diagrama de cavitación .....	42
3.2.3 Placa reguladora (tablas y tipos de placas).....	44
3.2.4 Flotador (tabla: dimensión modelo y clase).....	47
3.3 Modelado de ingreso a las cámaras .....	48
3.3.1 Esquema de ingreso a los tanques.....	49
CONCLUSIONES .....	71
RECOMENDACIONES .....	72
ANEXOS .....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 <i>Delimitación sector Chulco-Soroche</i> .....	5
Figura 1.2 <i>Sectores del sistema Chulco-Soroche</i> .....	6
Figura 1.3 <i>Mapa conducciones, tanques de reserva y planta de potabilización</i> .....	7
Figura 1.4 <i>Topografía del sistema de Chulco Soroche</i> .....	8
Figura 1.5 <i>Topología de la conducción y ubicación de tanques de reserva</i> .....	13
Figura 1.6 <i>Pérdida de energía en una conducción a presión</i> .....	18
Figura 2.1 <i>Modelado hidráulico de las líneas de conducción</i> .....	26
Figura 2.2 <i>Ingreso de diámetros al modelo</i> .....	27
Figura 2.3 <i>Ingreso de material al modelo</i> .....	27
Figura 2.4 <i>Coefficiente de Hazen-Williams</i> .....	28
Figura 2.5 <i>Análisis de longitudes para cada tramo</i> .....	29
Figura 2.6 <i>Ingreso de las demandas correspondientes al modelo</i> .....	29
Figura 2.7 <i>Visualización de presiones modelo 2025 WaterGems</i> .....	30
Figura 2.8 <i>Visualización de presiones modelo 2050 WaterGems</i> .....	31
Figura 2.9 <i>Visualización esquemática y georreferenciada tanques</i> .....	32
Figura 3.1 <i>Diagrama de cavitación</i> .....	43
Figura 3.2 <i>Esquema San Vicente Alto vista planta</i> .....	49
Figura 3.3 <i>Esquema San Vicente Alto corte 1-1</i> .....	49
Figura 3.4 <i>Esquema San Vicente Alto corte 2-2</i> .....	50
Figura 3.5 <i>Esquema La Dolorosa Alto vista planta</i> .....	51
Figura 3.6 <i>Esquema La Dolorosa Alto corte 1-1</i> .....	51
Figura 3.7 <i>Esquema La Dolorosa Alto corte 2-2</i> .....	52
Figura 3.8 <i>Esquema San Vicente Bajo vista planta</i> .....	53
Figura 3.9 <i>Esquema San Vicente Bajo corte 1-1</i> .....	53
Figura 3.10 <i>Esquema San Vicente Bajo corte 2-2</i> .....	54
Figura 3.11 <i>Esquema La Dolorosa Bajo vista planta</i> .....	55
Figura 3.12 <i>Esquema La Dolorosa Bajo corte 1-1</i> .....	56
Figura 3.13 <i>Esquema La Dolorosa Bajo corte 2-2</i> .....	56
Figura 3.14 <i>Esquema Octavio Cordero vista planta</i> .....	58
Figura 3.15 <i>Esquema Octavio Cordero corte 1-1</i> .....	58
Figura 3.16 <i>Esquema Octavio Cordero corte 2-2</i> .....	59
Figura 3.17 <i>Esquema El Guabo vista planta</i> .....	60

Figura 3.18 <i>Esquema El Guabo corte 1-1</i> .....	61
Figura 3.19 <i>Esquema El Guabo corte 2-2</i> .....	61
Figura 3.20 <i>Esquema San Pedro vista planta</i> .....	63
Figura 3.21 <i>Esquema San Pedro corte 1-1</i> .....	63
Figura 3.22 <i>Esquema San Pedro corte 2-2</i> .....	64
Figura 3.23 <i>Esquema Azhapud vista planta</i> .....	65
Figura 3.24 <i>Esquema Azhapud corte 1-1</i> .....	66
Figura 3.25 <i>Esquema Azhapud corte 2-2</i> .....	66
Figura 3.26 <i>Esquema San José vista planta</i> .....	68
Figura 3.27 <i>Esquema San José corte 1-1</i> .....	68
Figura 3.28 <i>Esquema San José corte 2-2</i> .....	69

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 <i>Área y cantidad de habitantes por vivienda por cada sector</i> .....	7
Tabla 1.2 <i>Red de tuberías</i> .....	14
Tabla 1.3 <i>Especificaciones y normas técnicas para tuberías</i> .....	19
Tabla 2.1 <i>Proyección de población servida hasta el año 2050</i> .....	21
Tabla 2.2 <i>Densidad poblacional proyectada</i> .....	22
Tabla 2.3 <i>Dotación neta</i> .....	23
Tabla 2.4 <i>Perdidas por año hasta 2050</i> .....	23
Tabla 2.5 <i>Caudales medios diarios para cada sector de distribución</i> .....	24
Tabla 2.6 <i>Caudales máximo diario para cada sector de distribución</i> .....	25
Tabla 2.7 <i>Cota y nombre reservorio</i> .....	33
Tabla 2.8 <i>Velocidades del sistema</i> .....	34
Tabla 2.9 <i>Presiones de ingreso a tanques 2025-2050</i> .....	35
Tabla 2.10 <i>Presiones de salida y diferencial de presiones 2025-2050 Válvula 1</i> .....	36
Tabla 2.11 <i>Presiones de salida y diferencial de presiones 2025-2050 Válvula 2</i> .....	37
Tabla 3.1 <i>Cv de operación válvulas 1-2</i> .....	38
Tabla 3.2 <i>Cv catálogo y diámetro</i> .....	39
Tabla 3.3 <i>Porcentaje de apertura de válvulas</i> .....	40
Tabla 3.4 <i>Modelo válvulas seleccionado</i> .....	41
Tabla 3.5 <i>Verificación de cavitación</i> .....	43
Tabla 3.6 <i>Diferencial de presiones en placa</i> .....	44
Tabla 3.7 <i>Parámetros generales placa reguladora</i> .....	45
Tabla 3.8 <i>Selección de placa reguladora</i> .....	46
Tabla 3.9 <i>Válvulas flotadoras</i> .....	47
Tabla 3.10 <i>Lista de accesorios San Vicente Alto</i> .....	50
Tabla 3.11 <i>Lista de accesorios La Dolorosa Alto</i> .....	52
Tabla 3.12 <i>Lista de accesorios San Vicente Bajo</i> .....	54
Tabla 3.13 <i>Lista de accesorios La Dolorosa Bajo</i> .....	57
Tabla 3.14 <i>Lista de accesorios Octavio Cordero</i> .....	59
Tabla 3.15 <i>Lista de accesorios El Guabo</i> .....	62
Tabla 3.16 <i>Lista de accesorios San Pedro</i> .....	64
Tabla 3.17 <i>Lista de accesorios Azhapud</i> .....	67
Tabla 3.18 <i>Lista de accesorios San José</i> .....	69

**INDICE DE ANEXOS**

1.	ANEXOS PARA PROYECCIÓN DE POBLACIÓN.....	73
	Anexo 1.1 <i>Proyección de población PTAP CHECA</i> .....	73
	Anexo 1.2 <i>Proyección de población SIDCAY</i> .....	73
	Anexo 1.3 <i>Proyección de población SAN VICENTE</i> .....	74
	Anexo 1.4 <i>Proyección de población LA DOLOROSA</i> .....	74
	Anexo 1.5 <i>Proyección de población OCTAVIO CORDERO</i> .....	75
	Anexo 1.6 <i>Proyección de población EL GUABO</i> .....	75
	Anexo 1.7 <i>Proyección de población SAN PEDRO</i> .....	76
	Anexo 1.8 <i>Proyección de población PAMPAS</i> .....	76
	Anexo 1.9 <i>Proyección de población AZHAPUD</i> .....	77
	Anexo 1.10 <i>Proyección de población LLACAO</i> .....	77
	Anexo 1.11 <i>Proyección de población SAN JOSE</i> .....	78
2.	ANEXO CATALOGO.....	79
	Anexo 2.1 <i>Catálogo válvulas reductoras de presión BERMAD Serie 700</i> .....	79
	Anexo 2.1 <i>Catálogo válvulas flotadoras BERMAD Serie 700 Sigma</i> .....	85

## **RESUMEN**

Este trabajo tiene como objetivo principal la modelación y evaluación hidráulica del sistema de agua potable Chulco Soroche, que abastece a las parroquias Checa, Octavio Cordero Palacios, Llacao y Ricaurte. Para el desarrollo del modelo, se recopiló información catastral, demográfica, geométrica y topográfica brindada por ETAPA EP. Para el procesamiento de la información se implementó el uso de softwares de tipo CAD, GIS y Excel, para la evaluación del estado actual y futuro de las conducciones, se utilizó el software WaterGems especializado en modelación hidráulica y con base a los resultados se propuso posibles soluciones para mitigar los problemas de sobrepresión presentados.

**Palabras clave:** Modelación hidráulica, sistema de agua potable, conducciones, sobrepresión, software.

## **ABSTRACT**

This study aims to model and hydraulically evaluate the Chulco-Soroche potable water system, which supplies the parishes of Checa, Octavio Cordero Palacios, Llacao, and Ricaurte. For the development of the model, cadastral, demographic, geometric, and topographic information provided by ETAPA EP was collected. The data processing involved the use of CAD, GIS, and Excel software. To assess the current and future conditions of the pipelines, the hydraulic modeling software WaterGEMS was utilized. Based on the simulation results, possible solutions were proposed to mitigate the overpressure issues identified in the system.

**Keywords:** Hydraulic modeling, potable water system, water pipes, overpressure, software.

## **INTRODUCCIÓN**

Los sistemas de tratamientos de agua potable son de las obras de infraestructura civil más importantes para la población, por lo que el objetivo principal es la búsqueda de la eficiencia y eficacia desde la captación de agua cruda hasta obtener una distribución de agua potable óptima para la población garantizando estándares técnicos de calidad en los procesos.

El enfoque de este trabajo de titulación consiste en la evaluación de un modelo hidráulico para las conducciones del sistema de agua potable Chulco-Soroche en la ciudad de Cuenca. El desarrollo del modelo hidráulico se realizará con la aplicación del software especializado en modelación hidráulica denominado WaterGems, y con información proporcionada por la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, ETAPA EP.

Una vez realizada la evaluación del funcionamiento actual del sistema, se proporcionarán posibles alternativas y soluciones que permitan mejorar la calidad y el servicio en cuanto a las conducciones del sistema.

## **ANTECEDENTES**

La aprobación del proyecto para la construcción de la planta de tratamiento CHULCO-SOROCHE, así como la red de distribución de agua potable se definió el 07 de junio del año 2012 por parte del Municipio de la ciudad de Cuenca, como solución a diferentes problemas en la distribución de agua potable hacia las comunidades de Checa, Sidcay, Octavio Cordero, Llacao y Ricaurte, que pertenecen a parroquias rurales de la ciudad de Cuenca.

La Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua (2014) afirma que

“Se consideran obras o infraestructura hidráulica las destinadas a la captación, extracción, almacenamiento, regulación, conducción, control y aprovechamiento de las aguas” (p.5).

En este contexto la construcción de la planta de tratamiento de agua potable es de gran importancia debido a que permite conceder un servicio adecuado de agua potable a diversos sectores que no contaban con el suministro y calidad de agua óptimo en la ciudad de Cuenca.

Urgilés (2019) afirma que:

Los diseños de los diferentes sistemas hidráulicos que realiza la Empresa Pública Municipal de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Cuenca - ETAPA -EP están basados en normas nacionales que tienen criterios muy generales del territorio nacional y en muchos casos no se ajustan a la realidad de la ciudad. (p2)

Bajo este punto de vista la falta de adaptación de los diseños hidráulicos en la realidad local puede generar una serie de problemas a corto, mediano y largo plazo.

La normativa INEN RTE-090 (1R)(2015) “establece los requisitos de desempeño que deben cumplir las válvulas reductoras de presión, con la finalidad de proteger la vida y la seguridad de las personas, el ambiente y evitar prácticas que puedan inducir a error a los usuarios”(p.2). Según estas consideraciones se debe poder garantizar que el sistema de

distribución de agua potable cumpla con los requisitos técnicos para poder evitar los problemas de sobre presiones sobre la línea de conducción Chulco-Soroche, en este contexto el objetivo de analizar la normativa es la de durante el diseño de las líneas de conducción poder seguir un lineamiento de la norma y proponer alternativas para reducir las presiones elevadas en el sistema.

## **JUSTIFICACIÓN**

El sistema de tratamiento de agua potable de Chulco Soroche presenta un problema importante relacionado con la sobrepresión de agua en la entrada a los tanques de reserva. Esta sobrepresión se produce debido a las pendientes pronunciadas por las que fluye el agua, provocando que el sistema enfrente altos niveles de presión dinámica resultando así, en daños en accesorios claves como son las válvulas y tuberías, afectando de tal manera a la infraestructura, y por consecuencia, a la disponibilidad de agua para aproximadamente 16,000 habitantes de la comunidad.

En donde se buscará llevar a cabo un estudio exhaustivo sobre el comportamiento hidráulico de las conducciones del sistema de Chulco Soroche, en el cual se evaluarán los diferentes accesorios para determinar cómo pueden regular las presiones elevadas a lo largo del sistema. Para ello se utilizarán simulaciones en software especializados de hidráulica, por lo que se buscará identificar las mejores alternativas para mejorar el rendimiento y garantizar el funcionamiento adecuado del sistema.

## **ALCANCE**

Evaluación del modelo hidráulico de las conducciones del sistema de agua potable Chulco-Soroche en base a información proporcionada por ETAPA EP y proponer alternativas para mitigar los problemas presentados.

## **OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el funcionamiento y condiciones de las conducciones del sistema de agua potable Chulco-Soroche y desarrollar un modelo hidráulico en el que se propongan alternativas para regular los problemas de sobrepresiones.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Recopilar la información y normativa necesaria para la elaboración del modelo hidráulico.
- Elaborar el modelo hidráulico y evaluar el funcionamiento de las conducciones del sistema de agua potable Chulco Soroche.
- Plantear posibles soluciones para el manejo de sobrepresiones del sistema.

## CAPÍTULO I

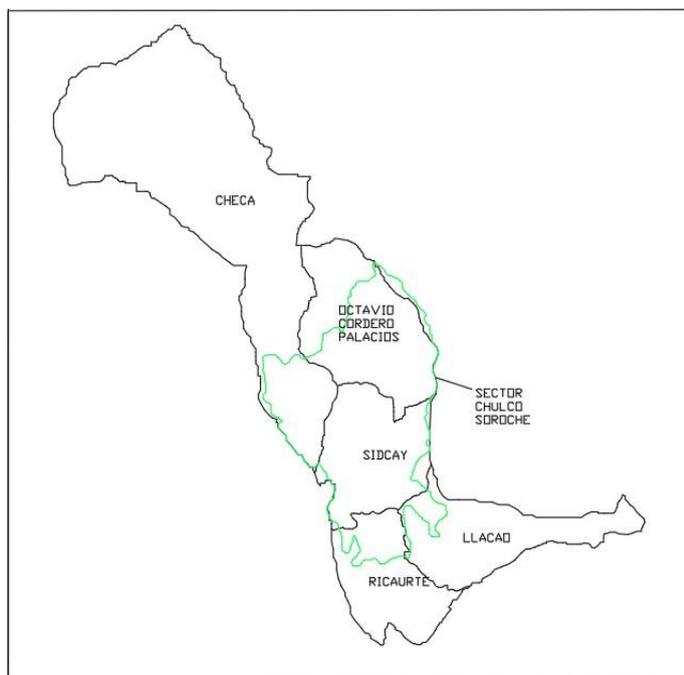
### 1.- RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

#### 1.1 Información preliminar.

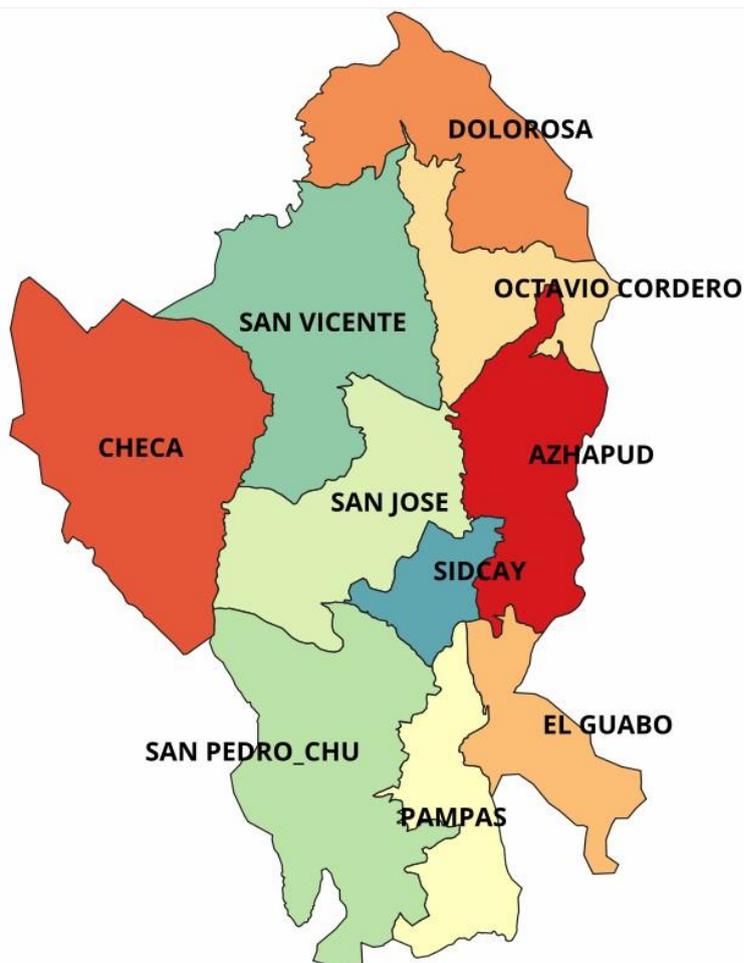
##### 1.1.1 Ubicación

La ubicación del sistema de agua potable de Chulco Soroche se ubica al noreste de la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay. El cual comprende la parroquia de Sidcay y parte de las parroquias de Ricaurte, Llacao, Octavio Cordero Palacios y Checa. Además, el sistema cuenta con una superficie de 4290 Ha aproximadamente. En cuanto a sus límites al norte limita con la parroquia de Checa, al Sur con las parroquias de Llacao y Ricaurte, al oeste con la parroquia de Checa, al este con el cantón Déleg perteneciente a la provincia de Cañar.

**Figura 1.1** Delimitación sector Chulco-Soroche



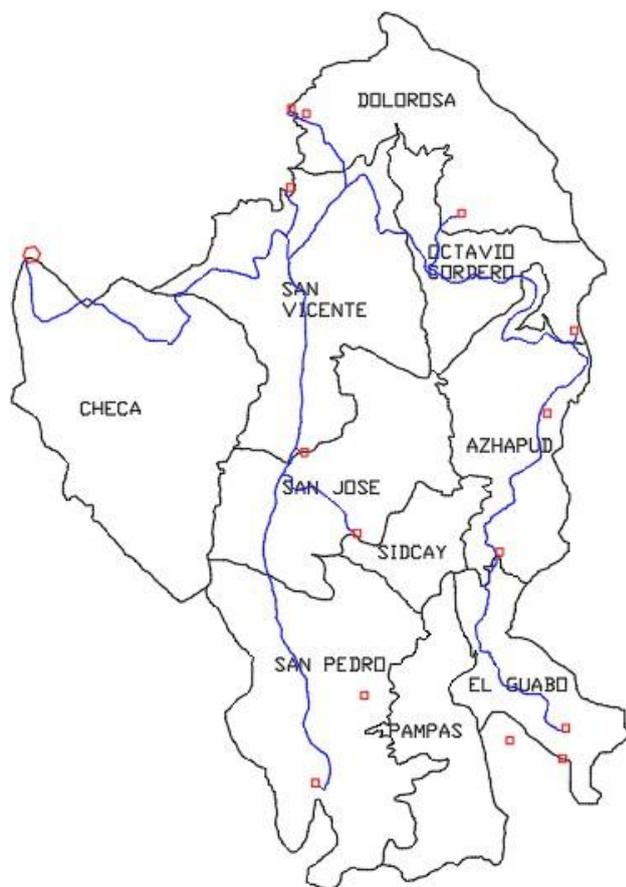
*Fuente:* Elaboración propia (2025)

**Figura 1.2** Sectores del sistema Chulco-Soroche

*Fuente:* Elaboración propia (2025)

### 1.1.2 Zona de estudio

El sistema de agua potable Chulco Soroche se encarga de abastecer a diez sectores: Checa, Octavio Cordero, San Pedro, Sidcay, San José, San Vicente, Azhapud, El Guabo, La Dolorosa y Pampas. La cota máxima por la cual se dota el recurso hídrico empieza desde la planta de tratamiento Chulco Soroche ubicada a 3070 metros sobre el nivel del mar (msnm) aproximadamente, por lo que su suministro se realizará a gravedad. Además, la red de conducciones del sistema se presenta a una extensión total de 32.44 km.

**Figura 1.3** Mapa conducciones, tanques de reserva y planta de potabilización

Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

A continuación, a partir de la zona de estudio se pudo establecer el área y la cantidad de habitantes por vivienda aproximados para cada sector en base a fuentes del INEC.

**Tabla 1.1** Área y cantidad de habitantes por vivienda por cada sector

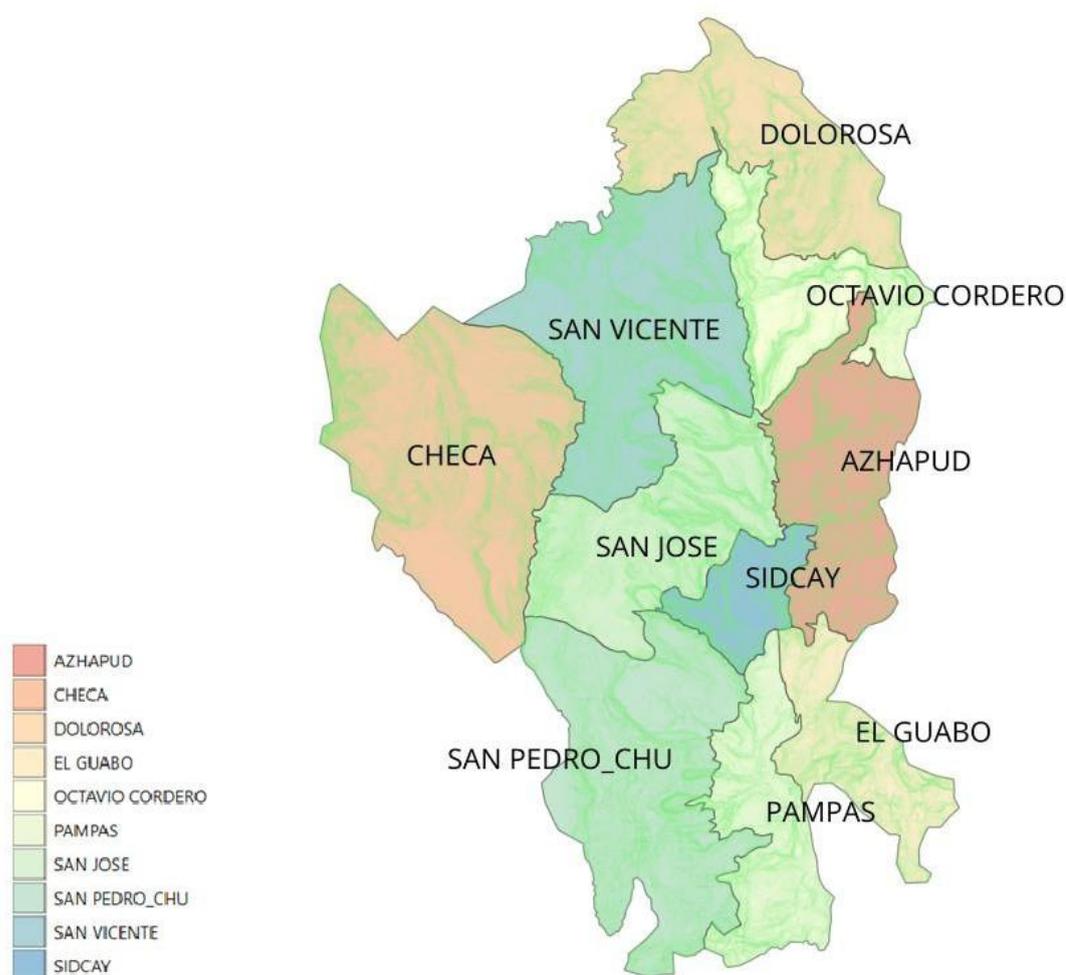
SECTORES DE DISTRIBUCIÓN CHULCO SOROCHÉ	ÁREA (Ha)	Hab/viv INEC
<b>PLANTA TRATAMIENTO AGUA POTABLE CHECA</b>	750,17	3,12
<b>SAN VICENTE</b>	632,59	3,06
<b>SIDCAY</b>	139,07	3,21
<b>OCTAVIO CORDERO</b>	290,38	3,03
<b>LA DOLOROSA</b>	444,51	3,03
<b>EL GUABO</b>	242,29	3,37
<b>SAN PEDRO</b>	642,09	3,30
<b>PAMPAS</b>	291,07	3,38
<b>AZHAPUD</b>	399,31	3,12
<b>SAN JOSE</b>	458,84	3,20
<b>LLACAO</b>	596,52	3,54

*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP- INEC (2025)

### 1.1.3 Información topográfica

La topografía desempeña un papel crucial en la modelación hidráulica, puesto que facilita una representación precisa y exacta del relieve, y de las particularidades geográficas de una zona en específico. Lo cual permite estudiar y evaluar las pendientes de las tuberías, sus flujos de agua, y a su vez esto facilita el análisis eficaz de presiones, velocidades y caudales del sistema.

**Figura 1.4** Topografía del sistema de Chulco Soroche



*Fuente:* Elaboración propia (2025)

## **1.2 Conceptos generales y Normativa.**

### **1.2.1. Agua**

Es un elemento vital de la naturaleza, por lo que se lo considera como un patrimonio nacional estratégico de uso público, con carácter de inalienable, imprescriptible, inembargable y es de importancia directa para la vida y garantizar una soberanía alimentaria. (Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento Del Agua, 2014).

### **1.2.2. Agua potable**

Se la denomina así al agua que ha seguido un proceso de tratamiento físico, químico y microbiológico con el fin de ser apto para el consumo humano. (NTE INEN 1 108, 2011).

### **1.2.3. Sistema de abastecimiento de agua potable**

“El sistema incluye las obras y trabajos auxiliares construidos para la captación, conducción, tratamiento, almacenamiento y sistema de distribución” (NTE INEN 1 108, 2011, p.2).

### **1.2.4. Conducciones de agua potable**

Hace referencia al conjunto de accesorios, tuberías, válvulas y demás elementos de la estructura que tienen como fin el transporte de agua potable provenientes de una planta de tratamiento o sitio de abastecimiento. (CPE INEN 5 parte 9-1:1992, 1992).

### **1.2.5. Tipos de conducciones**

- **Conducción por bombeo**

Este tipo de conducción se la denomina así por el uso de equipo de bombeo que proporciona energía necesaria para lograr un correcto transporte de agua cuando la cota de abastecimiento es menor a la altura de entrega necesaria. (CONAGUA, Conducciones, 2015)

- **Conducción por gravedad**

Se presenta este tipo de conducciones cuando la cota de la fuente de abastecimiento es mayor a la cota de entrega, en donde por efectos de la gravedad se logra este tipo de entrega de agua. (CONAGUA, Conducciones, 2015).

### **1.2.6. Modelación hidráulica de una conducción de agua potable**

El proceso de modelación hidráulica de una línea de conducción de agua potable tiene como objetivo evidenciar el comportamiento y funcionamiento de una red, en tanto se pueda realizar una evaluación de los parámetros mediante pruebas del modelo para plantear soluciones acertadas.

### **1.2.7. Componentes de la línea de conducción del sistema**

#### **1.2.7.1. Tuberías**

La función de las tuberías dentro de un sistema de agua potable es la de transporte, en donde según las necesidades y condiciones del proyecto se pueden encontrar en diversidad de materiales como son fibrocemento, cloruro de polivinilo (PVC), hierro dúctil, fierro galvanizado, etc. (CONAGUA, Conducciones, 2015)

#### **1.2.7.2. Tanques de almacenamiento**

“Depósito cerrado en el cual se mantiene una provisión de agua suficiente para cubrir las variaciones horarias de consumo, la demanda para combatir incendios y la demanda de agua durante emergencias” (INEN, 2018, p.258).

#### **1.2.7.3 Válvulas**

La implementación de válvulas será considerada en las tuberías de conducción siempre que se presenten presiones superiores a la máxima. Por lo tanto, en el sistema de Chulco Soroche podría presentar válvulas reguladoras de presión, sostenedoras de presión, de control, by pass, de purga, flotadoras y de aire.

- **Válvulas aliviadoras de presiones**

Son un tipo de válvulas reguladoras las cuales son indispensables como medios de control transitorio ante la presión excedente, están conformadas por un resorte calibrado para abrir la compuerta cuando la presión sobrepasa el valor predeterminado. (CONAGUA, Válvulas, 2015)

- **Válvulas sostenedoras de presiones**

Son un tipo de válvulas reguladoras las cuales son indispensables para mantener constante la presión que se presenta en la línea de conducción. Además, este tipo de válvulas se activan hidráulicamente. (CONAGUA, Válvulas, 2015)

- **Válvulas de seccionamiento**

Las válvulas de seccionamiento son catalogadas como válvulas de control puesto que impiden o permiten el paso del flujo de agua, lo cual puede ayudar al aislamiento de bombas y de secciones de tubería para su respectivo control y mantenimiento. (CONAGUA, Válvulas, 2015)

- **Válvulas de aire**

Este tipo de válvulas cuando se les vacía el agua en las tuberías permiten admitir el aire para evitar que se generen subpresiones, mientras que, cuando se llenan de agua permiten expulsar el aire que se acumula evitando sobrepresiones cuando estas se encuentran en operación. (CONAGUA, Válvulas, 2015)

- **Válvulas check**

Las válvulas check o también conocidas como válvulas de no retorno permiten el flujo del agua en una sola dirección, su función es la de un cierre automático evitando un flujo inverso del líquido hasta que se establezca el sentido de flujo correcto. (CONAGUA, Válvulas, 2015)

- **Válvulas antigolpe de ariete**

También conocidas como válvulas anticipadoras de golpe, están diseñadas para proteger a las tuberías, válvulas y equipo de bombeo de la onda de sobrepresión que ocurre cuando se produce el fenómeno de golpe de ariete, de manera que las válvulas actúan reduciendo las fluctuaciones de presión. (CONAGUA, Válvulas, 2015)

- **Válvulas by pass**

La función que cumplen las válvulas de bypass es la de dar paso a un sistema secundario cuando se supera un valor de presión establecido, lo cual ayuda a proteger al sistema, bombas y accesorios de la línea de conducción garantizando de esta manera, un funcionamiento eficiente.

- **Válvulas flotadoras**

Las válvulas flotadoras permiten cumplir la medición del nivel del agua en los tanques de almacenamiento, puesto que ayudan a regular el flujo de agua en la entrada a los tanques para que no se exceda el límite permisible del mismo.

### **1.2.8 Cámaras rompe presiones**

Las cámaras rompen presiones permiten disipar la energía y reducir la presión, con la finalidad de prevenir daños en el sistema, garantizando un adecuado funcionamiento del mismo. (Agüero Pittman, 1997)

### **1.2.9 Accesorios**

Los accesorios son piezas que se suelen utilizar en las líneas de conducción tales como codos, cruces, tees, juntas, bushings, adaptadores entre otros; los cuales son utilizados con el fin de garantizar un funcionamiento adecuado en los conductos a lo largo de las conducciones del sistema. (CONAGUA, Piezas especiales, 2015)

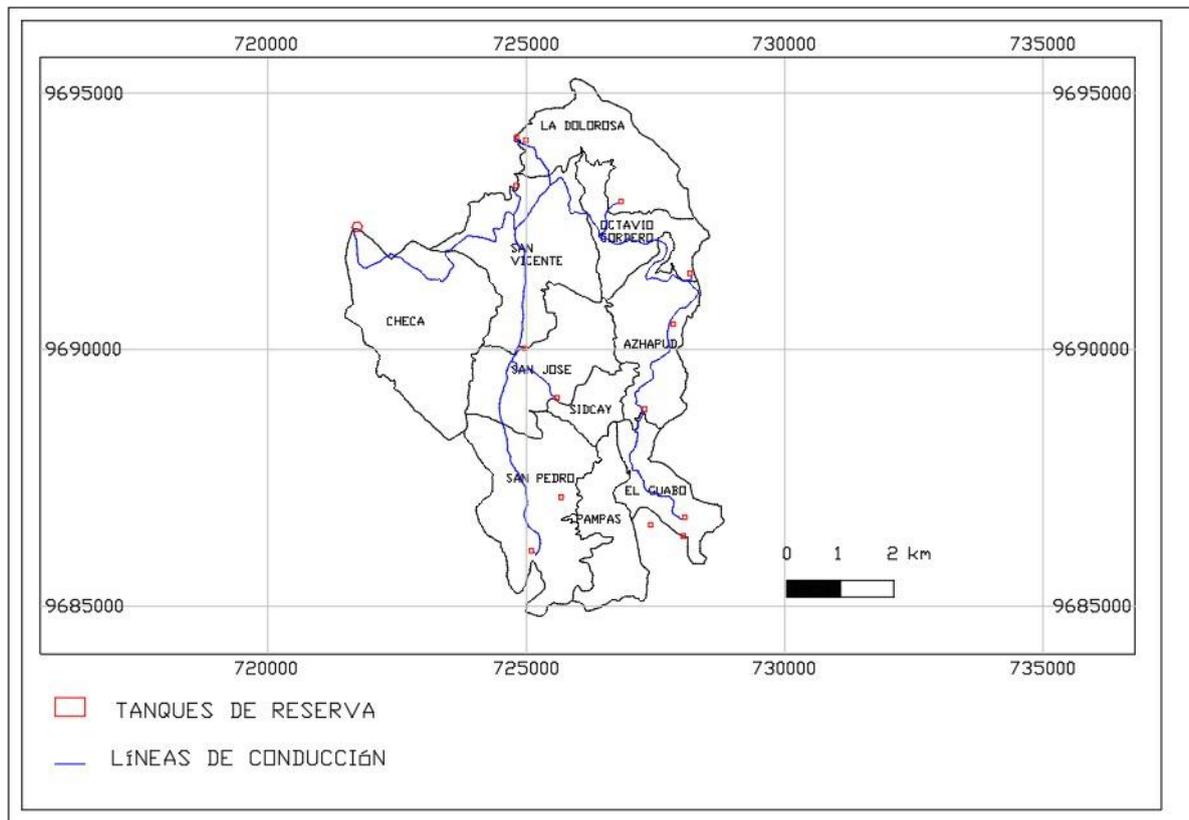
### 1.3 Información catastral

Es un conjunto de datos oficiales (registro) en el que se incluyen ciertos detalles tales como localización, características físicas, uso, valor, y otros aspectos relevantes a cada propiedad, dicha información fue obtenida por el catastro elaborado por ETAPA EP.

#### 1.3.1 Topología del sistema

En la siguiente figura se puede observar la topología de la conducción y la ubicación de los tanques de reserva que existen en el área de estudio.

**Figura 1.5** Topología de la conducción y ubicación de tanques de reserva



*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

En las siguientes tablas se detallarán las características referentes a la red de tuberías y la descripción de las características de los tanques de reserva a lo largo del sistema.

**Tabla 1.2 Red de tuberías**

<b>PARROQUIA</b>	<b>DIAMETRO (mm)</b>	<b>LONGITUD (m)</b>	<b>MATERIAL</b>
OCTAVIO CORDERO	200	897	PVC
OCTAVIO CORDERO	200	1679	PVC
OCTAVIO CORDERO	200	963	PVC
OCTAVIO CORDERO	200	680	PVC
OCTAVIO CORDERO	200	1428	PVC
OCTAVIO CORDERO	200	86	PVC
OCTAVIO CORDERO	200	332	PVC
OCTAVIO CORDERO	200	1397	PVC
OCTAVIO CORDERO	200	673	PVC
OCTAVIO CORDERO	200	498	PVC
OCTAVIO CORDERO	200	1141	PVC
OCTAVIO CORDERO	200	1345	PVC
OCTAVIO CORDERO	200	583	PVC
OCTAVIO CORDERO	200	140	PVC
OCTAVIO CORDERO	200	2447	PVC
OCTAVIO CORDERO	200	42	PVC
OCTAVIO CORDERO	200	167	PVC
SIDCAY	200	2871	PVC
SIDCAY	200	574	PVC
SIDCAY	200	1430	PVC
SIDCAY	200	361	PVC
SIDCAY	200	1304	PVC
SIDCAY	200	406	PVC
SIDCAY	200	2145	PVC
SIDCAY	200	1550	PVC
SIDCAY	200	170	PVC
SIDCAY	200	674	PVC
CHECA	200	917	PVC
CHECA	200	1132	PVC
CHECA	200	715	PVC
CHECA	200	561	PVC
CHECA	200	179	PVC
LLACAO	200	1101	PVC

*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

## **1.4 Criterios de diseño**

### **1.4.1 Fuente de abastecimiento**

El sistema de Chulco permite abastecer de agua potable a las comunidades de Sidcay, Checa, Ricaurte, Llaaco y Octavio Cordero; a través de una captación de agua que proviene del río Chulco, la cual es dirigida a una planta de potabilización que cuenta con dos tanques de 250 m<sup>3</sup> en su parte baja.

### **1.4.2 Población actual**

Para el inicio del cálculo poblacional actual se tomaron en cuenta el número de usuarios obtenidos en el catastro y el número de personas por vivienda, determinando así la población actual.

$$P_{act} = \# \text{ usuarios} * \# \text{ prs/viv}$$

En donde:

P<sub>act</sub>: Población actual

# prs/viv: Número de personas por vivienda

### **1.4.3 Población futura**

Esta población permite proyectar al final del período de diseño, en el cual se utiliza un modelo geométrico detallado en la siguiente fórmula:

$$P_{Fut} = P_{act} * (1 + r)^n$$

Donde:

P<sub>fut</sub>: Población futura

P<sub>act</sub>: Población actual

r: Tasa de crecimiento

n=Intervalo en # de años para realizar la proyección

#### 1.4.4 Densidad poblacional

Se entiende a densidad poblacional al número de personas que habitan un sector o área determinada, el área de estudio de Chulco Soroche se lo delimitó por sectores en hectáreas y el cálculo se lo realizó en base al número de habitantes actual y proyectado hasta el año 2050.

Densidad poblacional=Número de habitantes/Área de estudio (Hab/Ha)

#### 1.4.5 Dotación

Se define la dotación como el caudal de agua potable que es consumido diariamente por cada habitante, en donde, se considera el consumo de carácter doméstico, comercial, industrial y público. (CPE INEN 5 parte 9-1:1992, 1992).

La dotación bruta es la cantidad mínima de agua necesaria para poder cumplir con las necesidades básicas de la persona en donde se debe considerar factores de pérdida.

La dotación neta es la cantidad mínima de agua necesaria para cumplir con las necesidades básicas sin considerar los factores de pérdida. (Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, 2003)

Para el cálculo de la dotación bruta se da la intervención de dos variables en la ecuación, la primera es la dotación neta y la segunda el índice de pérdidas que se presentan en el sistema. (Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico, 2003)

$$Dot\ Bruta = \frac{Dot\ neta}{1 - \%Perdidas} \quad Dot\ neta = Dot\ Bruta \cdot (1 - \%Perdidas)$$

#### 1.4.6 Caudal medio diario

El caudal medio diario presenta el promedio de los consumos diarios en el período de un año, proyectándose hacia el período de diseño.

$$Qmd = (Población\ futura * Dotación\ bruta) / 86400 \quad (l/s)$$

#### **1.4.7 Caudal máximo diario**

El caudal máximo diario representa el consumo en un período de 24 horas a lo largo de un año.

$$QMD = KMD * Qmd$$

Donde:

KMD: (Factor Máximo Diario= 1.30), según la norma CO 10.07 – 601 (1992)

#### **1.4.8 Caudal de diseño**

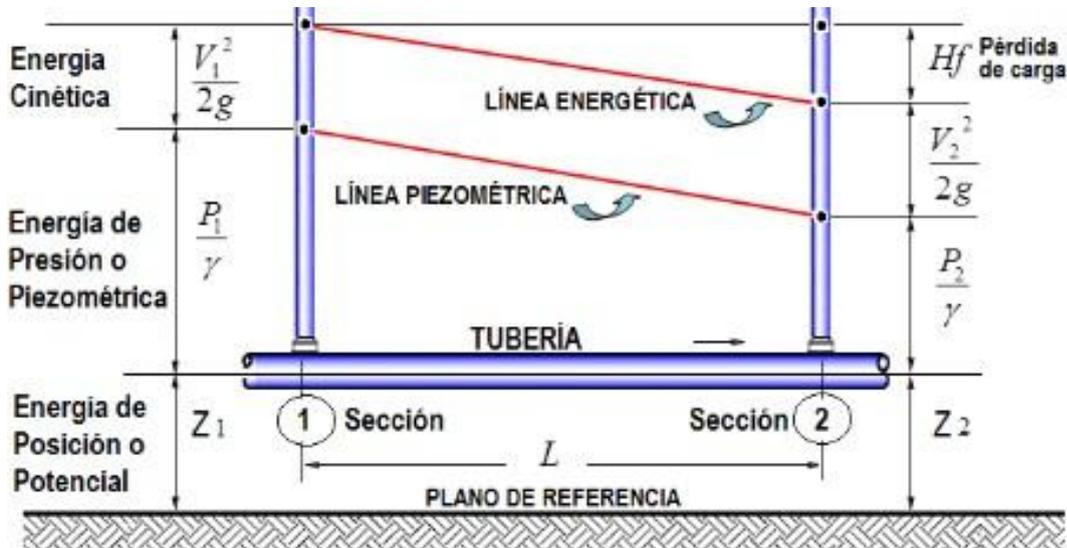
Según la norma CO 10.07 - 601 (1992), el caudal de diseño corresponderá al QMD + 10%. Además, este debe satisfacer la demanda de agua que se encuentra proyectada al final del período de diseño para el caso de conducciones, o a su vez ampliaciones de la misma.

### **1.5 Hidráulica de tuberías**

En el estudio de la hidráulica se debe tomar en cuenta ciertos factores que comprenden: las tuberías, los accesorios tanto de operación como control, la presión, los desagües, los sistemas rompe presiones y sistemas de expulsión de aire dentro del sistema de las líneas de conducción. De manera que se garantice una entrega continua a los usuarios, limitando las sobrepresiones en el funcionamiento y la protección de la contaminación de la conducción por la superficie y el aire. (Urgiles Mendieta,2019).

#### **1.5.1 Cálculo hidráulico**

El estudio hidráulico sobre el flujo nos permite determinar las presiones en cada punto a lo largo de las tuberías en las líneas de conducción. Para lo cual se aplica la ecuación general de la energía o más conocida como el teorema de Bernoulli en donde se establece la relación entre la presión y velocidad de un fluido, de manera que podamos describir el comportamiento en una línea de corriente de un sistema.

**Figura 1.6** Pérdida de energía en una conducción a presión.

Fuente: Alvarado y Tapia, (2023)

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

En donde:

$p$ : Presión ( $kPa$ )

$v$ : Velocidad media ( $m/s$ )

$g$ : Gravedad ( $m/s^2$ )

$\gamma$ : Peso específico del agua ( $kN/m^3$ )

$z$ : Elevación ( $m$ )

$h_f$ : Pérdida de carga por fricción ( $N \cdot m/N$ )

### 1.5.2 Presiones máximas y mínimas

El cálculo de las presiones mínimas se las toma como un valor predeterminado en cuanto a las condiciones y valores mínimos necesarios para el uso requerido de los accesorios, la

recomendación es que el uso se base en un criterio mínimo de 5 m de agua para un funcionamiento correcto de los mismos (Urgiles Mendieta,2019).

### 1.5.3 Material para las tuberías

Los materiales a utilizar para las tuberías serán elegidos según el tipo de funcionamiento, y del mantenimiento que se le proporcione al tramo, dependiendo a su vez de la naturaleza del terreno. Además, es muy importante cumplir con las normas ecuatorianas, y en caso de que no se dispongan de las mismas, se deberá aplicar las normas internacionales ISO (Urgiles Mendieta, 2019).

A continuación, se visualizarán las diferentes normas técnicas nacionales e internacionales que se deben implementar en el medio según el material que se emplee para las tuberías.

**Tabla 1.3** Especificaciones y normas técnicas para tuberías.

Material de la Tubería	Norma Ecuatoriana	Normas Internacionales
HIERRO DÚCTIL_HD		ISO 2531 y conexas
POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD_Pead	NTE INEN 1744:2009	ISO 4427 y conexas
POLIVINILO DE CLORURO_PVC	NTE INEN 1373-2016	ISO 4065 ISO 3606 ISO 161-1

1) Norma NTE INEN 1744:2009: "TUBOS DE POLIETILENO PARA CONDUCCION DE AGUA A PRESION REQUISITOS"	—
2) Norma NTE INEN 1373-2016 "TUBERIA PLASTICA, TUBOS Y ACCESORIOS DE PVC RIGIDO PARA PRESION"	—
3) Norma ISO 2531: "TUBERÍA EN HIERRO DUCTIL"	—
4) Norma ISO 4427: "SISTEMA DE TUBERÍAS PLASTICAS, TUBOS DE POLIETILENO (PE) Y CONEXIONES PARA ABASTECIMIENTO DE AGUA"	—
5) Norma ISO 4065: "Tubos termoplásticos-Tabla de espesor de pared universal"	—
6) Norma ISO 3006: "TUBERÍAS DE CLORURO DE POLIVINILO (PVC) SIN PLASTIFICAR - TOLERANCIAS EN DIÁMETROS EXTERIORES Y ESPESORES DE PARED"	—
7) Norma ISO 161-1: "TUBOS TERMOPLÁSTICOS PARA EL TRANSPORTE DE FLUIDOS - DIÁMETROS NOMINALES EXTERNOS Y PRESIONES NOMINALES"	—

Fuente: Elaboración propia, Adaptado de Urgiles Mendieta, (2019).

#### **1.5.4 Diámetros en las tuberías de conducción**

Para determinar el diámetro correcto de las tuberías de conducción se debe tomar en cuenta las presiones máximas y mínimas de trabajo, las velocidades máximas y mínimas del flujo, y de las longitudes en cada tramo de la conducción. Además, para el cálculo de diámetros es necesario emplear las ecuaciones de Hazen Williams, Darcy-Weisbach, Colebrook-White, etc. (Urgiles Mendieta, 2019)

En cuanto al diámetro mínimo de las tuberías, este no debe exceder de 100 mm para áreas industriales y poblados, y para áreas rurales no menos de 75 mm. (CPE INEN 5 parte 9-1:1992,1992)

#### **1.5.5 Velocidades en las tuberías de conducción**

En cuanto a la velocidad la consideración que se debe tomar en cuenta como un valor mínimo para una correcta operación es de 0.6 m/s y en cuanto al análisis de la velocidad máxima se debe tomar en cuenta que no se superen valores mayores a 10 mca/km considerando valores de pérdida de carga acumulada (Urgiles Mendieta,2019).

#### **1.6 Introducción al modelo del software watergems**

Este software avanzado de modelación hidráulica fue desarrollado por Bentley Systems, con el objetivo de facilitar el análisis, diseño y gestión de redes de distribución de agua potable. Su enfoque principal está en optimizar el rendimiento de modelos hidráulicos, mejorar su eficiencia operativa y garantizar un suministro confiable.

## CAPÍTULO II

### 2. ELABORACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO

#### 2.1 Parámetros de diseño para la modelación hidráulica

##### 2.1.1 Análisis Poblacional.

Para la elaboración del cálculo de la población servida a los diferentes sectores de distribución de Chulco Soroche, se utilizaron diversos datos obtenidos de los diferentes sectores de distribución, tales como las áreas del proyecto y la población actual de las mismas, la cual fue recopilada mediante información nacional proveniente del INEC en conjunto con información de ETAPA EP, la proyección de la población abarca hasta el año 2050 y se lo realizó mediante una proyección estadística con un modelo geométrico.

**Tabla 2.1** *Proyección de población servida hasta el año 2050*

SECTORES DE DISTRIBUCIÓN CHULCO SOROCHE	POBLACION SERVIDA (Hab)					
	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>PLANTA TRATAMIENTO AGUA POTABLE CHECA</b>	2791	2866	2926	2986	3046	3106
<b>SAN VICENTE</b>	1619	1778	1929	2081	2214	2328
<b>SIDCAY</b>	763	903	1047	1195	1341	1480
<b>OCTAVIO CORDERO</b>	717	813	906	999	1095	1188
<b>LA DOLOROSA</b>	293	262	236	209	187	164
<b>EL GUABO</b>	1175	1335	1493	1645	1786	1914
<b>SAN PEDRO</b>	2324	2273	2183	2055	1888	1676
<b>PAMPAS</b>	1639	1688	1685	1630	1516	1351
<b>AZHAPUD</b>	1138	1302	1457	1609	1753	1881
<b>SAN JOSE</b>	1087	1129	1152	1156	1147	1120
<b>LLACAO</b>	3955	4438	4927	5405	5864	6281
<b>POBLACION TOTAL</b>	17501	18787	19941	20970	21837	22489

*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

##### 2.1.2 Análisis densidad.

Para la elaboración del cálculo de la densidad servida se utilizó la información obtenida a partir del número de habitantes proyectados, así como la extensión territorial de cada sector (Ha), en donde al dividir estos factores se obtuvo la densidad para cada sector, proporcionando

información útil y necesaria relacionada con el número de habitantes y en donde se encuentra la mayor densidad poblacional para la asignación respectiva de los servicios.

**Tabla 2.2** *Densidad poblacional proyectada*

SECTORES DE DISTRIBUCIÓN CHULCO SOROCHE	DENSIDAD (Hab/Ha)					
	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>PLANTA TRATAMIENTO AGUA POTABLE CHECA</b>	3,72	3,82	3,90	3,98	4,06	4,14
<b>SAN VICENTE</b>	2,56	2,81	3,05	3,29	3,50	3,68
<b>SIDCAY</b>	5,49	6,49	7,53	8,59	9,64	10,64
<b>OCTAVIO CORDERO</b>	2,47	2,80	3,12	3,44	3,77	4,09
<b>LA DOLOROSA</b>	0,66	0,59	0,53	0,47	0,42	0,37
<b>EL GUABO</b>	4,85	5,51	6,16	6,79	7,37	7,90
<b>SAN PEDRO</b>	3,62	3,54	3,40	3,20	2,94	2,61
<b>PAMPAS</b>	5,63	5,80	5,79	5,60	5,21	4,64
<b>AZHAPUD</b>	2,85	3,26	3,65	4,03	4,39	4,71
<b>SAN JOSE</b>	2,37	2,46	2,51	2,52	2,50	2,44
<b>LLACAO</b>	6,63	7,44	8,26	9,06	9,83	10,53

*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

### 2.1.3 Determinación de la Dotación

La dotación se la calculó tomando en cuenta como base la densidad poblacional actual y proyectada para cada sector del proyecto, de manera que se pueda estimar la demanda de agua potable según la concentración presentada en cada sector, además se consideró la dotación hasta el año 2050 tomando factores como el crecimiento poblacional para de esta manera crear un modelo que asegure un suministro eficiente sin afectar la calidad y distribución de los recursos hídricos considerando las pérdidas del sistema.

**Tabla 2.3** *Dotación neta*

<b>SECTORES DE DISTRIBUCION CHULCO SOROCHE</b>	<b>DOTACION (l/s)</b>
<b>PTAP CHECA</b>	100
<b>EL CISNE</b>	100
<b>SIDCAY</b>	120
<b>OCTAVIO CORDERO</b>	100
<b>LA DOLOROSA</b>	100
<b>EL GUABO</b>	100
<b>SAN PEDRO</b>	120
<b>PAMPAS</b>	150
<b>AZHAPUD</b>	100
<b>SAN JOSE</b>	100
<b>LLACAO</b>	150

*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Tabla 2.4** *Perdidas por año hasta 2050*

<b>AÑO</b>	<b>PERDIDAS</b>
<b>2025</b>	35%
<b>2030</b>	34%
<b>2035</b>	33%
<b>2040</b>	32%
<b>2045</b>	31%
<b>2050</b>	30%

*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

#### **2.1.4 Análisis del Caudal medio diario (Qmed)**

Para el cálculo de caudal medio diario se tomó en cuenta a la población servida proyectada hasta el 2050, la dotación neta expresada en (l/s), las pérdidas de carga. Estos parámetros son claves para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, puesto que representa el consumo promedio de una comunidad en un período de 24 horas.

**Tabla 2.5 Caudales medios diarios para cada sector de distribución**

SECTORES DE DISTRIBUCION CHULCO SOROCHE	<u>Qmed (l/s)</u>					
	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>PTAP CHECA</b>	4,97	5,03	5,05	5,08	5,11	5,14
<b>EL CISNE</b>	2,88	3,12	3,33	3,54	3,71	3,85
<b>SIDCAY</b>	1,63	1,90	2,17	2,44	2,70	2,94
<b>OCTAVIO CORDERO</b>	1,28	1,43	1,57	1,70	1,84	1,96
<b>LA DOLOROSA</b>	0,52	0,53	0,53	0,53	0,54	0,54
<b>EL GUABO</b>	2,09	2,34	2,58	2,80	3,00	3,16
<b>SAN PEDRO</b>	4,97	5,01	5,06	5,11	5,17	5,22
<b>PAMPAS</b>	4,38	4,42	4,46	4,51	4,55	4,60
<b>AZHAPUD</b>	2,03	2,28	2,52	2,74	2,94	3,11
<b>SAN JOSE</b>	1,94	1,98	1,99	1,99	1,98	1,98
<b>LLACAO</b>	10,56	11,67	12,77	13,80	14,75	15,58

*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

### **2.1.5 Análisis Caudal máximo diario (QMD)**

Para el cálculo del caudal máximo diario se toma como referencia el factor máximo diario (KMD=1.30) y del caudal medio diario (l/s). El resultado del producto de los mismos es de suma importancia puesto que refleja los momentos de mayor demanda que se presentan en los diferentes sectores de distribución.

**Tabla 2.6** Caudales máximo diario para cada sector de distribución

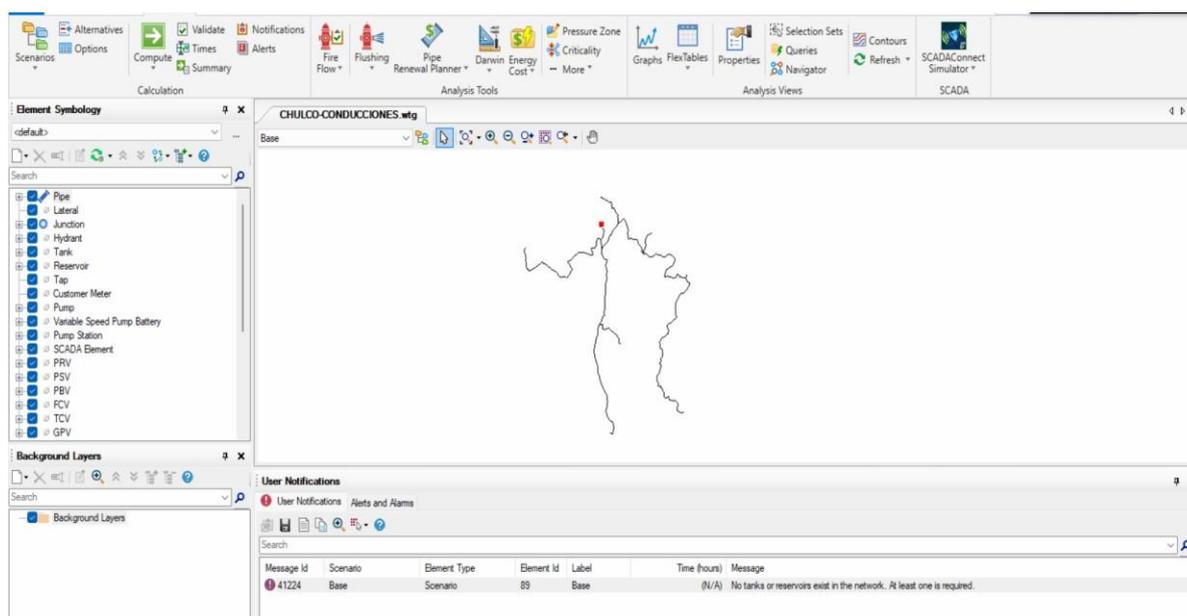
SECTORES DE DISTRIBUCION CHULCO SOROCHE	QMD (l/s)					
	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>PTAP CHECA</b>	6,46	6,53	6,57	6,61	6,64	6,68
<b>EL CISNE</b>	3,75	4,05	4,33	4,60	4,83	5,00
<b>SIDCAY</b>	2,12	2,47	2,82	3,17	3,51	3,82
<b>OCTAVIO CORDERO</b>	1,66	1,85	2,03	2,21	2,39	2,55
<b>LA DOLOROSA</b>	0,68	0,68	0,69	0,69	0,70	0,71
<b>EL GUABO</b>	2,72	3,04	3,35	3,64	3,89	4,11
<b>SAN PEDRO</b>	6,46	6,52	6,58	6,65	6,71	6,78
<b>PAMPAS</b>	5,69	5,74	5,80	5,86	5,92	5,98
<b>AZHAPUD</b>	2,63	2,97	3,27	3,56	3,82	4,04
<b>SAN JOSE</b>	2,52	2,57	2,59	2,58	2,57	2,57
<b>LLACAO</b>	13,73	15,18	16,60	17,94	19,18	20,25
<b>KMD =</b>	1,3					

*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

## 2.2 Metodología de diseño para el modelado hidráulico

### 2.2.1 Modelo

Para iniciar con el proceso de modelado de las líneas de conducción del sistema de agua potable de Chulco Soroche se procedió con la implementación de la red de distribución mediante un archivo .inp.

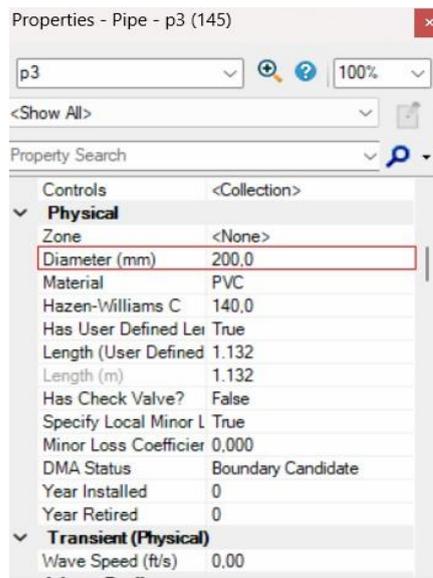
**Figura 2.1** Modelado hidráulico de las líneas de conducción

*Fuente:* Elaboración propia (2025)

El siguiente paso fue el de insertar en el programa los parámetros de diseño generados previamente, primero se procedió a colocar el diámetro de las tuberías considerando catálogos comerciales, posteriormente se cambiaron los parámetros del material en las líneas de conducción, además el programa permite tener una apreciación sobre las longitudes de las tuberías de las líneas de conducción mediante su selección, en consecuencia se puede obtener datos relevantes para la realización del proyecto, y se puede modificar factores importantes para la posterior obtención de presiones y velocidades a lo largo del sistema.

### 2.2.2 Implementación de diámetros en el programa

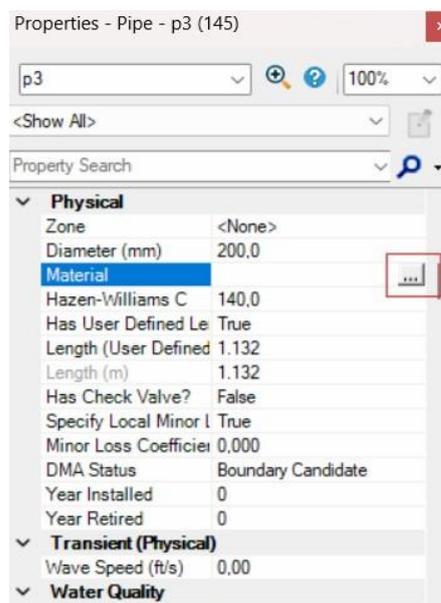
Una vez calculados los diámetros se procedió a agregarlos en el software WaterGems para cada sección de tubería correspondiente a la red de distribución del sistema Chulco Soroché, asegurando que cada uno de los diámetros fueran registrados para posteriormente evaluar el funcionamiento del modelo.

**Figura 2.2** Ingreso de diámetros al modelo

Fuente: Elaboración propia (2025)

### 2.2.3 Implementación de materiales en el programa

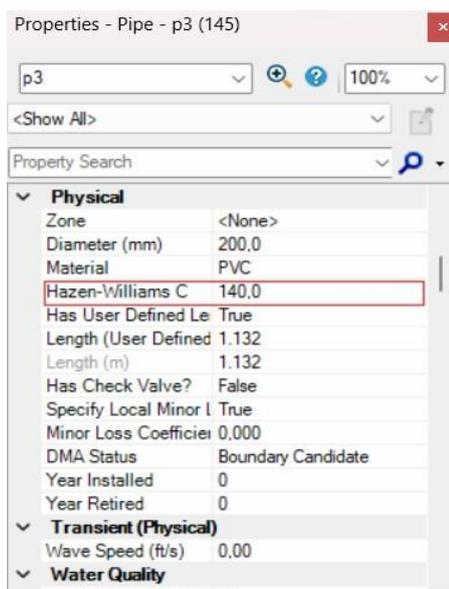
Para el registro de los materiales que se deseen insertar en el modelo se debe seleccionar los “3 puntos”, y a su vez escoger el material óptimo, al iniciar el modelo se escogió el PVC como material de referencia para una evaluación inicial, y de esta manera evaluar el desempeño en cuanto a las presiones que se generan en el sistema.

**Figura 2.3** Ingreso de material al modelo

*Fuente:* Elaboración propia (2025)

El valor por defecto al seleccionar el tipo de material PVC realiza una consideración en el valor de Hazen-Williams de 150 debido a que el valor considera una tubería de PVC nueva, la consideración que se realizó en la colocación de un valor de 140 tomando en cuenta factores como envejecimiento, sedimentación y condiciones reales de operación.

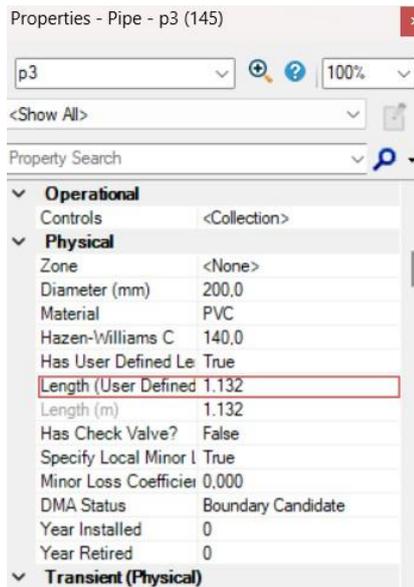
**Figura 2.4** *Coficiente de Hazen-Williams*



*Fuente:* Elaboración propia (2025)

#### **2.2.4 Análisis de longitudes del modelo**

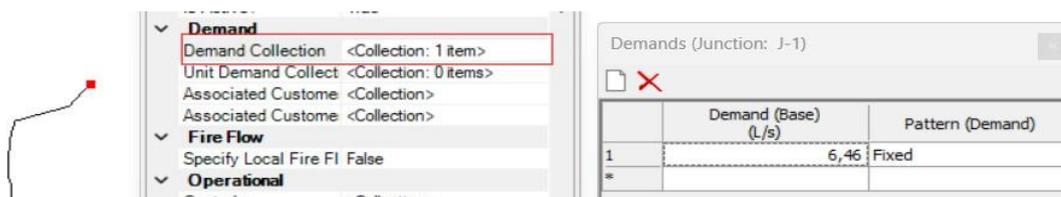
Para el análisis de las longitudes en el sistema, se procedió a seleccionar las líneas de conducción y en sus propiedades se puede obtener la longitud correspondiente a cada tramo.

**Figura 2.5** Análisis de longitudes para cada tramo

Fuente: Elaboración propia (2025)

### 2.2.5 Ingreso de caudales al modelo

Para el parámetro de caudal se utilizó los cálculos obtenidos en la Tabla 2.5, los caudales se los insertó verificando los valores y los sectores determinados previamente en la Figura 1.2 en cada Junction.

**Figura 2.6** Ingreso de las demandas correspondientes al modelo

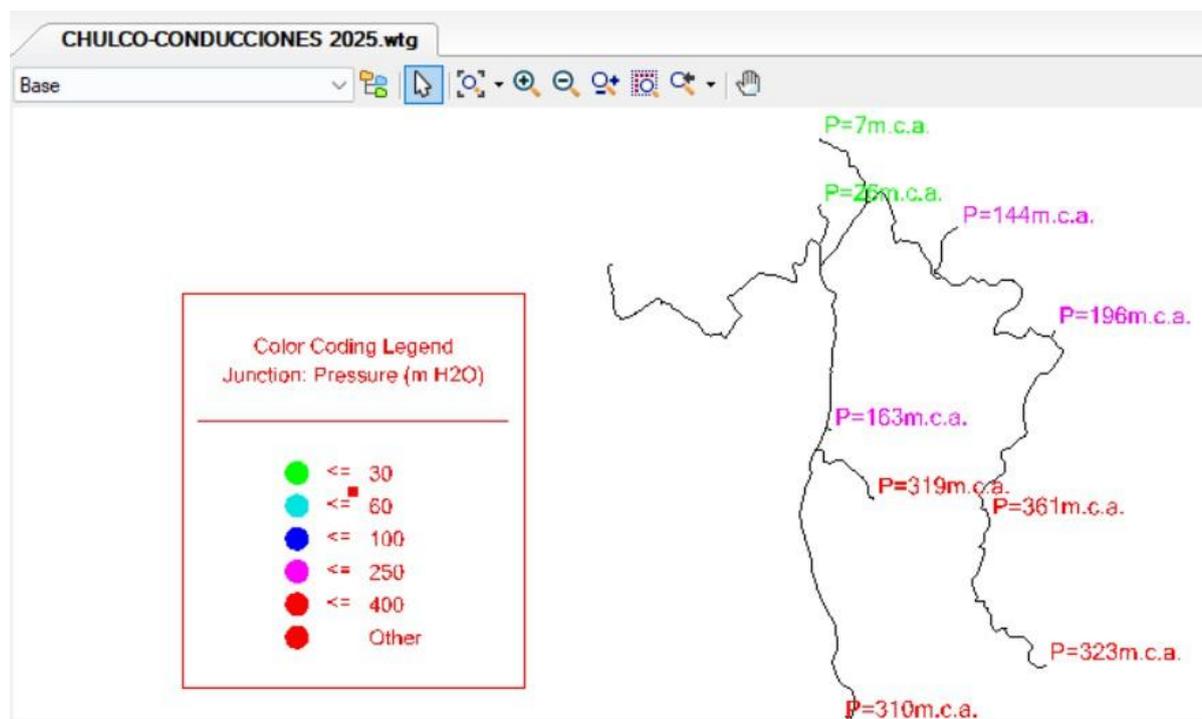
Fuente: Elaboración propia (2025)

### 2.2.6 Ejecución del programa al año base 2025 y objetivo 2050

Previo a la ejecución del programa de las líneas de conducción en WaterGems, se diferenciaron dos modelos en los cuales se modificó los caudales respectivos para cada año, se realizó el análisis y lanzamiento del programa para el año 2025 y para el año 2050.

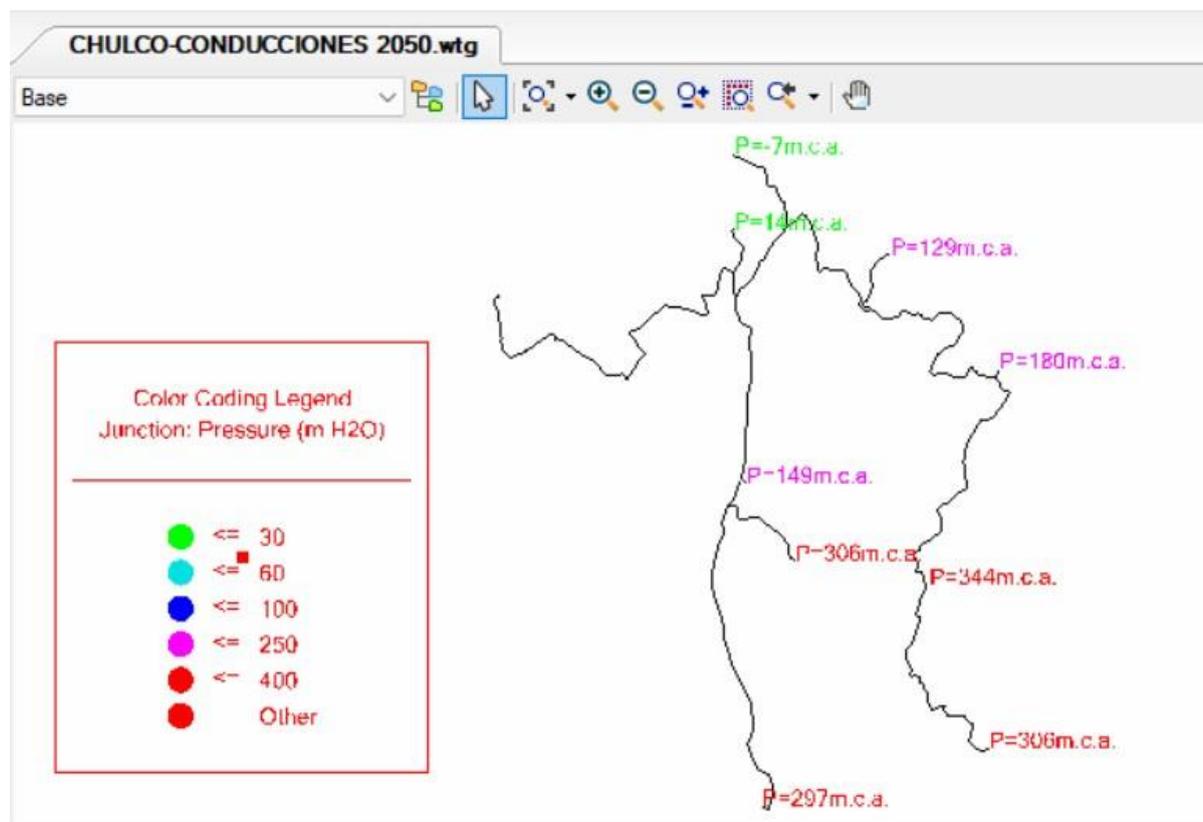
La herramienta annotation sirvió para lograr la visualización de los resultados obtenidos como los valores de presiones (m.c.a) de ingreso a los tanques, permitiendo localizar donde se encuentran las secciones más críticas del sistema y poder identificar la necesidad de válvulas reductoras de presión en el mismo.

**Figura 2.7** Visualización de presiones modelo 2025 WaterGems



*Fuente:* Elaboración propia

En la Figura 2.7 se visualiza las presiones de ingreso a los tanques que son el producto del modelado de las líneas de conducción del sistema de agua potable. Se las representa con una leyenda en donde en color rojo se localizan presiones mayores a 250 m.c.a las que son consideradas mas criticas para el modelo y en donde se busco reducir las presiones.

**Figura 2.8** Visualización de presiones modelo 2050 WaterGems

*Fuente:* Elaboración propia (2025)

De igual manera en el modelo de WaterGems proyectado para el año 2050 se evidencian las presiones de ingreso existentes en el modelo, en donde se analiza un decremento en las presiones, lo que puede deberse a factores como la densidad de la población, pérdidas, entre otros parámetros analizados previamente.

### 2.2.7 Representación esquemática y georreferenciada de los tanques del sistema

Se muestra la representación esquemática y georreferenciada del modelo de las líneas de conducción chulco soroché, en donde se presentan los tanques de reserva a ser analizados en el modelo en conjunto con la Planta de tratamiento de agua potable de Checa, este modelo servirá para poder determinar parámetros de diseño en el modelo hidráulico, y tener una mejor referencia de los tanques en posteriores cálculos.

**Figura 2.9** Visualización esquemática y georreferenciada tanques

*Fuente:* Elaboración propia (2025)

A continuación, se presenta la Tabla 2.7, la cual muestra un cuadro significativo con las diferentes cotas correspondientes a cada uno de los tanques de reserva para cada sector, y la planta de tratamiento de agua potable Checa obtenidos a partir de las curvas de nivel de un modelo GIS teniendo los siguientes valores:

**Tabla 2.7** Cota y nombre reservorio

<b>RESERVA</b>	<b>COTAS (m.s.n.m.)</b>
<b>PTAP CHECA</b>	3066
<b>SAN VICENTE ALTO</b>	3022
<b>SAN VICENTE BAJO</b>	2883
<b>LA DOLOROSA ALTO</b>	3040
<b>LA DOLOROSA BAJO</b>	2901
<b>OCTAVIO CORDERO</b>	2848
<b>EL GUABO</b>	2720
<b>SAN PEDRO</b>	2734
<b>SAN JOSE</b>	2726
<b>AZHAPUD</b>	2683

*Fuente:* Elaboración propia (2025)

### 2.2.6 Velocidades

Para la obtención de las velocidades del modelo se realizó una relación tomando como referencia los caudales máximos diarios correspondientes a los años 2025 y 2050, y las áreas correspondientes los diámetros de tubería considerados en el sistema.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\left(\frac{\pi \cdot D^2}{4}\right)}$$

Las velocidades calculadas son presentadas en la siguiente tabla:

**Tabla 2.8** *Velocidades del sistema*

<b>RESERVA</b>	<b>Área Tubería (m)</b>	<b>AÑO DEL ESTUDIO</b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>VELOCIDAD (m/s)</b>
<b>SAN VICENTE ALTO</b>	0,031	2025	0,0021	0,07
<b>SAN VICENTE BAJO</b>	0,031	2050	0,0038	0,12
<b>SAN VICENTE BAJO</b>	0,031	2025	0,0027	0,09
<b>SAN VICENTE BAJO</b>	0,031	2050	0,0041	0,13
<b>LA DOLOROSA ALTO</b>	0,031	2025	0,0007	0,02
<b>LA DOLOROSA ALTO</b>	0,031	2050	0,0007	0,02
<b>LA DOLOROSA BAJO</b>	0,031	2025	0,0038	0,12
<b>LA DOLOROSA BAJO</b>	0,031	2050	0,0050	0,16
<b>OCTAVIO CORDERO</b>	0,031	2025	0,0017	0,05
<b>OCTAVIO CORDERO</b>	0,031	2050	0,0026	0,08
<b>EL GUABO</b>	0,031	2025	0,0027	0,09
<b>EL GUABO</b>	0,031	2050	0,0041	0,13
<b>SAN PEDRO</b>	0,031	2025	0,0065	0,21
<b>SAN PEDRO</b>	0,031	2050	0,0068	0,22
<b>SAN JOSE</b>	0,031	2025	0,0025	0,08
<b>SAN JOSE</b>	0,031	2050	0,0026	0,08
<b>AZHAPUD</b>	0,031	2025	0,0026	0,08
<b>AZHAPUD</b>	0,031	2050	0,0040	0,13

*Fuente:* Elaboración propia (2025)

### 2.2.7 Presiones de ingreso

Para la obtención de las presiones se procedió a ingresar los parámetros necesarios al modelo tales como: caudales (l/s), cotas (m), diámetro de las tuberías (mm), el tipo de material para obtener el coeficiente de rugosidad ya sean Hazen Williams (C) o Darcy Weisbach (f).

Una vez ingresados todos los parámetros correspondientes al modelo se procedió a correrlo para determinar las presiones que se generarán en cada tanque a lo largo de los años 2025 y 2050, para posteriormente realizar su respectiva evaluación. Las presiones obtenidas son presentadas en la Tabla 2.9.

**Tabla 2.9** *Presiones de ingreso a tanques 2025-2050*

<b>PRESIONES MODELO</b>		
<b>RESERVA</b>	<b>AÑO</b>	<b>P in (mH<sub>2</sub>O)</b>
<b>SAN VICENTE ALTO</b>	2025	26
	2050	14
<b>SAN VICENTE BAJO</b>	2025	163
	2050	149
<b>LA DOLOROSA ALTO</b>	2025	7
	2050	5
<b>LA DOLOROSA BAJO</b>	2025	144
	2050	142
<b>OCTAVIO CORDERO</b>	2025	196
	2050	180
<b>EL GUABO</b>	2025	323
	2050	306
<b>SAN PEDRO</b>	2025	310
	2050	297
<b>SAN JOSE</b>	2025	319
	2050	306
<b>AZHAPUD</b>	2025	361
	2050	344

*Fuente:* Elaboración propia (2025)

## **2.3 Parámetros y categorización de válvulas reductoras de presión y control de flujo**

### **2.3.1 Presiones de salida y diferencial de presiones**

Para determinar el diferencial de presiones primero se requiere obtener las presiones de entrada y salida del sistema. Para el caso de la presión de entrada se la obtendrá a partir de la ejecución el programa; en tanto que, las presiones de salida se establecen en base a las presiones de entrada, en donde, consideramos que si se superan los 250 m.c.a se requiere una válvula

reductora de presión que limite la presión de salida a 120 m.c.a, mientras que si no se superan los 250 m.c.a se requiere una válvula reductora de presión que limite presión final a 30 m.c.a.

Las consideraciones que se tomaron para determinar la presión de salida fueron en base a las presiones de llegada, en el caso de SAN VICENTE ALTO y LA DOLOROSA ALTO, no se consideraron presiones de salida debido a que las presiones de ingreso fueron menores a 30 m.c.a.

Una vez obtenidas todas las presiones de ingreso y de salida se realizó una diferencia entre cada una de las mismas, y, además, se requirió convertirlas de m.c.a hacia psi como se muestra en la Tabla 2.10.

**Tabla 2.10** Presiones de salida y diferencial de presiones 2025-2050 Válvula 1

RESERVA	Año de análisis	Válvula 01		
		P in (mH <sub>2</sub> O)	P out (mH <sub>2</sub> O)	ΔP (psi)
SAN VICENTE ALTO	2025	26	-	-
	2050	14	-	-
SAN VICENTE BAJO	2025	163	30	1,892
	2050	149	30	1,693
LA DOLOROSA ALTO	2025	7	-	-
	2050	5	-	-
LA DOLOROSA BAJO	2025	144	30	1,621
	2050	142	30	1,593
OCTAVIO CORDERO	2025	196	30	2,361
	2050	180	30	2,133
EL GUABO	2025	323	120	2,887
	2050	306	120	2,645
SAN PEDRO	2025	310	120	2,702
	2050	297	120	2,517
SAN JOSE	2025	319	120	2,830
	2050	306	120	2,645
AZHAPUD	2025	361	120	3,428
	2050	344	120	3,186

Fuente: Elaboración propia (2025)

El proceso de delimitación de las presiones de ingreso, salida y diferencial de presiones se los realizo por segunda vez en el caso cuando las presiones excedían los 250 m.c.a, la consideración que se realizó en la primera válvula fue de reducir estas presiones a 120 m.c.a y posterior a ello se buscó reducir este valor de presiones a 30 m.c.a. con la segunda válvula por lo que se obtuvieron los siguientes resultados en la Tabla 2.11.

**Tabla 2.11** *Presiones de salida y diferencial de presiones 2025-2050 Válvula 2*

RESERVA	Año de análisis	Válvula 02		
		P in (mH <sub>2</sub> O)	P out (mH <sub>2</sub> O)	ΔP (psi)
SAN VICENTE ALTO	2025	-	-	-
	2050	-	-	-
SAN VICENTE BAJO	2025	-	-	-
	2050	-	-	-
LA DOLOROSA ALTO	2025	-	-	-
	2050	-	-	-
LA DOLOROSA BAJO	2025	-	-	-
	2050	-	-	-
OCTAVIO CORDERO	2025	-	-	-
	2050	-	-	-
EL GUABO	2025	120	30	1,280
	2050	120	30	1,280
SAN PEDRO	2025	120	30	1,280
	2050	120	30	1,280
SAN JOSE	2025	120	30	1,280
	2050	120	30	1,280
AZHAPUD	2025	120	30	1,280
	2050	120	30	1,280

*Fuente:* Elaboración propia (2025)

## CAPITULO III

## 3. EVALUACIÓN DEL SISTEMA Y PROPUESTA DE MEJORAS

## 3.1 Resultados

## 3.1.1 Coeficiente de caudal de la válvula (Cv operación)

El Cv de operación es el coeficiente que indica la capacidad de flujo de una válvula la cual sirve para la selección y dimensionamiento correcto de válvulas en relación con su caudal, las presiones tanto de ingreso, salida y el diferencial de presiones.

Para el cálculo del Cv de operación se implementó el uso del catálogo de válvulas BERMAD serie 700, el cual nos proporcionó la expresión de la que se despejó el coeficiente Cv de operación en base al caudal (Q) y al diferencial de presiones ( $\Delta P$ ).

$$Cv_{Operacion} = \frac{Q}{\sqrt{\Delta p}}$$

De manera que se determino el coeficiente para la posterior selección en base a catalogo de las válvulas reductoras de presión para cada reserva en la Tabla 3.1.

**Tabla 3.1** Cv de operación válvulas 1-2

RESERVA	Cv OPERACIÓN	
	Válvula 01	Válvula 02
SAN VICENTE ALTO	-	-
	-	-
SAN VICENTE BAJO	31,26	-
	49,96	-
LA DOLOROSA ALTO	-	-
	-	-
LA DOLOROSA BAJO	46,33	-
	62,59	-
OCTAVIO CORDERO	16,92	-
	27,39	-
EL GUABO	25,31	38,01
	39,96	57,45

<b>SAN PEDRO</b>	62,05	90,15
	67,44	94,57
<b>SAN JOSE</b>	23,78	35,35
	25,21	36,24
<b>AZHAPUD</b>	22,69	37,12
	35,86	56,57

*Fuente:* Elaboración propia (2025)

El valor del coeficiente Cv no se lo calculo para SAN VICENTE ALTO ni para LA DOLOROSA ALTO debido a que las presiones de ingreso a las dos reservas son menores a 30 m.c.a, siguiendo bajo el mismo criterio el coeficiente cv se calculo para la primera válvula tomado en consideración la presión de ingreso, y el cálculo del cv de operación para la segunda válvula se la realizo únicamente para las presiones que de ingreso tenían valores de presión mayores a 250 m.c.a según la Tabla 2.9 y Tabla 2.10.

### 3.1.2 Revisión catalogo (tipo, diámetro, Cv catalogo)

Una vez calculado del valor de Cv de operación se procedió con la revisión y análisis del catálogo de BERMAD serie 700, en donde se determinó un Cv correspondiente en base a los valores Cv de operación para cada caso y con sus respectivos diámetros, dándonos los resultados de la Tabla 3.2.

**Tabla 3.2** Cv catálogo y diámetro

<b>RESERVA</b>	<b>Cv CATÁLOGO</b>		<b>DIÁMETRO (in)</b>	
	<b>Válvula 01</b>	<b>Válvula 02</b>	<b>Válvula 01</b>	<b>Válvula 02</b>
<b>SAN VICENTE ALTO</b>	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>SAN VICENTE BAJO</b>	56	-	2	-
	56	-	2	-
<b>LA DOLOROSA ALTO</b>	-	-	-	-
	-	-	-	-
<b>LA DOLOROSA BAJO</b>	64	-	3	-
	64	-	3	-

<b>OCTAVIO CORDERO</b>	56	-	2	-
	56	-	2	-
<b>EL GUABO</b>	64	64	3	3
	64	64	3	3
<b>SAN PEDRO</b>	142	142	4	4
	142	142	4	4
<b>SAN JOSE</b>	56	56	2	2
	56	56	2	2
<b>AZHAPUD</b>	64	64	3	3
	64	64	3	3

*Fuente:* Elaboración propia (2025)

### 3.1.3 Apertura de válvulas

El porcentaje de apertura de las válvulas corresponde a cada tanque de reserva, está basada en una relación entre el valor  $C_v$  de operación con el coeficiente  $C_v$  escogido del catálogo BERMAD serie 700, en donde, se utilizó la siguiente expresión para el respectivo calculo.

$$\text{Porcentaje de apertura} = \left( \frac{C_{v_{OPERACION}}}{C_{v_{CATALOGO}}} \right)^{2.456} \cdot 100$$

**Tabla 3.3** *Porcentaje de apertura de válvulas*

<b>RESERVA</b>	<b>% APERTURA</b>	
	<b>Válvula 01</b>	<b>Válvula 02</b>
<b>SAN VICENTE ALTO</b>	-	-
	-	-
<b>SAN VICENTE BAJO</b>	23,89%	-
	75,56%	-
<b>LA DOLOROSA ALTO</b>	-	-
	-	-
<b>LA DOLOROSA BAJO</b>	45,24%	-
	94,68%	-
<b>OCTAVIO CORDERO</b>	5,29%	-
	17,26%	-
<b>EL GUABO</b>	10,24%	27,81%

	31,46%	76,71%
<b>SAN PEDRO</b>	13,09%	32,77%
	16,06%	36,85%
<b>SAN JOSE</b>	12,20%	32,32%
	14,08%	34,34%
<b>AZHAPUD</b>	7,83%	26,24%
	24,10%	73,84%

*Fuente:* Elaboración propia (2025)

### 3.2 Alternativas al modelo

#### 3.2.1 Modelo escogido

Una vez realizados los respectivos cálculos correspondientes de los diferentes parámetros y en función del Cv de catálogo seleccionado, se pudo establecer la cantidad necesaria y el tipo de válvulas que cumplen con los requerimientos de reducción de presiones a ser utilizados en los tanques de reserva a lo largo de la red de distribución del sistema, resultando en la elección del modelo en base al catálogo BERMAD series 700, considerando el diámetro de válvulas que tendrá cada uno de los tanques.

**Tabla 3.4 Modelo válvulas seleccionado**

<b>RESERVA</b>	<b>Modelo BERMAD</b>	
	<b>Válvula 01</b>	<b>Válvula 02</b>
<b>SAN VICENTE ALTO</b>	-	-
	-	-
<b>SAN VICENTE BAJO</b>	700-ES-V Port	-
	700-ES-V Port	-
<b>LA DOLOROSA ALTO</b>	-	-
	-	-
<b>LA DOLOROSA BAJO</b>	700-ES-V Port	-
	700-ES-V Port	-
<b>OCTAVIO CORDERO</b>	700-ES-V Port	-
	700-ES-V Port	-
<b>EL GUABO</b>	700-ES-V Port	700-ES-V Port
	700-ES-V Port	700-ES-V Port

<b>SAN PEDRO</b>	700-ES-V Port	700-ES-V Port
	700-ES-V Port	700-ES-V Port
<b>SAN JOSE</b>	700-ES-V Port	700-ES-V Port
	700-ES-V Port	700-ES-V Port
<b>AZHAPUD</b>	700-ES-V Port	700-ES-V Port
	700-ES-V Port	700-ES-V Port

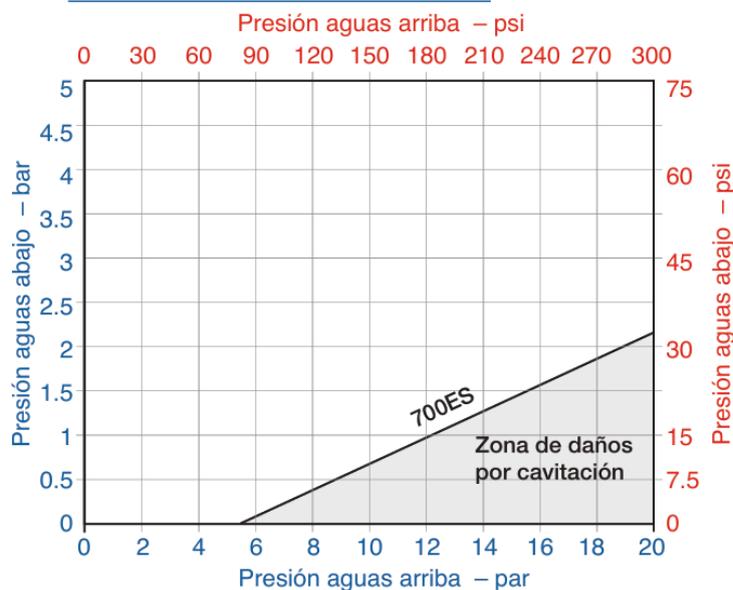
*Fuente:* Elaboración propia (2025)

Las Válvulas V Port, son conformadas por un obturador en forma de V, que ayuda con la regulación del caudal de manera mas gradual y precisa. Este tipo de válvulas ayudan a controlar el fenómeno de cavitación, golpes de ariete, este modelo de válvulas es más usado cuando existen en el sistema cambios de presiones.

### **3.2.2 Diagrama de cavitación**

El fenómeno de cavitación afecta directamente al rendimiento de las válvulas de control y del sistema. Esto se produce cuando la presión del agua baja lo suficiente como para formar burbujas en su interior que a su vez colapsan con fuerza, causando daños significativos en las válvulas.

El diagrama de cavitación de BERMAD sirve para interpretar si las válvulas trabajan en condiciones seguras, es decir, si su punto de operación (presiones de entrada y salida) caen dentro de la zona sombreada, existirá un riesgo de daño por cavitación. Para evitar que se produzca este fenómeno, se debe mantener la presión de salida lo suficientemente alta en relación con la presión de entrada, de esta manera asegurando un funcionamiento óptimo de las mismas.

**Figura 3.1** Diagrama de cavitación**Diagrama de cavitación**

Fuente: Catalogo BERMAD modelo 720 serie 700 (2012)

A continuación, se presenta la Tabla 3.5, la cual contiene la revisión de cavitación correspondiente a cada tanque de reserva en función del diagrama de cavitación, Figura 3.1.

**Tabla 3.5** Verificación de cavitación

<b>RESERVA</b>	<b>Revisión Cavitación</b>
<b>SAN VICENTE ALTO</b>	-
<b>SAN VICENTE BAJO</b>	Cumple
<b>LA DOLOROSA ALTO</b>	-
<b>LA DOLOROSA BAJO</b>	Cumple
<b>OCTAVIO CORDERO</b>	Cumple
<b>EL GUABO</b>	Cumple
<b>SAN PEDRO</b>	Cumple
<b>SAN JOSE</b>	Cumple
<b>AZHAPUD</b>	Cumple

Fuente: Elaboración propia (2025)

### 3.2.3 Placa reguladora (tablas y tipos de placas)

Las placas reguladoras son accesorios internos en forma de un disco metálico perforado, los cuales se instalan en el interior de las válvulas, con el objetivo de controlar o limitar los caudales, y a su vez, reducir las presiones diferenciales entre la entrada y la salida de los tanques de reserva. Además, son de gran ayuda para mitigar los problemas de cavitación.

Para su cálculo se requiere hallar el diferencial de presiones, el cual consta de ciertos parámetros tales como: el caudal máximo diario (QMD), el diámetro de la tubería (D) y el diámetro del orificio de la placa (d); una vez determinados estos parámetros se los emplearán en la siguiente expresión:

$$\Delta h = \frac{Q^2 \cdot \left[\left(\frac{D}{d}\right)^4 - 1\right]}{4.5 \cdot (D)^4}$$

Una vez mostrada la expresión se determino los cálculos necesarios para obtener este parámetro obteniendo los resultados de la Tabla 3.6.

**Tabla 3.6** Diferencial de presiones en placa

<b>RESERVA</b>	<b>AÑO</b>	<b>Caudal (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>Diámetro Tubería (m)</b>	<b>Diámetro Orificio (m)</b>	<b>Diferencial de Presión (m)</b>
<b>SAN VICENTE ALTO</b>	2025	0,002	0,05	0,02	5,413
	2050	0,004	0,05	0,02	21,65
<b>SAN VICENTE BAJO</b>	2025	0,003	0,05	0,02	12,18
	2050	0,004	0,05	0,02	21,65
<b>LA DOLOROSA ALTO</b>	2025	0,001	0,05	0,02	1,353
	2050	0,001	0,05	0,02	1,35
<b>LA DOLOROSA BAJO</b>	2025	0,004	0,08	0,025	9,015
	2050	0,005	0,08	0,025	14,09
	2025	0,002	0,05	0,02	5,413

<b>OCTAVIO CORDERO</b>	2050	0,003	0,05	0,02	12,18
<b>EL GUABO</b>	2025	0,003	0,05	0,02	12,18
	2050	0,004	0,05	0,02	21,65
<b>SAN PEDRO</b>	2025	0,006	0,05	0,025	19,2
	2050	0,007	0,05	0,025	26,13
<b>SAN JOSE</b>	2025	0,003	0,05	0,02	12,18
	2050	0,003	0,05	0,02	12,18
<b>AZHAPUD</b>	2025	0,003	0,05	0,02	12,18
	2050	0,004	0,05	0,02	21,65

*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

A continuación, se presentan los parámetros necesarios para la determinación de los modelos de placas reguladoras, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 3.7** *Parámetros generales placa reguladora*

<b>Reserva</b>	<b>Año</b>	<b>Área Tubería (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Relación d/D en %</b>	<b>Relación D/d</b>	<b>% pérdida final</b>	<b>Diferencial real</b>	<b>Carga antes de la válvula flotadora</b>
<b>SAN VICENTE ALTO</b>	2025	0,002	0,40	2,50	0,67	3,63	22,37
	2050	0,002	0,40	2,50	0,56	12,12	1,88
<b>SAN VICENTE BAJO</b>	2025	0,002	0,40	2,50	0,79	9,62	20,38
	2050	0,002	0,60	1,67	0,56	12,12	17,88
<b>LA DOLOROSA ALTO</b>	2025	0,002	0,40	2,50	0,64	0,87	6,13
	2050	0,002	0,40	2,50	0,64	0,86	4,14
<b>LA DOLOROSA BAJO</b>	2025	0,005	0,31	3,20	0,64	5,77	24,23
	2050	0,005	0,60	1,67	0,56	7,89	22,11
<b>OCTAVIO CORDERO</b>	2025	0,002	0,40	2,50	0,73	3,95	26,05
	2050	0,002	0,70	1,43	0,56	6,82	23,18
<b>EL GUABO</b>	2025	0,002	0,40	2,50	0,82	9,99	20,01
	2050	0,002	0,40	2,50	0,82	17,75	12,25
<b>SAN PEDRO</b>	2025	0,002	0,50	2,00	0,82	15,74	14,26

	2050	0,002	0,50	2,00	0,50	13,07	16,94
<b>SAN JOSE</b>	2025	0,002	0,40	2,50	0,73	8,89	21,11
	2050	0,002	0,40	2,50	0,73	8,89	21,11
<b>AZHAPUD</b>	2025	0,002	0,40	2,50	0,73	8,89	21,11
	2050	0,002	0,40	2,50	0,73	15,80	14,20

*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

Finalmente, una vez obtenido todos los parámetros necesarios se procedió a establecer qué tipo de placa reguladora se utilizará, tal como se muestra en la Tabla 3.8.

**Tabla 3.8** Selección de placa reguladora

<b>Reserva</b>	<b>Año</b>	<b>Espesor de la placa (mm)</b>	<b>Tipo</b>
<b>SAN VICENTE ALTO</b>	2025	12,5	Placa de pared delgada, biselada y bridada
	2050	12,5	Placa de pared delgada, biselada y bridada
<b>SAN VICENTE BAJO</b>	2025	12,5	Placa de pared delgada, biselada y bridada
	2050	12,5	Placa de pared delgada, biselada y bridada
<b>LA DOLOROSA ALTO</b>	2025	12,5	Placa de pared delgada, biselada y bridada
	2050	12,5	Placa de pared delgada, biselada y bridada
<b>LA DOLOROSA BAJO</b>	2025	12,5	Placa de pared delgada, biselada y bridada
	2050	12,5	Placa de pared delgada, biselada y bridada
<b>OCTAVIO CORDERO</b>	2025	12,5	Placa de pared delgada, biselada y bridada
	2050	12,5	Placa de pared delgada, biselada y bridada
<b>EL GUABO</b>	2025	12,5	Placa de pared delgada, biselada y bridada
	2050	12,5	Placa de pared delgada, biselada y bridada
<b>SAN PEDRO</b>	2025	12,5	Placa de pared delgada, biselada y bridada
	2050	12,5	Placa de pared delgada, biselada y bridada

<b>SAN JOSE</b>	2025	12,5	Placa de pared delgada, biselada y bridada
	2050	12,5	Placa de pared delgada, biselada y bridada
<b>AZHAPUD</b>	2025	12,5	Placa de pared delgada, biselada y bridada
	2050	12,5	Placa de pared delgada, biselada y bridada

*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

El uso de estas placas reguladoras permite reducir el diferencial de presiones ( $\Delta P$ ), limitar su caudal máximo, proteger el interior de las válvulas y facilitar su operación en condiciones extremas.

### 3.2.4 Flotador (tabla: dimensión modelo y clase)

Las válvulas flotadoras son un tipo de válvulas automáticas que permiten controlar el nivel del agua en los tanques de reserva mediante el uso de un mecanismo flotador conectado por una varilla o un tubo piloto, y no requieren de alimentación eléctrica. El flotador al subir cierra la válvula si se alcanza su nivel máximo, mientras que, al bajar abre su válvula para permitir el ingreso de más agua.

El flotador puede ser instalado de manera directa o remota, tiene la capacidad de funcionar ya sea horizontal o verticalmente, y presenta un cierre hermético y suave evitando que se produzcan golpes de ariete.

Para este modelo se han seleccionado los siguientes tipos de válvulas flotadoras en base a sus diámetros (in), modelos y clases para cada uno de los tanques de reserva obteniendo los siguientes resultados.

**Tabla 3.9** *Válvulas flotadoras*

<b>Reserva</b>	<b>VÁLVULAS DE CONTROL DE FLOTADOR</b>		
	Dimensión (in)	Modelo	Clase
<b>SAN VICENTE ALTO</b>	2	Bermad 750-66 EN	PN10

<b>SAN VICENTE BAJO</b>	2	Bermad 750-66 EN	PN20
<b>LA DOLOROSA ALTO</b>	2	Bermad 750-66 EN	PN10
<b>LA DOLOROSA BAJO</b>	3	Bermad 750-66 EN	PN20
<b>OCTAVIO CORDERO</b>	2	Bermad 750-66 EN	PN20
<b>EL GUABO</b>	3	Bermad 750-66 EN	PN40
<b>SAN PEDRO</b>	4	Bermad 750-66 EN	PN40
<b>SAN JOSE</b>	2	Bermad 750-66 EN	PN40
<b>AZHAPUD</b>	3	Bermad 750-66 EN	PN40

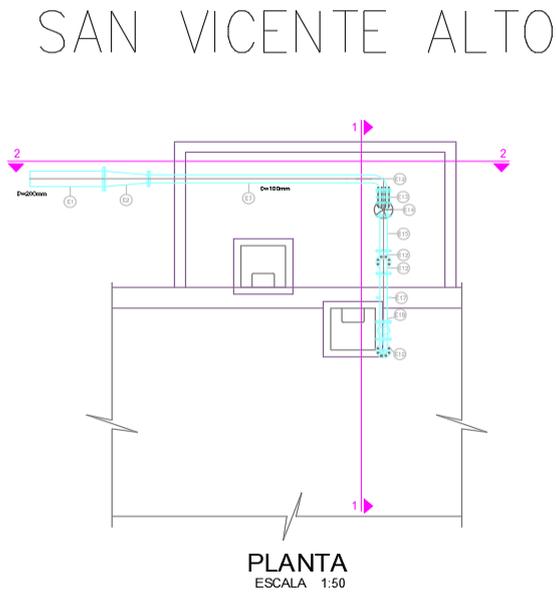
*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

### **3.3 Modelado de ingreso a las cámaras**

Para mitigar el problema de sobrepresiones a lo largo del sistema, es necesario implementar un modelado de cámaras para cada uno de los tanques de reserva, con el objetivo de identificar su localización óptima, y verificar su efectividad para disipar la energía, evitando problemas de cavitación y protegiendo a la red de distribución. La representación esquemática de cada una de las cámaras permite mejorar la seguridad, eficiencia y durabilidad del sistema. Los modelos contienen las siguientes características y se presentan a continuación.

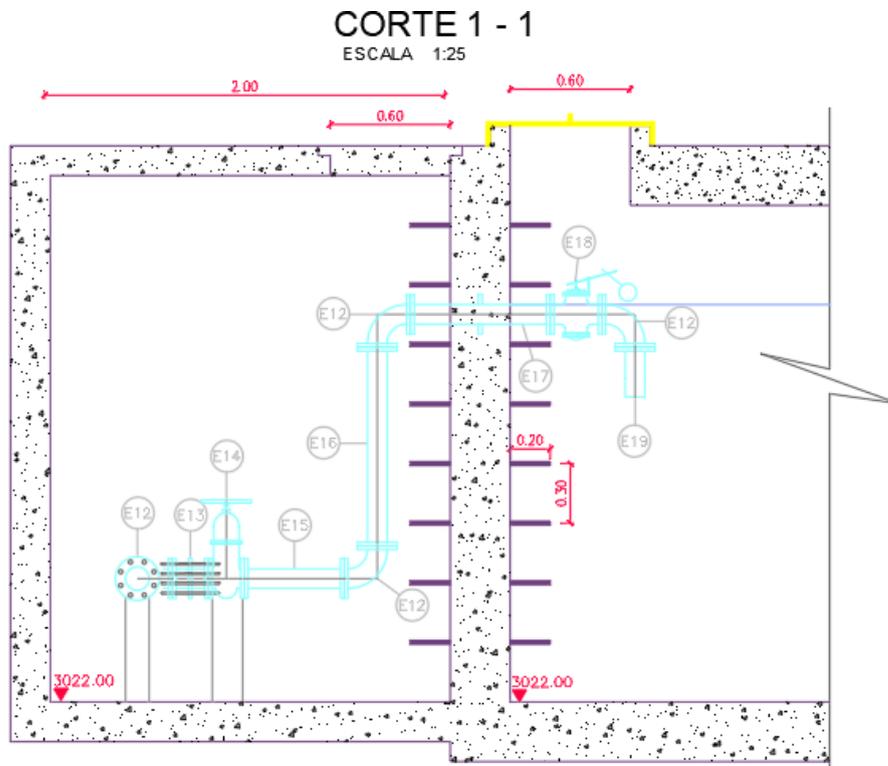
### 3.3.1 Esquema de ingreso a los tanques.

Figura 3.2 Esquema San Vicente Alto vista planta



Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

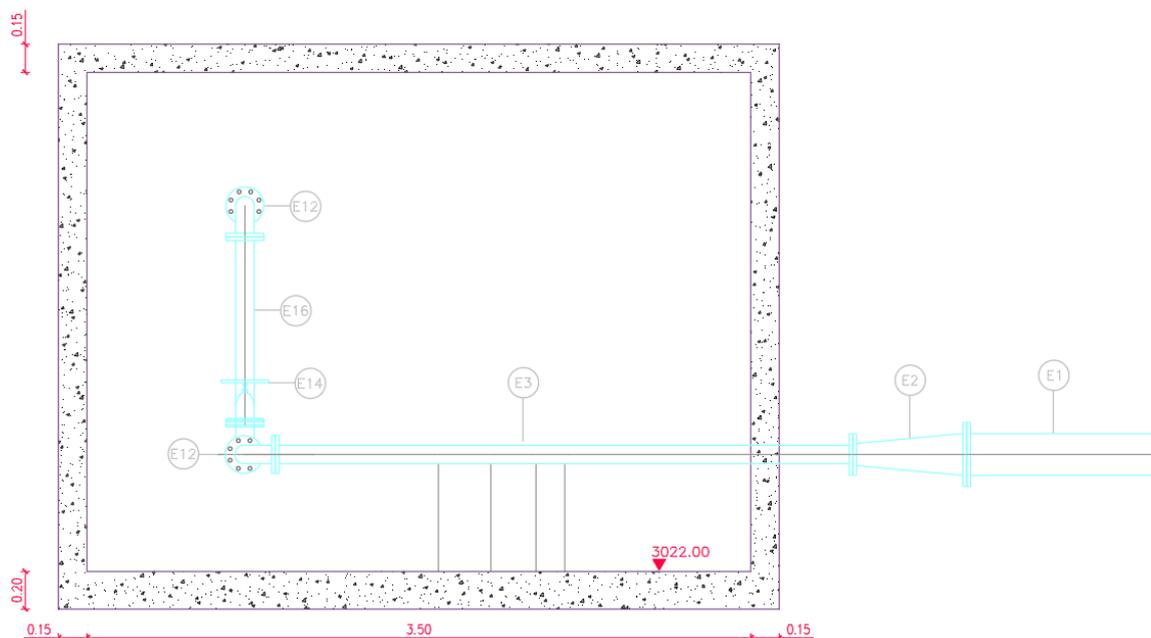
Figura 3.3 Esquema San Vicente Alto corte 1-1



Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.4** Esquema San Vicente Alto corte 2-2**CORTE 2 - 2**

ESCALA 1:25



Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Tabla 3.10** Lista de accesorios San Vicente Alto

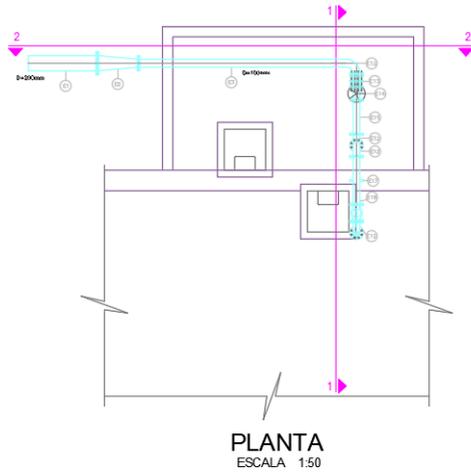
<b>SAN VICENTE ALTO</b>					
<b>LISTA DE ACCESORIOS DE LA CAMARA DE VÁLVULAS DE ENTRADA</b>					
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>		<b>DIAMETRO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>LONGITUD</b>
	<b>SISTEMA DE ENTRADA</b>		<b>(mm)</b>	<b>(u)</b>	<b>(m)</b>
<b>E1</b>	Tramo recto HF. BL.	PN 10	200	1	1
<b>E2</b>	REDUCTOR HF. BB.	PN 10	200x100	1	0,6
<b>E3</b>	Tramo recto HF. BB.	PN 10	100	1	1,5
<b>E12</b>	Codo 90° HF.BB.	PN 10	100	4	-
<b>E13</b>	Unión de desmontaje HF.BB.	PN 10	100	1	-
<b>E14</b>	Válvula compuerta HF. BB: Clase 125 con volante	PN 10	100	1	-
<b>E15</b>	Tramo recto HF. BB.	-	100	1	0,5
<b>E16</b>	Tramo recto HF. BB.	PN 10	100	1	1
<b>E17</b>	Pasamuro de HF. BB.	PN 10	100	1	0,7
<b>E18</b>	Válvula de Control de flotador	PN 10	100	1	-

<b>E19</b>	Tramo recto HF. BL.	PN 10	100	1	0,5
------------	---------------------	----------	-----	---	-----

Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

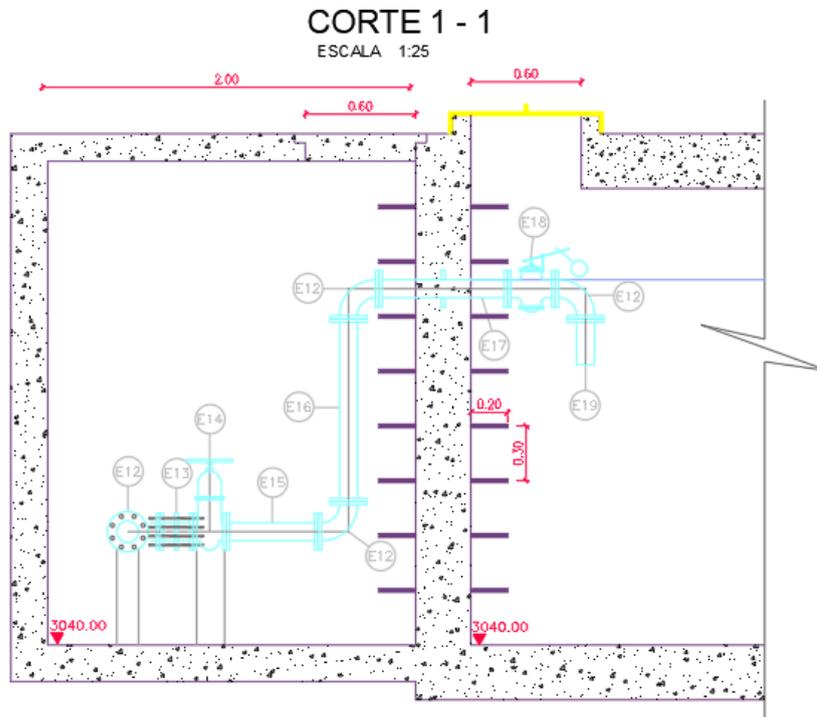
**Figura 3.5** Esquema La Dolorosa Alto vista planta

## LA DOLOROSA ALTO

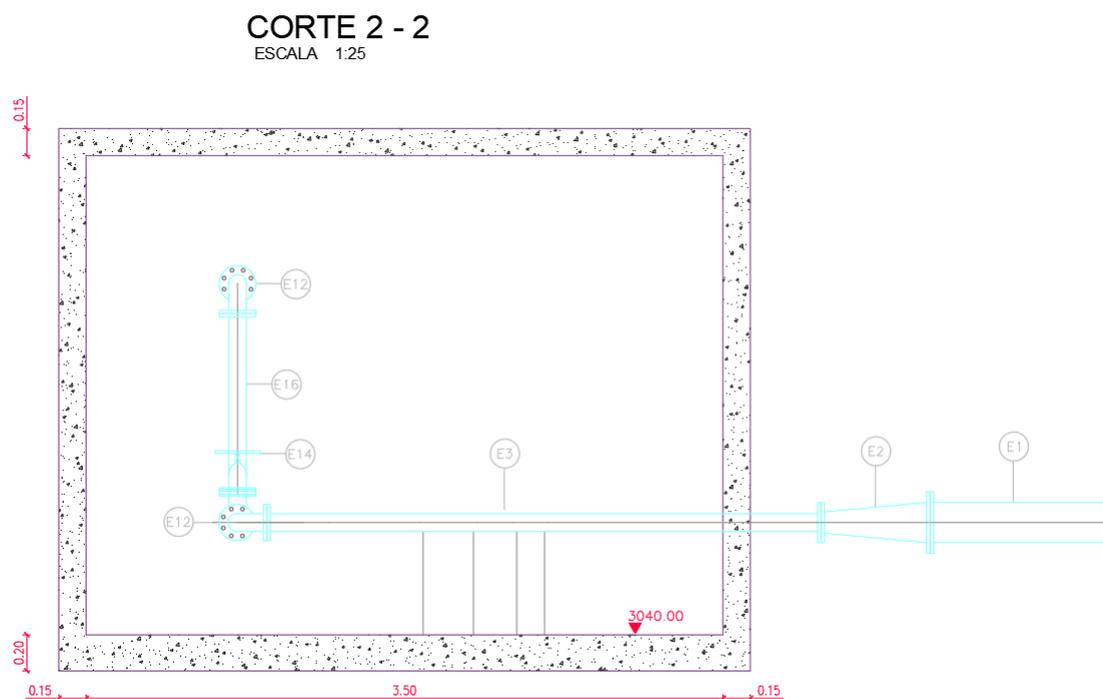


Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.6** Esquema La Dolorosa Alto corte 1-1



Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.7** Esquema La Dolorosa Alto corte 2-2

Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Tabla 3.11** Lista de accesorios La Dolorosa Alto

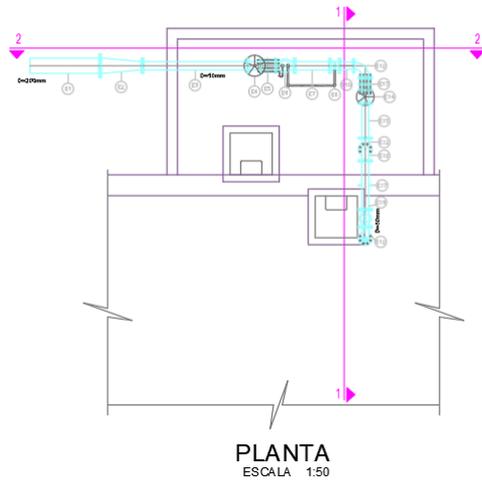
<b>LA DOLOROSA ALTO</b>					
<b>LISTA DE ACCESORIOS DE LA CAMARA DE VÁLVULAS DE ENTRADA</b>					
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>		<b>DIAMETRO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>LONGITUD</b>
	<b>SISTEMA DE ENTRADA</b>		<b>(mm)</b>	<b>(u)</b>	<b>(m)</b>
<b>E1</b>	Tramo recto HF. BL.	PN 10	200	1	1
<b>E2</b>	REDUCTOR HF. BB.	PN 10	200x100	1	0,6
<b>E3</b>	Tramo recto HF. BB.	PN 10	100	1	1,5
<b>E12</b>	Codo 90° HF.BB.	PN 10	100	4	-
<b>E13</b>	Unión de desmontaje HF.BB.	PN 10	100	1	-
<b>E14</b>	Válvula compuerta HF. BB: Clase 125 con volante	PN 10	100	1	-
<b>E15</b>	Tramo recto HF. BB.	-	100	1	0,5
<b>E16</b>	Tramo recto HF. BB.	PN 10	100	1	1
<b>E17</b>	Pasamuro de HF. BB.	PN 10	100	1	0,7
<b>E18</b>	Válvula de Control de flotador	PN 10	100	1	-

<b>E19</b>	Tramo recto HF. BL.	PN 10	100	1	0,5
------------	---------------------	----------	-----	---	-----

Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

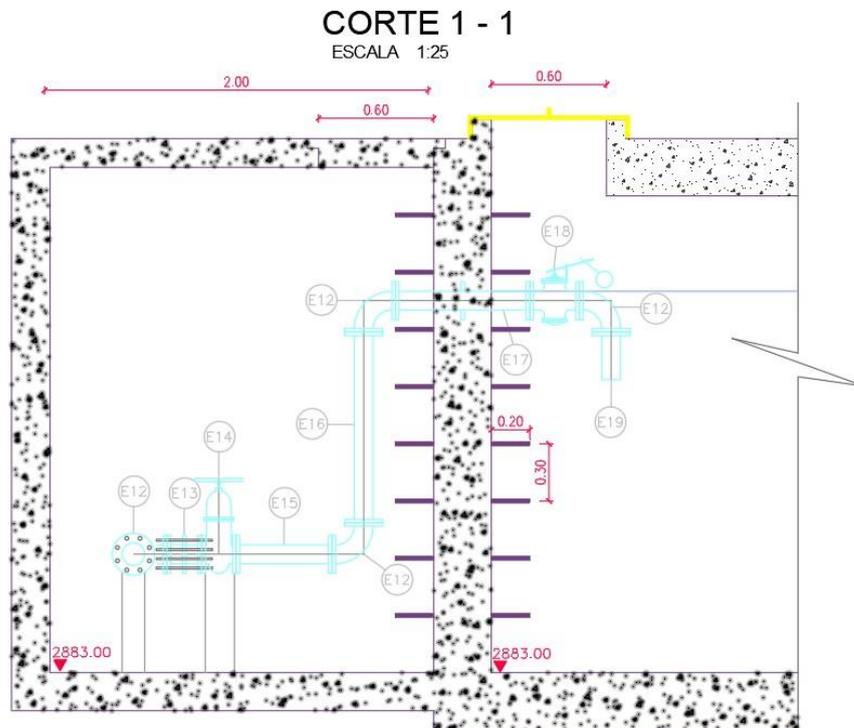
**Figura 3.8** Esquema San Vicente Bajo vista planta

## SAN VICENTE BAJO

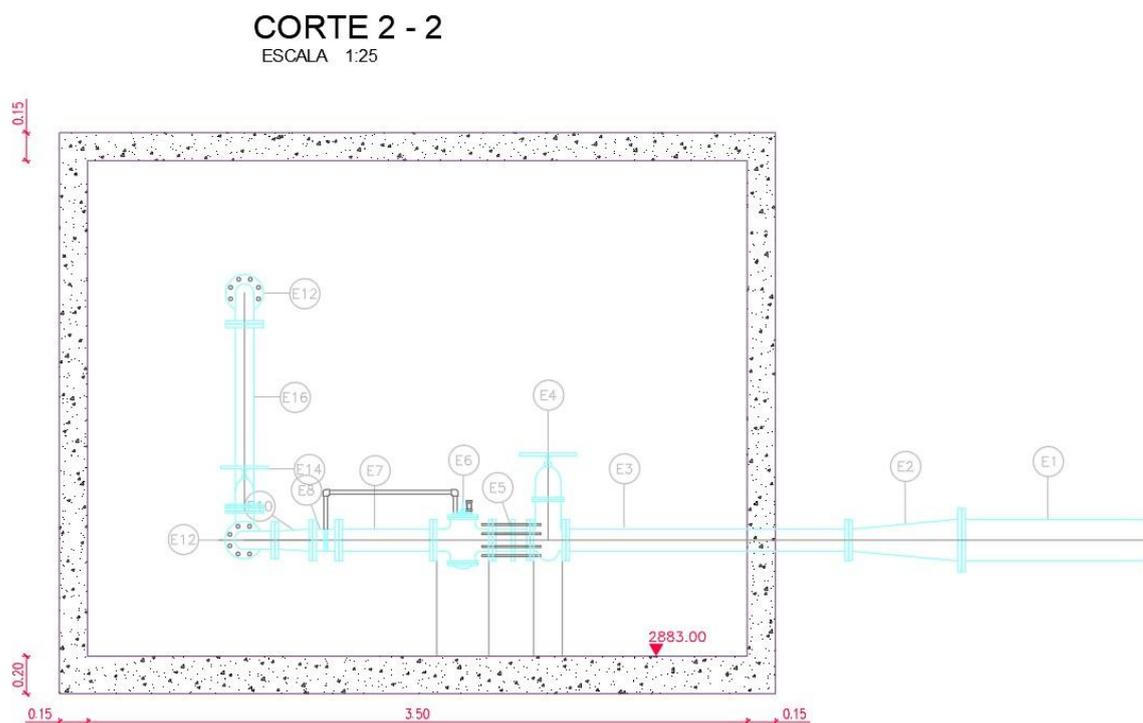


Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.9** Esquema San Vicente Bajo corte 1-1



Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.10** Esquema San Vicente Bajo corte 2-2

Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Tabla 3.12** Lista de accesorios San Vicente Bajo

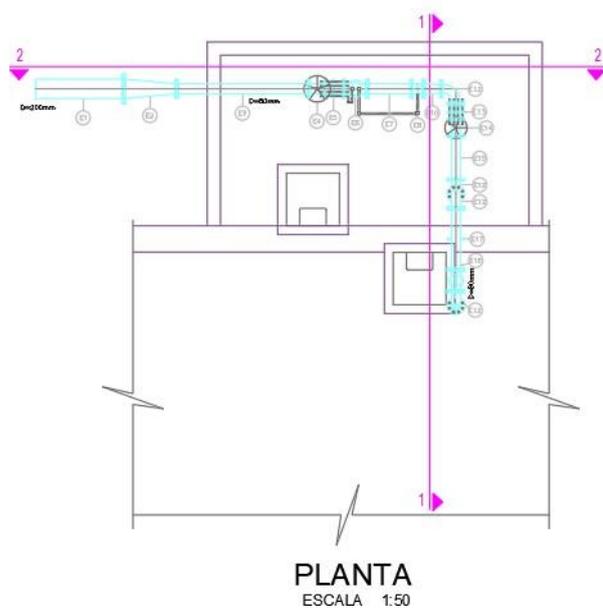
<b>SAN VICENTE BAJO</b>					
<b>LISTA DE ACCESORIOS DE LA CAMARA DE VÁLVULAS DE ENTRADA</b>					
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>		<b>DIAMETRO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>LONGITUD</b>
	<b>SISTEMA DE ENTRADA</b>		<b>(mm)</b>	<b>(u)</b>	<b>(m)</b>
<b>E1</b>	Tramo recto HF. BL.	PN 10	200	1	1
<b>E2</b>	REDUCTOR HF. BB.	PN 10	200x50	1	0,6
<b>E3</b>	Tramo recto HF. BB.	PN 10	50	1	1,5
<b>E4</b>	Válvula compuerta HF. BB: Clase 125 con volante	PN 10	50	1	-
<b>E5</b>	Unión de desmontaje HF. BB.	-	50	1	-
<b>E6</b>	Válvula de control de flujo HF.:BB clase 125	PN 10	50	1	-
<b>E7</b>	Tramo recto HF. BB.	-	50	1	0,5
<b>E8</b>	Placa reguladora de caudal	PN 10	50	1	-
<b>E12</b>	Codo 90° HF.BB.	PN 10	50	4	-
<b>E13</b>	Unión de desmontaje HF.BB.	PN 10	50	1	-

<b>E14</b>	Válvula compuerta HF. BB: Clase 125 con volante	PN 10	50	1	-
<b>E15</b>	Tramo recto HF. BB.	-	50	1	0,5
<b>E16</b>	Tramo recto HF. BB.	PN 10	50	1	1
<b>E17</b>	Pasamuro de HF. BB.	PN 10	50	1	0,7
<b>E18</b>	Válvula de Control de flotador	PN 10	50	1	-
<b>E19</b>	Tramo recto HF. BL.	PN 10	50	1	0,5

Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

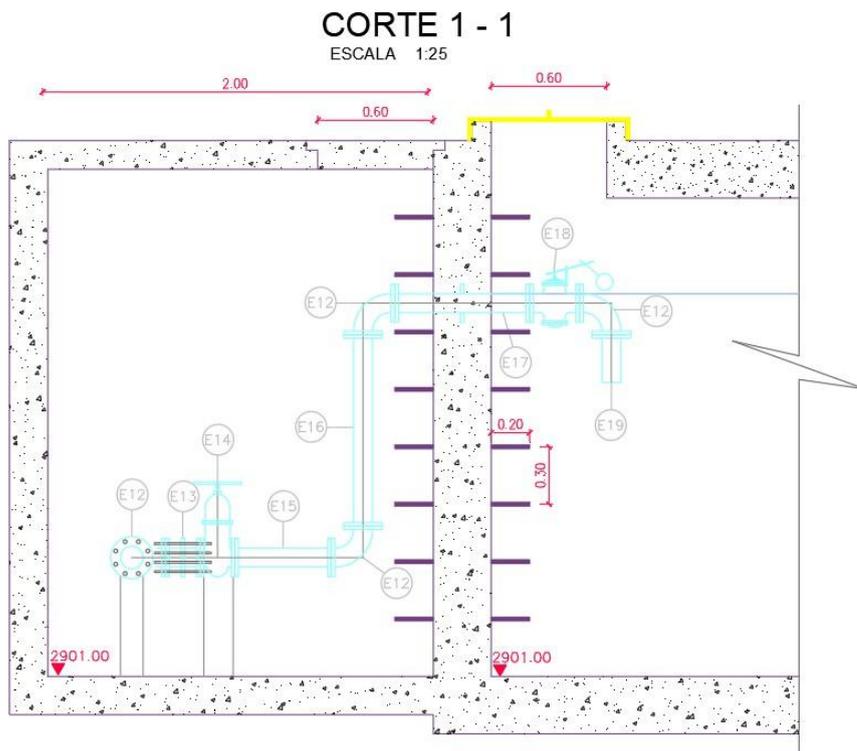
**Figura 3.11** Esquema La Dolorosa Bajo vista planta

# LA DOLOROSA BAJO



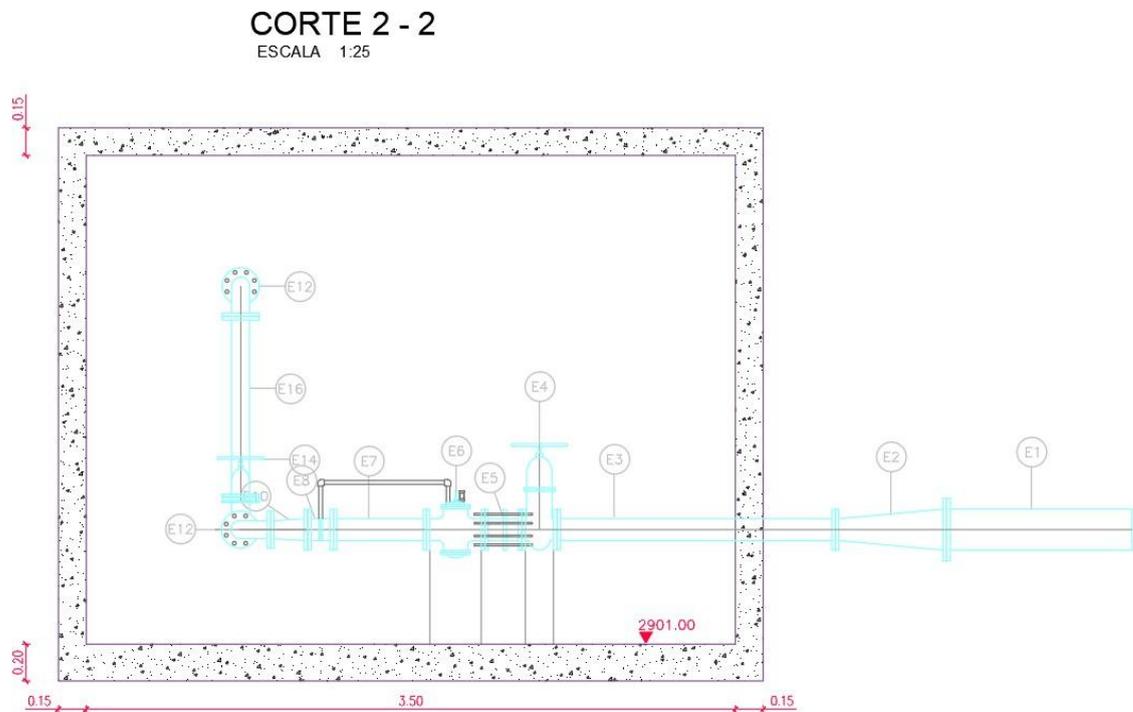
Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.12** Esquema La Dolorosa Bajo corte 1-1



Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.13** Esquema La Dolorosa Bajo corte 2-2



Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

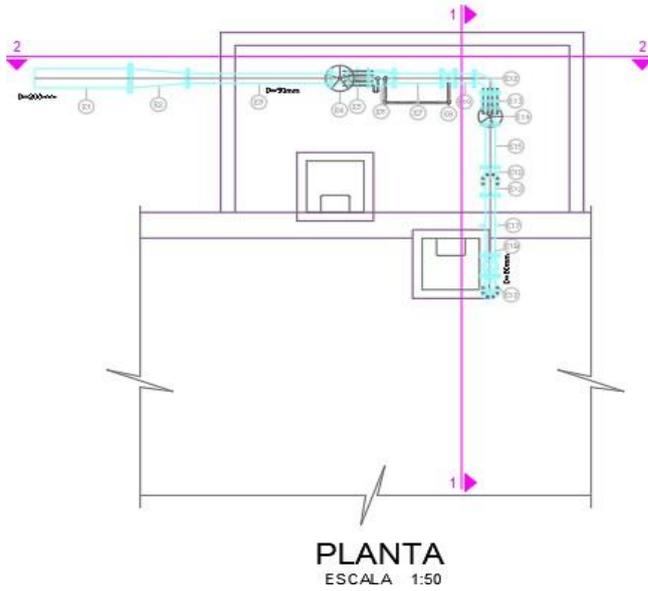
**Tabla 3.13** Lista de accesorios La Dolorosa Bajo

<b>LA DOLOROSA BAJO</b>					
<b>LISTA DE ACCESORIOS DE LA CAMARA DE VÁLVULAS DE ENTRADA</b>					
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>		<b>DIAMETRO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>LONGITUD</b>
	<b>SISTEMA DE ENTRADA</b>		<b>(mm)</b>	<b>(u)</b>	<b>(m)</b>
<b>E1</b>	Tramo recto HF. BL.	PN 10	200	1	1
<b>E2</b>	REDUCTOR HF. BB.	PN 10	200x80	1	0,6
<b>E3</b>	Tramo recto HF. BB.	PN 10	80	1	1,5
<b>E4</b>	Válvula compuerta HF. BB: Clase 125 con volante	PN 10	80	1	-
<b>E5</b>	Unión de desmontaje HF. BB.	-	80	1	-
<b>E6</b>	Válvula de control de flujo HF.:BB clase 125	PN 10	80	1	-
<b>E7</b>	Tramo recto HF. BB.	-	80	1	0,5
<b>E8</b>	Placa reguladora de caudal	PN 10	80	1	-
<b>E12</b>	Codo 90° HF.BB.	PN 10	80	4	-
<b>E13</b>	Unión de desmontaje HF.BB.	PN 10	80	1	-
<b>E14</b>	Válvula compuerta HF. BB: Clase 125 con volante	PN 10	80	1	-
<b>E15</b>	Tramo recto HF. BB.	-	80	1	0,5
<b>E16</b>	Tramo recto HF. BB.	PN 10	80	1	1
<b>E17</b>	Pasamuro de HF. BB.	PN 10	80	1	0,7
<b>E18</b>	Válvula de Control de flotador	PN 10	80	1	-
<b>E19</b>	Tramo recto HF. BL.	PN 10	80	1	0,5

*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.14** Esquema Octavio Cordero vista planta

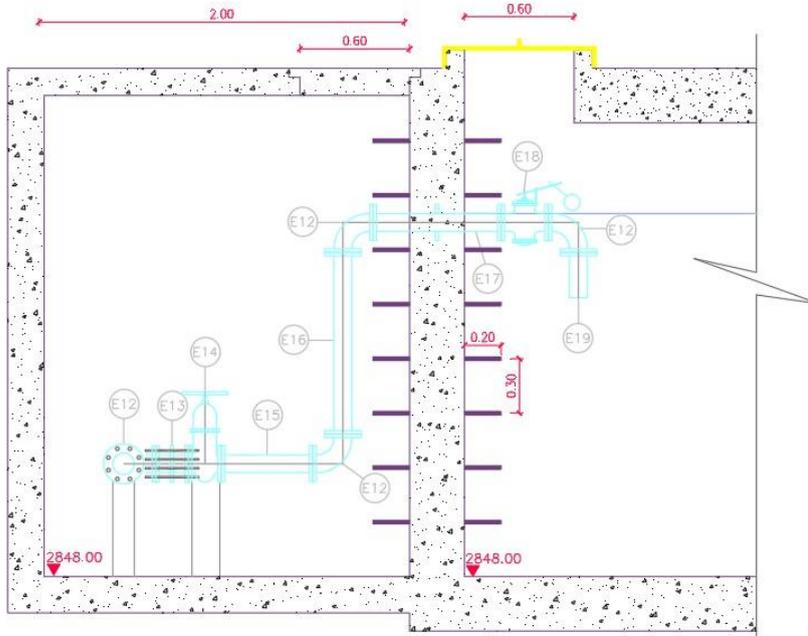
# OCTAVIO CORDERO



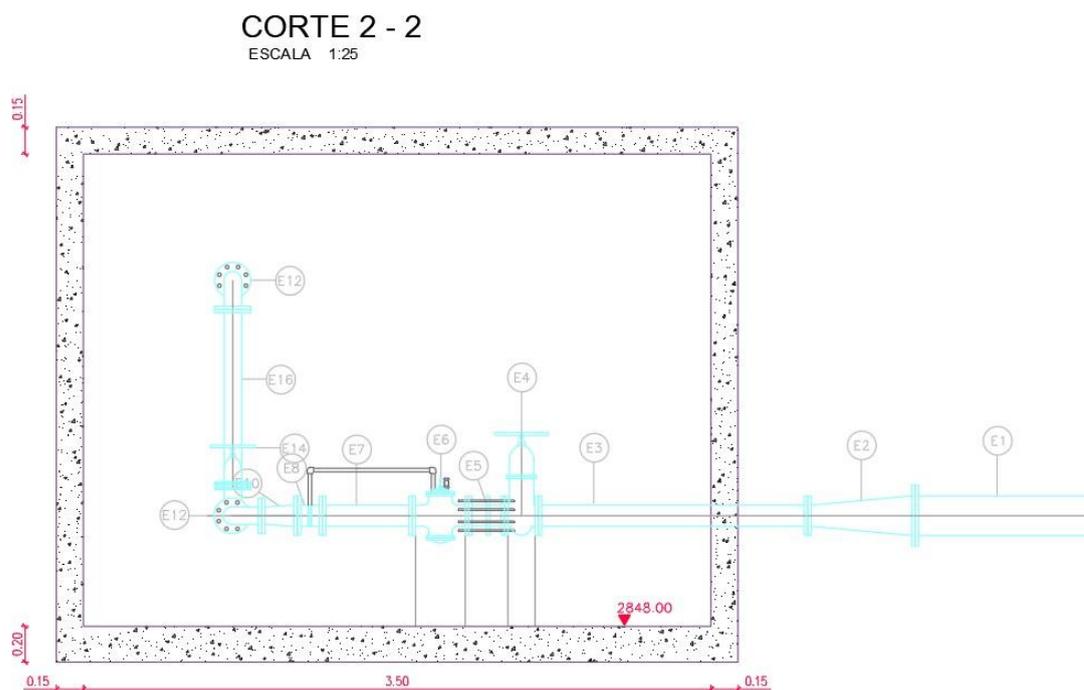
Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.15** Esquema Octavio Cordero corte 1-1

## CORTE 1 - 1



Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.16** Esquema Octavio Cordero corte 2-2

Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Tabla 3.14** Lista de accesorios Octavio Cordero

<b>OCTAVIO CORDERO</b>					
<b>LISTA DE ACCESORIOS DE LA CAMARA DE VÁLVULAS DE ENTRADA</b>					
CODIGO	DESCRIPCION	DIAMETRO	CANTIDAD	LONGITUD	
	SISTEMA DE ENTRADA	(mm)	(u)	(m)	
<b>E1</b>	Tramo recto HF. BL.	PN 200	1	1	
<b>E2</b>	REDUCTOR HF. BB.	PN 200x50	1	0,6	
<b>E3</b>	Tramo recto HF. BB.	PN 50	1	1,5	
<b>E4</b>	Válvula compuerta HF. BB: Clase 125 con volante	PN 50	1	-	
<b>E5</b>	Unión de desmontaje HF. BB.	- 50	1	-	
<b>E6</b>	Válvula de control de flujo HF.:BB clase 125	PN 50	1	-	
<b>E7</b>	Tramo recto HF. BB.	- 50	1	0,5	
<b>E8</b>	Placa reguladora de caudal	PN 50	1	-	
<b>E12</b>	Codo 90° HF.BB.	PN 50	4	-	
<b>E13</b>	Unión de desmontaje HF.BB.	PN 50	1	-	

<b>E14</b>	Válvula compuerta HF. BB: Clase 125 con volante	PN 10	50	1	-
<b>E15</b>	Tramo recto HF. BB.	-	50	1	0,5
<b>E16</b>	Tramo recto HF. BB.	PN 10	50	1	1
<b>E17</b>	Pasamuro de HF. BB.	PN 10	50	1	0,7
<b>E18</b>	Válvula de Control de flotador	PN 10	50	1	-
<b>E19</b>	Tramo recto HF. BL.	PN 10	50	1	0,5

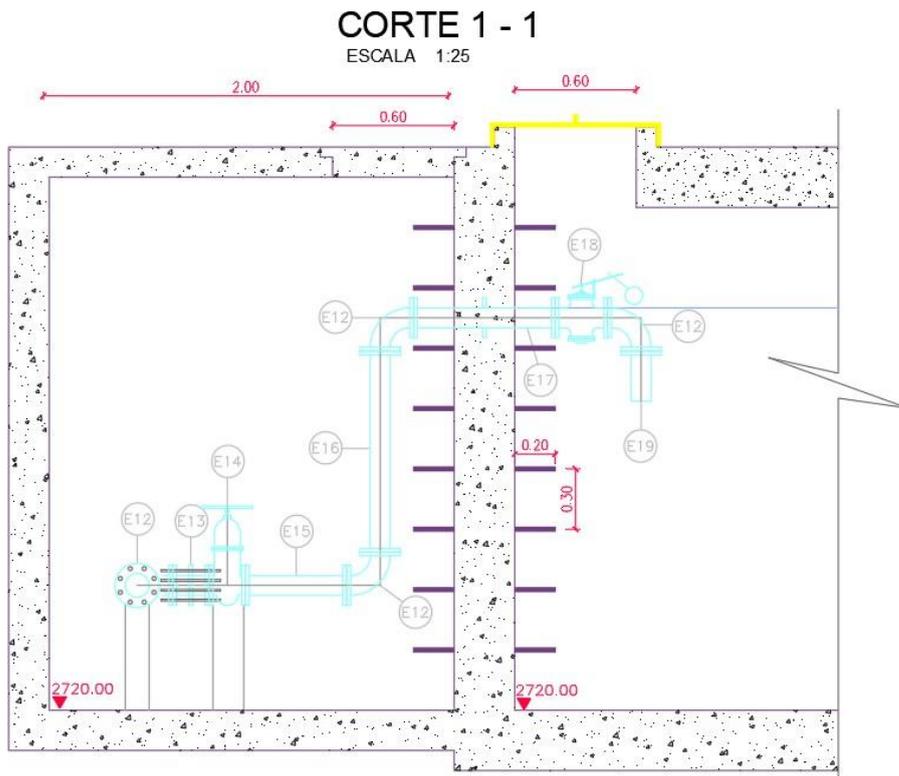
Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.17** Esquema El Guabo vista planta



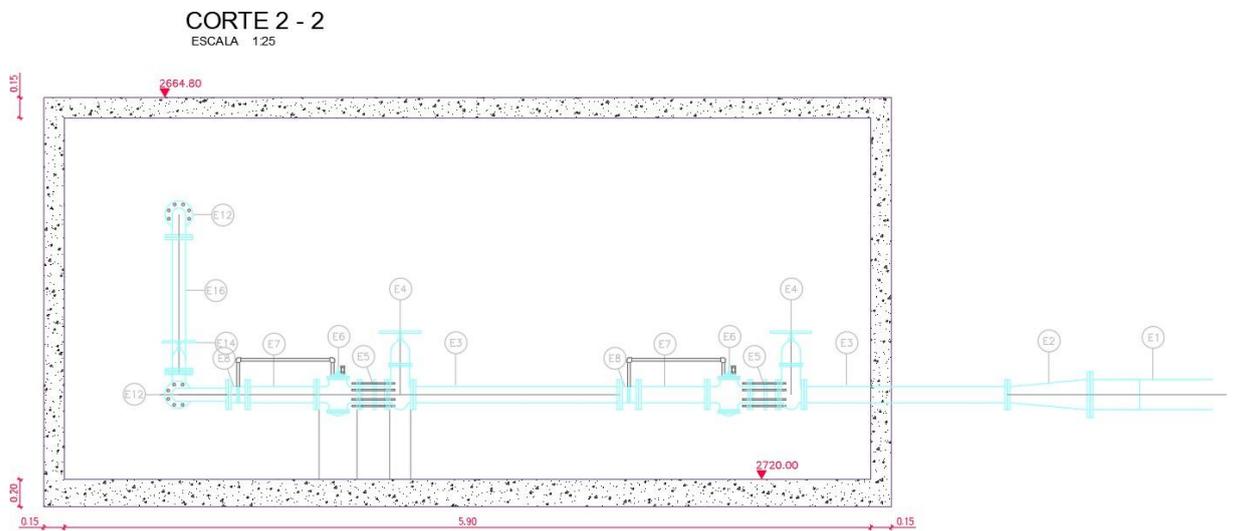
Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.18** Esquema El Guabo corte 1-1



*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.19** Esquema El Guabo corte 2-2



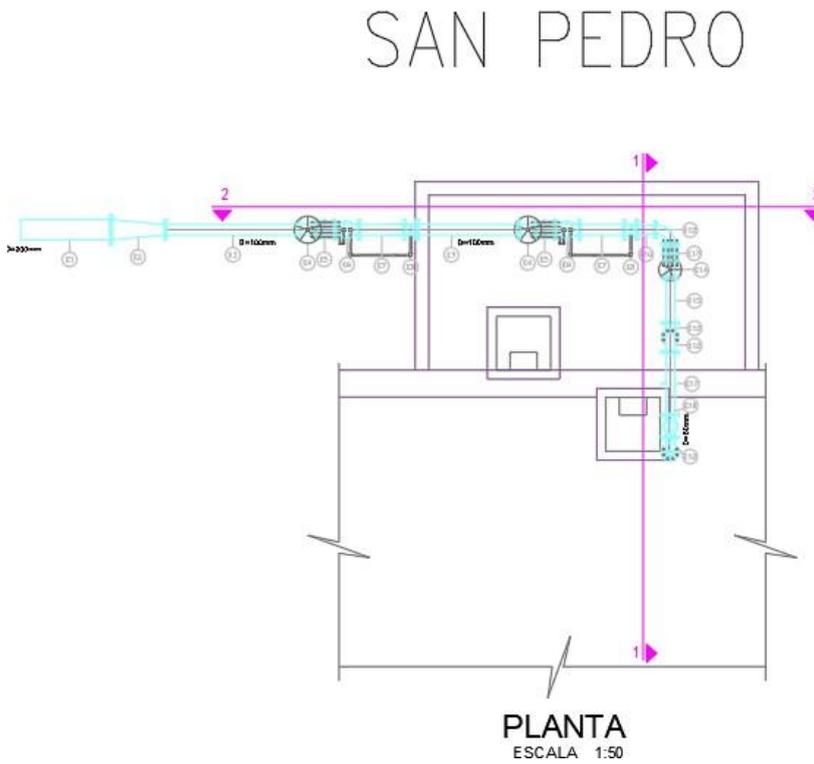
*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Tabla 3.15** Lista de accesorios El Guabo

<b>EL GUABO</b>					
<b>LISTA DE ACCESORIOS DE LA CAMARA DE VÁLVULAS DE ENTRADA</b>					
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>		<b>DIAMETRO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>LONGITUD</b>
	<b>SISTEMA DE ENTRADA</b>		<b>(mm)</b>	<b>(u)</b>	<b>(m)</b>
E1	Tramo recto HF. BL.	PN 10	200	1	1
E2	REDUCTOR HF. BB.	PN 10	200x80	1	0,6
E3	Tramo recto HF. BB.	PN 10	80	2	1,5
E4	Válvula compuerta HF. BB: Clase 125 con volante	PN 10	80	2	-
E5	Unión de desmontaje HF. BB.	-	80	2	-
E6	Válvula de control de flujo HF.:BB clase 125	PN 10	80	2	-
E7	Tramo recto HF. BB.	-	80	2	0,5
E8	Placa reguladora de caudal	PN 10	80	2	-
E12	Codo 90° HF.BB.	PN 10	80	4	-
E13	Unión de desmontaje HF.BB.	PN 10	80	1	-
E14	Válvula compuerta HF. BB: Clase 125 con volante	PN 10	80	1	-
E15	Tramo recto HF. BB.	-	80	1	0,5
E16	Tramo recto HF. BB.	PN 10	80	1	1
E17	Pasamuro de HF. BB.	PN 10	80	1	0,7
E18	Válvula de Control de flotador	PN 10	80	1	-
E19	Tramo recto HF. BL.	PN 10	80	1	0,5

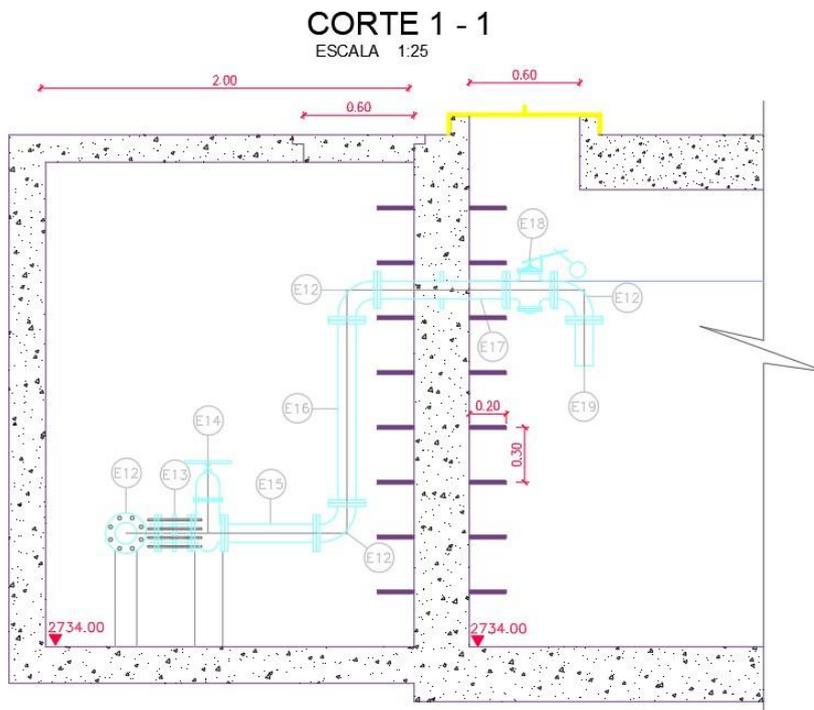
Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.20** Esquema San Pedro vista planta

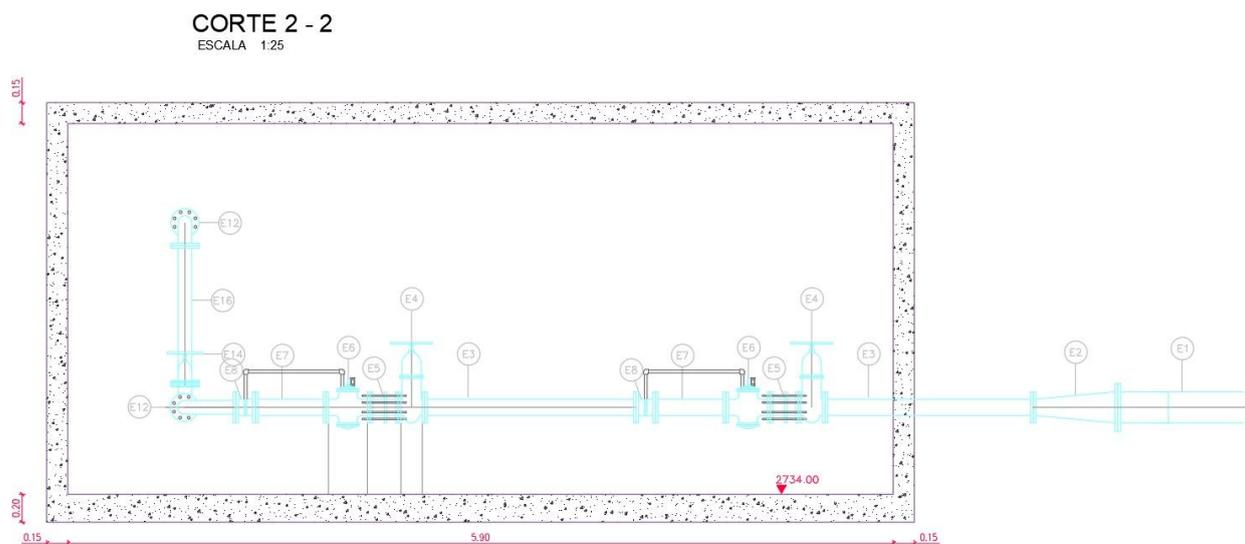


Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.21** Esquema San Pedro corte 1-1



Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.22** Esquema San Pedro corte 2-2

Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

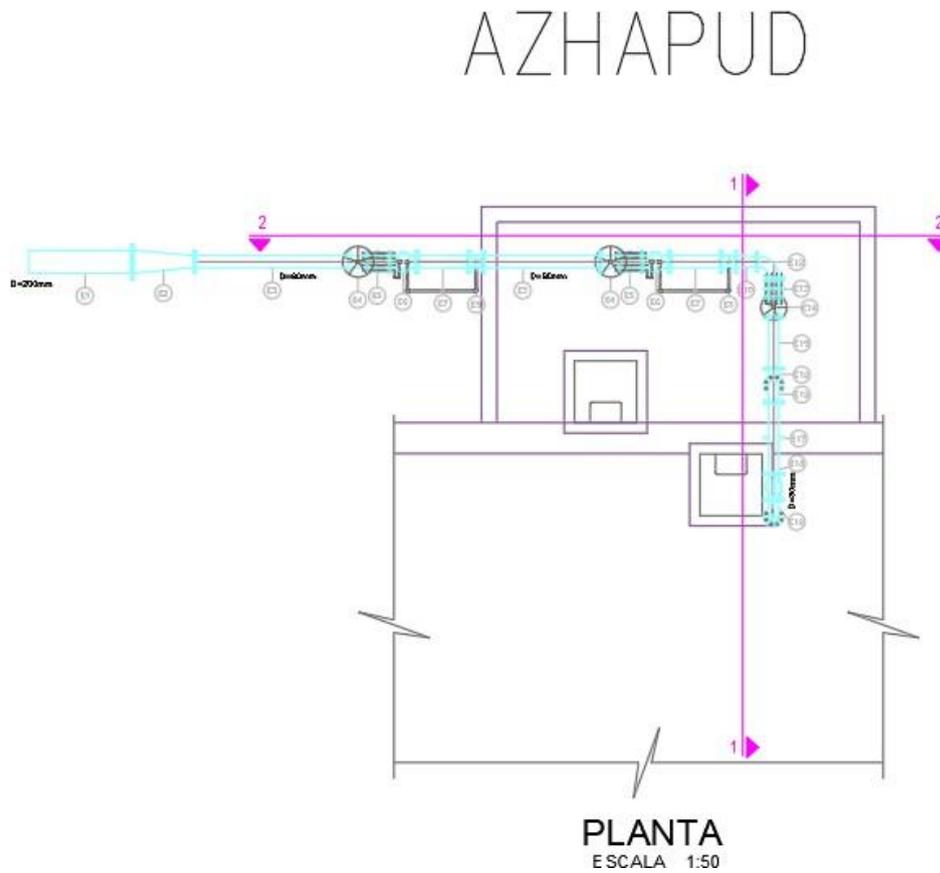
**Tabla 3.16** Lista de accesorios San Pedro

<b>SAN PEDRO</b>					
<b>LISTA DE ACCESORIOS DE LA CAMARA DE VÁLVULAS DE ENTRADA</b>					
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>		<b>DIAMETRO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>LONGITUD</b>
	<b>SISTEMA DE ENTRADA</b>		<b>(mm)</b>	<b>(u)</b>	<b>(m)</b>
<b>E1</b>	Tramo recto HF. BL.	PN 10	200	1	1
<b>E2</b>	REDUCTOR HF. BB.	PN 10	200x100	1	0,6
<b>E3</b>	Tramo recto HF. BB.	PN 10	100	2	1,5
<b>E4</b>	Válvula compuerta HF. BB: Clase 125 con volante	PN 10	100	2	-
<b>E5</b>	Unión de desmontaje HF. BB.	-	100	2	-
<b>E6</b>	Válvula de control de flujo HF.:BB clase 125	PN 10	100	2	-
<b>E7</b>	Tramo recto HF. BB.	-	100	2	0,5
<b>E8</b>	Placa reguladora de caudal	PN 10	100	2	-
<b>E12</b>	Codo 90° HF.BB.	PN 10	100	4	-
<b>E13</b>	Unión de desmontaje HF.BB.	PN 10	100	1	-
<b>E14</b>	Válvula compuerta HF. BB: Clase 125 con volante	PN 10	100	1	-
<b>E15</b>	Tramo recto HF. BB.	-	100	1	0,5
<b>E16</b>	Tramo recto HF. BB.	PN 10	100	1	1

<b>E17</b>	Pasamuro de HF. BB.	PN 10	100	1	0,7
<b>E18</b>	Válvula de Control de flotador	PN 10	100	1	-
<b>E19</b>	Tramo recto HF. BL.	PN 10	100	1	0,5

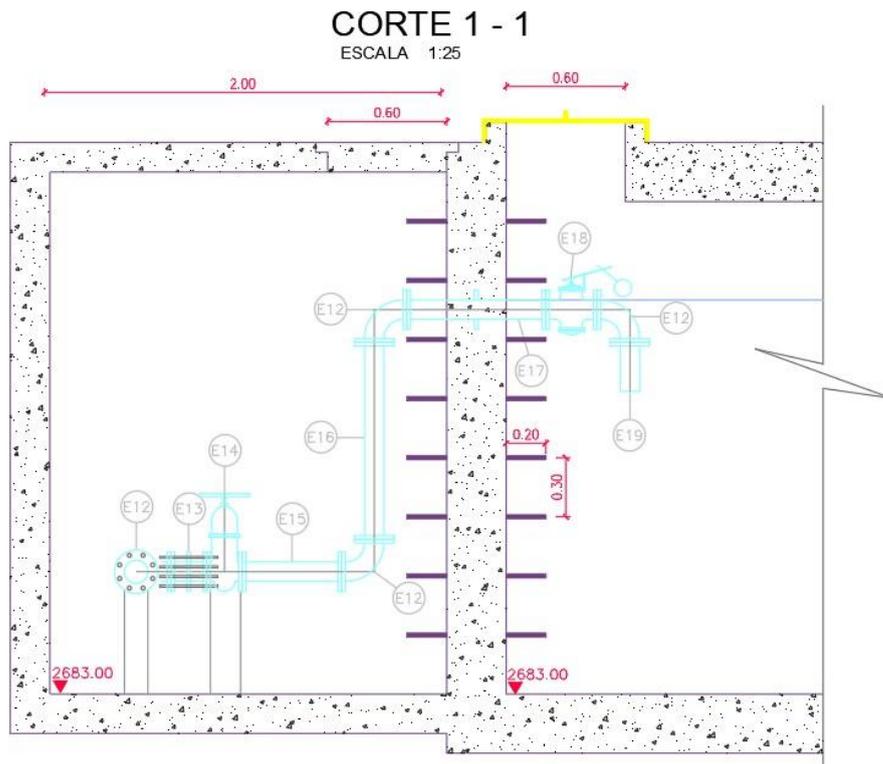
Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.23** Esquema Azhapud vista planta



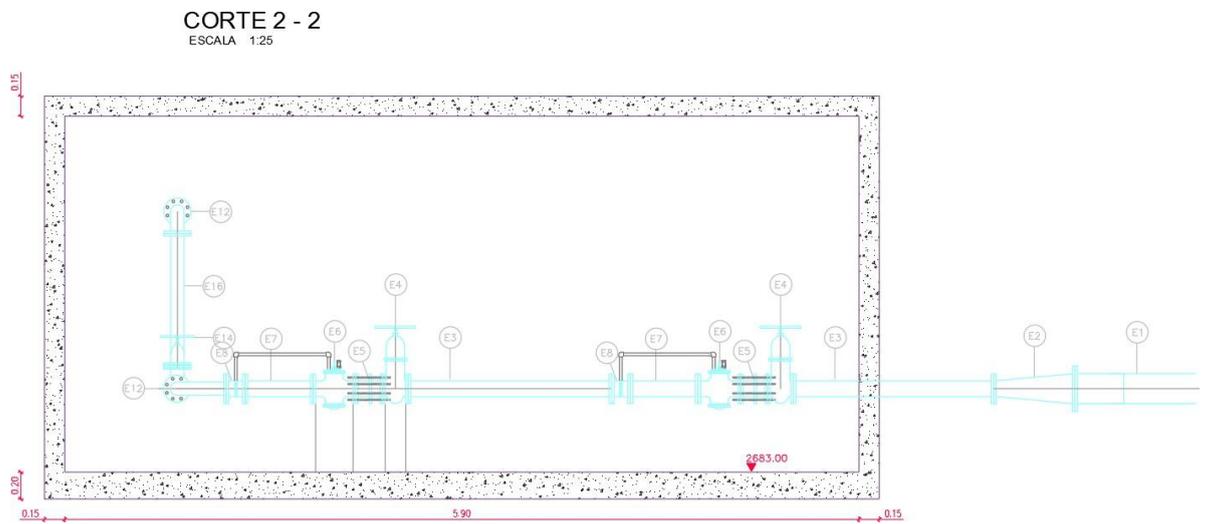
Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.24** Esquema Azhapud corte 1-1



Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.25** Esquema Azhapud corte 2-2



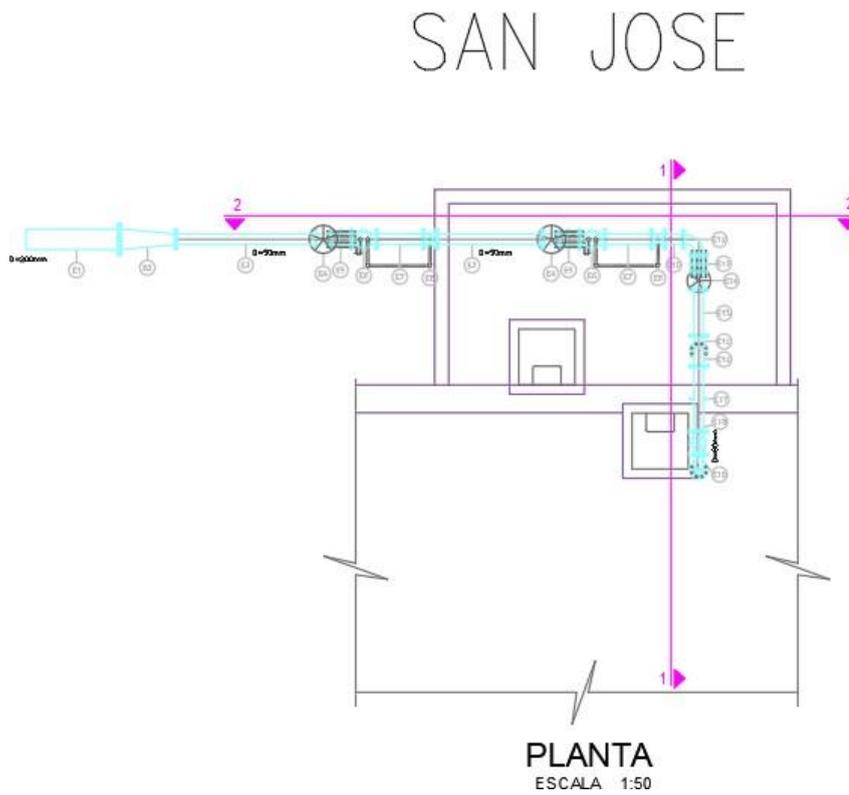
Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Tabla 3.17** Lista de accesorios Azhapud

<b>AZHAPUD</b>					
<b>LISTA DE ACCESORIOS DE LA CAMARA DE VÁLVULAS DE ENTRADA</b>					
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>		<b>DIAMETRO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>LONGITUD</b>
	<b>SISTEMA DE ENTRADA</b>		<b>(mm)</b>	<b>(u)</b>	<b>(m)</b>
<b>E1</b>	Tramo recto HF. BL.	PN 10	200	1	1
<b>E2</b>	REDUCTOR HF. BB.	PN 10	200x80	1	0,6
<b>E3</b>	Tramo recto HF. BB.	PN 10	80	2	1,5
<b>E4</b>	Válvula compuerta HF. BB: Clase 125 con volante	PN 10	80	2	-
<b>E5</b>	Unión de desmontaje HF. BB.	-	80	2	-
<b>E6</b>	Válvula de control de flujo HF.:BB clase 125	PN 10	80	2	-
<b>E7</b>	Tramo recto HF. BB.	-	80	2	0,5
<b>E8</b>	Placa reguladora de caudal	PN 10	80	2	-
<b>E12</b>	Codo 90° HF.BB.	PN 10	80	4	-
<b>E13</b>	Unión de desmontaje HF.BB.	PN 10	80	1	-
<b>E14</b>	Válvula compuerta HF. BB: Clase 125 con volante	PN 10	80	1	-
<b>E15</b>	Tramo recto HF. BB.	-	80	1	0,5
<b>E16</b>	Tramo recto HF. BB.	PN 10	80	1	1
<b>E17</b>	Pasamuro de HF. BB.	PN 10	80	1	0,7
<b>E18</b>	Válvula de Control de flotador	PN 10	80	1	-
<b>E19</b>	Tramo recto HF. BL.	PN 10	80	1	0,5

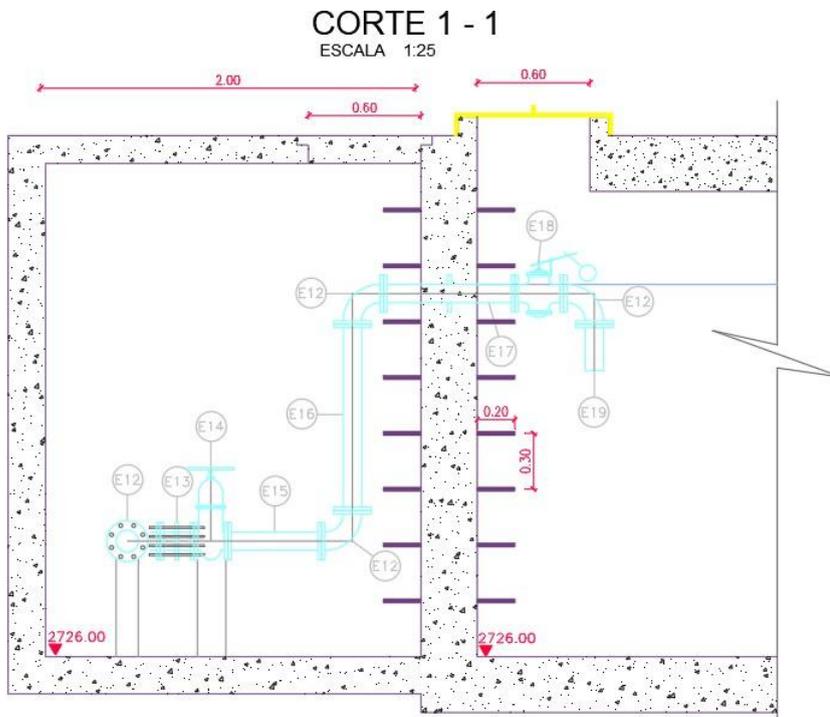
*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.26** Esquema San José vista planta

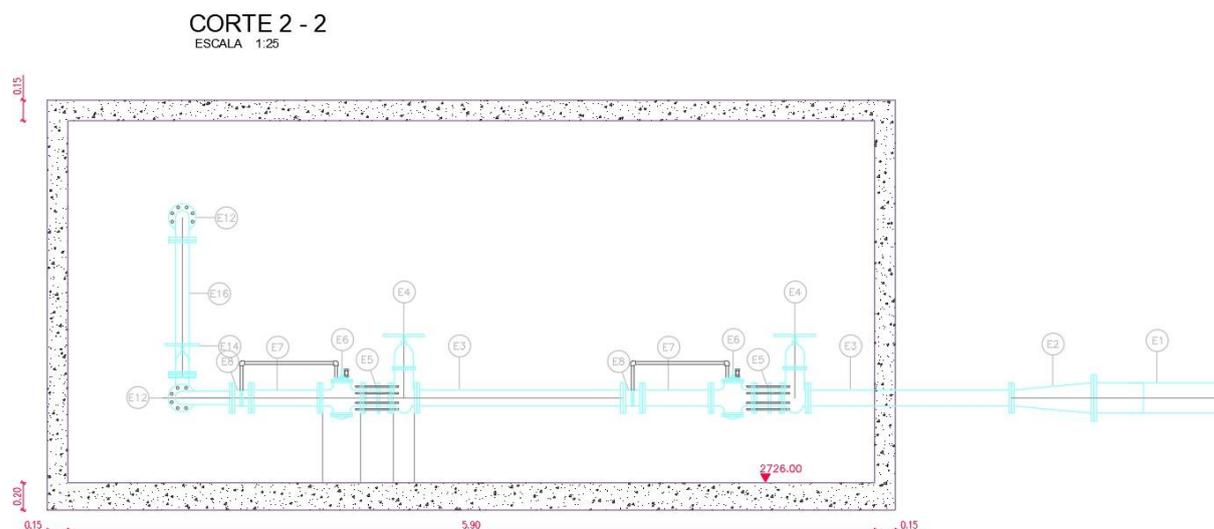


Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.27** Esquema San José corte 1-1



Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Figura 3.28** Esquema San José corte 2-2

Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Tabla 3.18** Lista de accesorios San José

<b>SAN JOSE</b>					
<b>LISTA DE ACCESORIOS DE LA CAMARA DE VÁLVULAS DE ENTRADA</b>					
<b>CODIGO</b>	<b>DESCRIPCION</b>		<b>DIAMETRO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>LONGITUD</b>
	<b>SISTEMA DE ENTRADA</b>		<b>(mm)</b>	<b>(u)</b>	<b>(m)</b>
<b>E1</b>	Tramo recto HF. BL.	PN 10	200	1	1
<b>E2</b>	REDUCTOR HF. BB.	PN 10	200x50	1	0,6
<b>E3</b>	Tramo recto HF. BB.	PN 10	50	2	1,5
<b>E4</b>	válvula compuerta HF. BB: Clase 125 con volante	PN 10	50	2	-
<b>E5</b>	unión de desmontaje HF. BB.	-	50	2	-
<b>E6</b>	válvula de control de flujo HF.:BB clase 125	PN 10	50	2	-
<b>E7</b>	Tramo recto HF. BB.	-	50	2	0,5
<b>E8</b>	Placa reguladora de caudal	PN 10	50	2	-
<b>E12</b>	Codo 90° HF.BB.	PN 10	50	4	-
<b>E13</b>	unión de desmontaje HF.BB.	PN 10	50	1	-
<b>E14</b>	válvula compuerta HF. BB: Clase 125 con volante	PN 10	50	1	-
<b>E15</b>	Tramo recto HF. BB.	-	50	1	0,5
<b>E16</b>	Tramo recto HF. BB.	PN 10	50	1	1

<b>E17</b>	Pasamuro de HF. BB.	PN 10	50	1	0,7
<b>E18</b>	válvula de Control de flotador	PN 10	50	1	-
<b>E19</b>	Tramo recto HF. BL.	PN 10	50	1	0,5

*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

## CONCLUSIONES

- Se pudo establecer que a través de un análisis integral del sistema de agua potable Chulco Soroche, se lograron identificar deficiencias en el comportamiento hidráulico de las conducciones, principalmente relacionadas con la presencia de sobrepresiones. El modelo hidráulico desarrollado permitió representar las condiciones operativas del sistema, y sirvió para proponer alternativas viables de mitigación, permitiéndonos mejorar su eficiencia a lo largo de la red de distribución.
- Se recopiló la información técnica del sistema necesaria, en el cual se incluyen características geométricas, hidráulicas y topográficas de las conducciones tales como su: cotas, caudales, diámetros, y presiones operativas, así como normativas vigentes aplicables al diseño. Esta recopilación de información permitió establecer los parámetros necesarios para la construcción del modelo en el software WaterGEMS.
- El modelo hidráulico del sistema fue construido satisfactoriamente, permitiendo simular su comportamiento frente a distintos escenarios de operación. Los resultados del modelo mostraron sectores críticos con sobrepresiones, principalmente, en tramos con grandes diferencias topográficas y de baja demanda, lo que significó una necesidad en la mejoras operativas y estructurales de la red de distribución.
- Se plantearon algunas soluciones técnicas entre las cuales destacan, la instalación de válvulas reductoras de presión, válvulas flotadoras, cámaras rompe presiones tomadas del catálogo de válvulas de Bermad. Estas propuestas de alternativas fueron evaluadas en el modelo, demostrando su efectividad para disminuir las sobrepresiones a niveles seguros para los accesorios, y sin afectar el abastecimiento del recurso hídrico a los habitantes del sector Chulco Soroche.

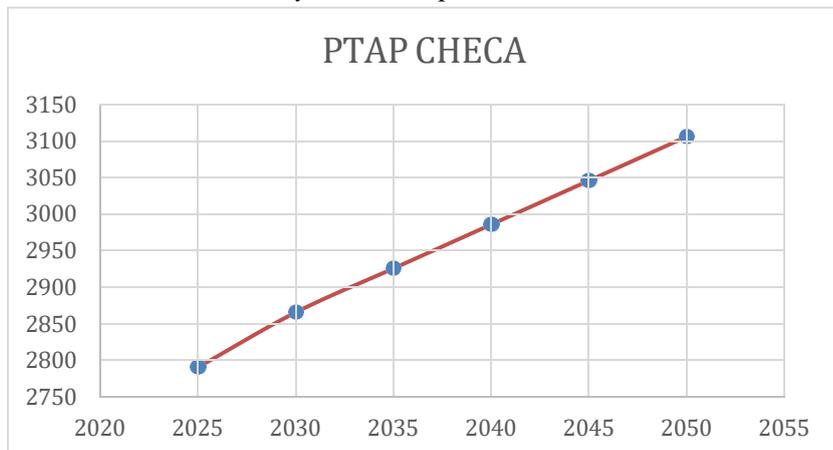
## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda a la empresa ETAPA que considere la implementación del modelo hidráulico elaborado en este trabajo de titulación, con énfasis al tema de las válvulas rompe presiones, válvulas flotadoras y placas contenidas en el modelo de cámara, seleccionados del catálogo de válvulas BERMAD.
- La actualización periódica y monitoreo continuo el modelo para poder ir regulando las presiones de entrada y salida en el sistema, dado que la demanda y las condiciones operativas pueden variar con el tiempo, integrando nuevos datos de consumo, crecimiento poblacional y cambios en la infraestructura a la red de distribución.
- Se recomienda, establecer un sistema de monitoreo en tiempo real de presiones y caudales en los puntos críticos identificados. Esto permitirá detectar posibles fluctuaciones no previstas y, a su vez, ajustar la operación del sistema de manera segura y oportuna asegurando un correcto funcionamiento del mismo.

## ANEXOS

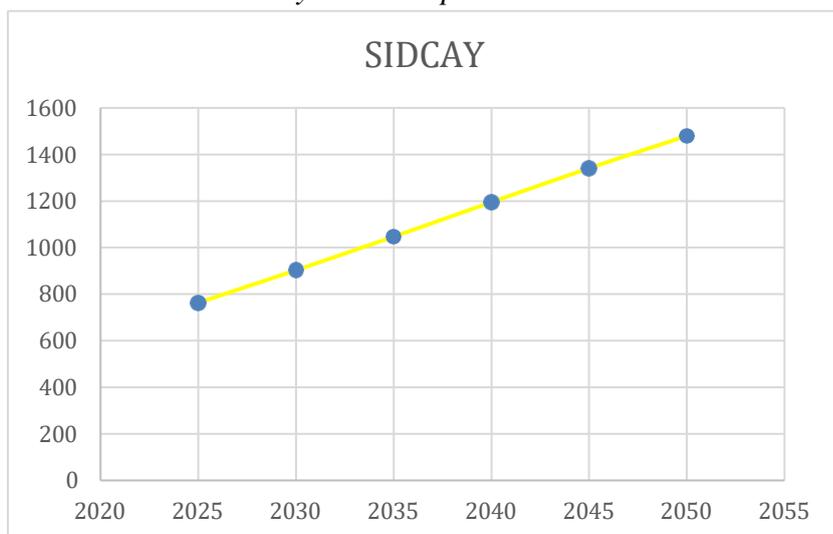
### 1. ANEXOS PARA PROYECCIÓN DE POBLACIÓN

#### Anexo 1.1 Proyección de población PTAP CHECA



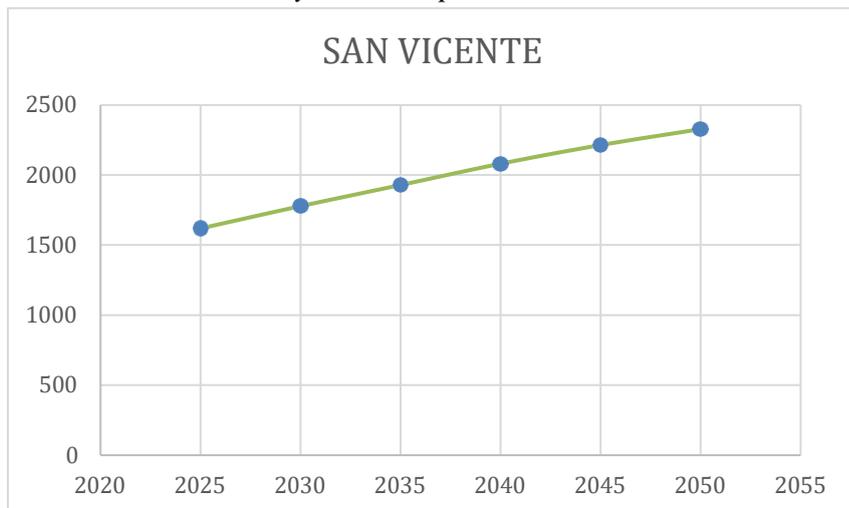
Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

#### Anexo 1.2 Proyección de población SIDCAY



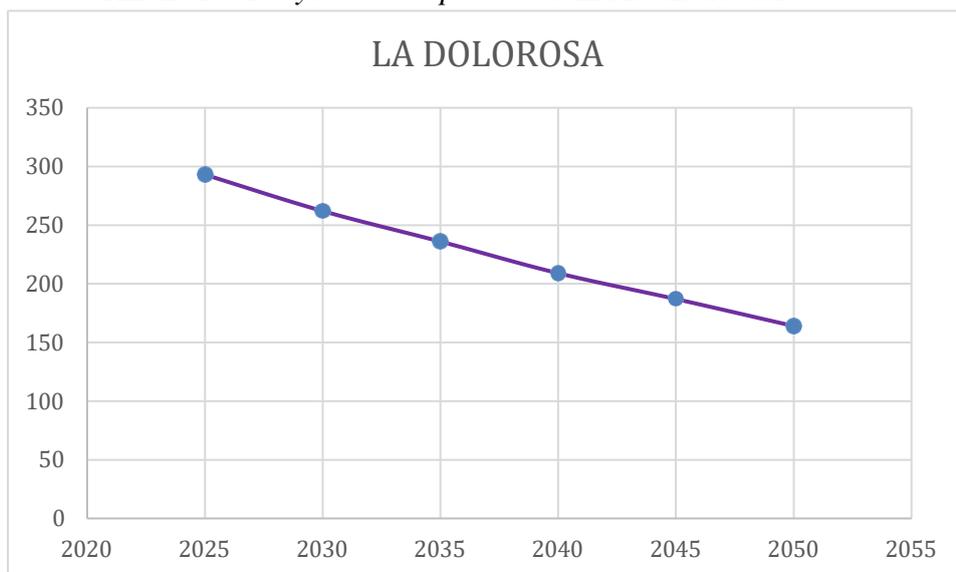
Fuente: Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Anexo 1.3** *Proyección de población SAN VICENTE*



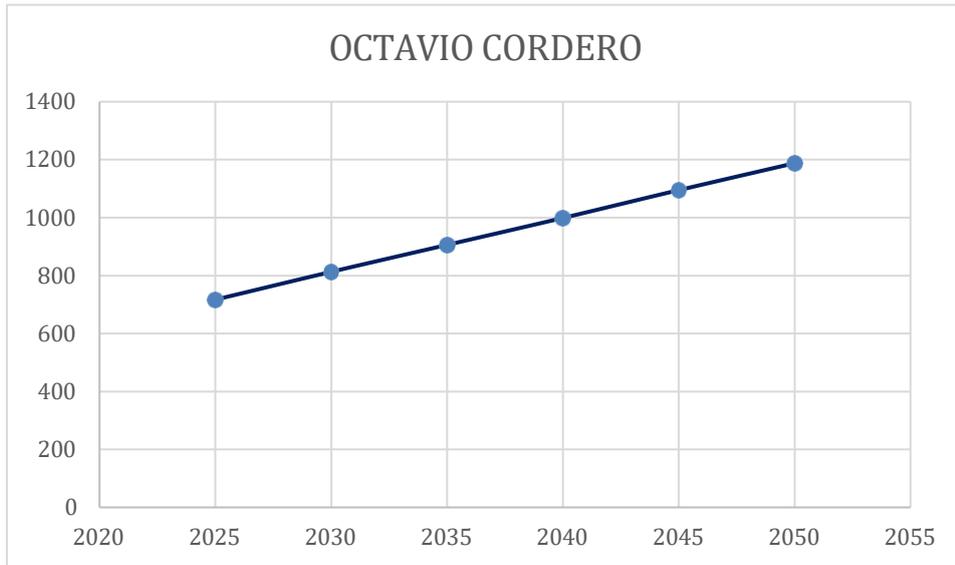
*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Anexo 1.4** *Proyección de población LA DOLOROSA*



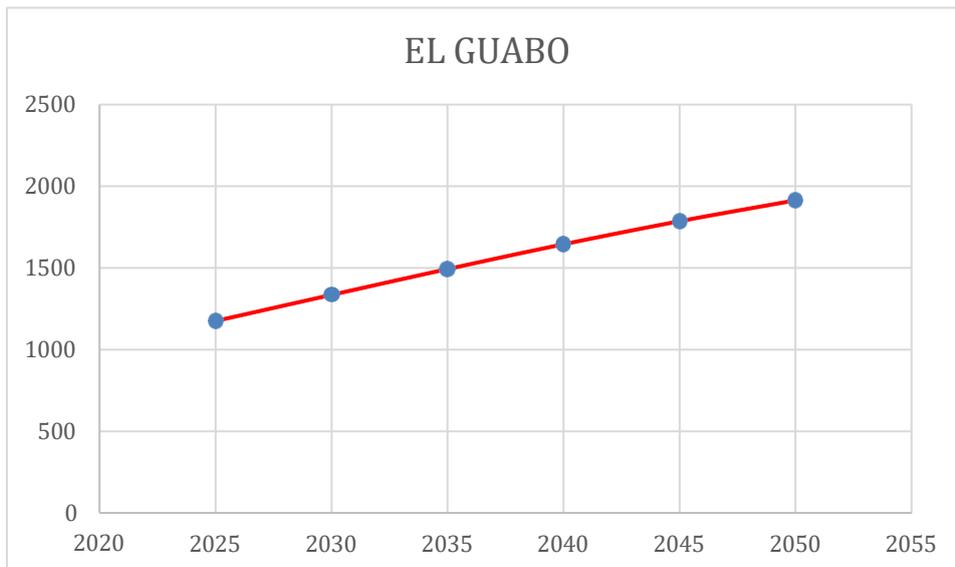
*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Anexo 1.5** *Proyección de población OCTAVIO CORDERO*



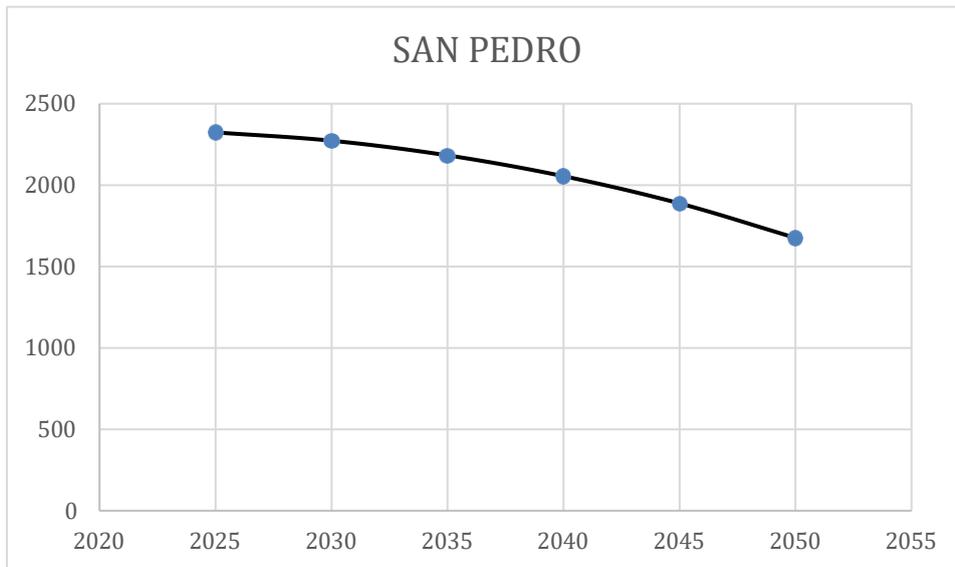
*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Anexo 1.6** *Proyección de población EL GUABO*



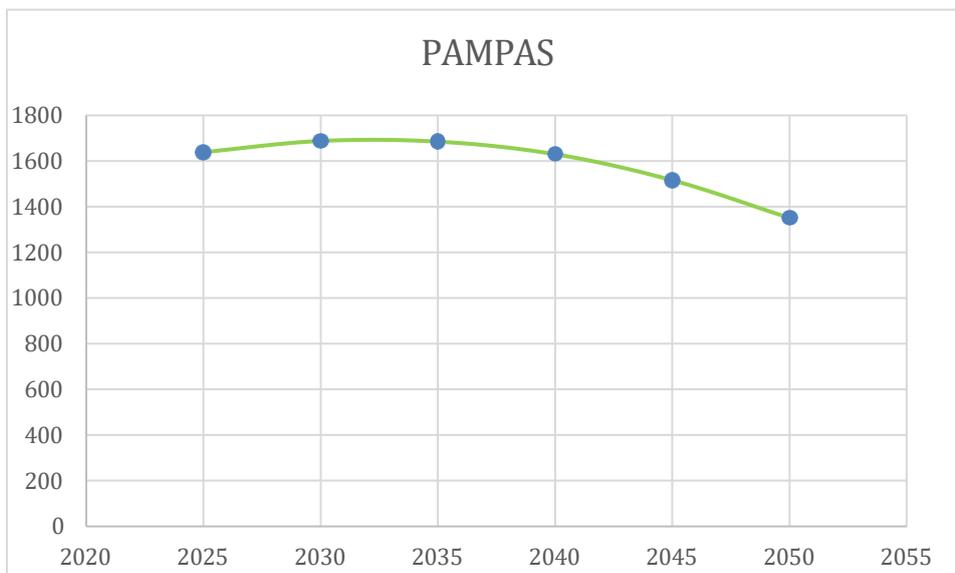
*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Anexo 1.7** *Proyección de población SAN PEDRO*



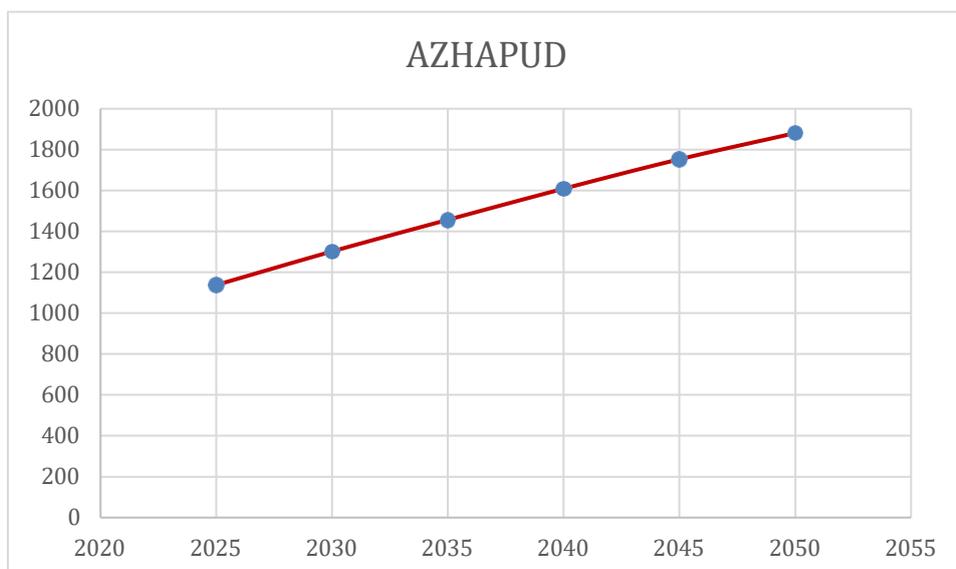
*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Anexo 1.8** *Proyección de población PAMPAS*



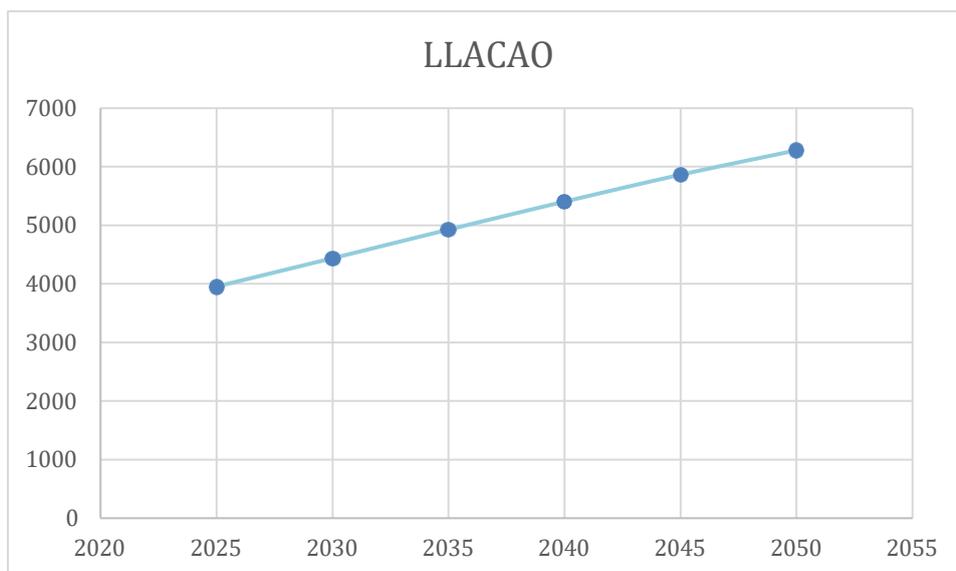
*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Anexo 1.9** *Proyección de población AZHAPUD*



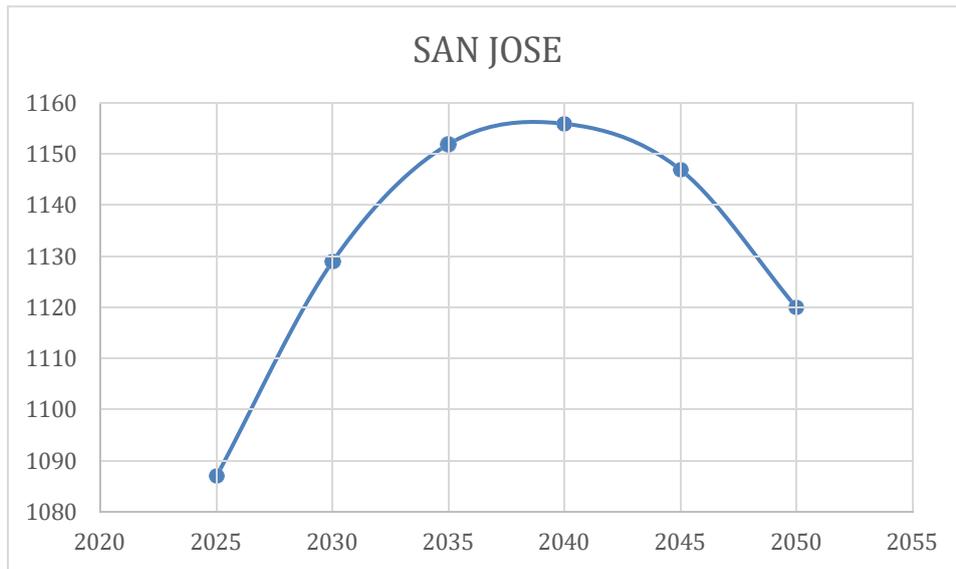
*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Anexo 1.10** *Proyección de población LLACAO*



*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

**Anexo 1.11** *Proyección de población SAN JOSE*



*Fuente:* Elaboración propia, Adaptado de ETAPA EP (2025)

## 2. ANEXO CATALOGO

### Anexo 2.1 Catálogo válvulas reductoras de presión BERMAD Serie 700

**BERMAD** Abastecimiento de agua



Serie 700

## Válvula reductora de presión

### Modelo 720

- Reducción de caudales y fugas
- Protección contra los daños por cavitación
- Amortiguación del ruido
- Protección contra roturas
- Ahorro en el mantenimiento del sistema

La válvula reductora de presión modelo 720 es una válvula de control de operación hidráulica accionada por diafragma, que reduce la presión alta aguas arriba a una presión menor y constante aguas abajo, sin que le afecten las fluctuaciones en la demanda o en la presión aguas arriba.



### Características y ventajas

- **Impulsada por la presión en la línea** – Operación independiente
  - Mantenimiento sencillo en línea
  - Cámara doble
  - Reacción moderada de la válvula
  - Diafragma protegido
- **Diseño flexible** – Permite incorporar funciones adicionales
  - Variedad de accesorios – Perfecta adaptación
  - Cuerpo ancho en "Y" o angular – Mínima pérdida de presión
- **Flujo semirrecto, no turbulento**
- **Asiento elevado de acero inoxidable** – Resistencia a los daños por cavitación
- **Cavidad libre de obstáculos** – Absoluta confiabilidad
- **Tapón regulador V-Port** – Estabilidad con bajos caudales

### Principales características adicionales

- Listada por UL para protección contra incendios – **FP-720-UL**
- Control de solenoide – **720-55**
- Válvula de retención – **720-20**
- Control de solenoide y válvula de retención – **720-25**
- Proporcional – **720-PD**
- Preferencia de regulación automática – **720-09**
- Piloto de alta sensibilidad – **720-12**
- Válvula reductora de presión de emergencia – **720-PD-59**
- Control de sobrepresión aguas abajo – **720-48**
- Selección multinivel eléctrica – **720-45**
- Selección multinivel electrónica, Tipo 4T – **720-4T**
- Válvula electrónica reductora de presión – **728-03**

Consulte las publicaciones pertinentes de BERMAD.

# BERMAD Abastecimiento de agua



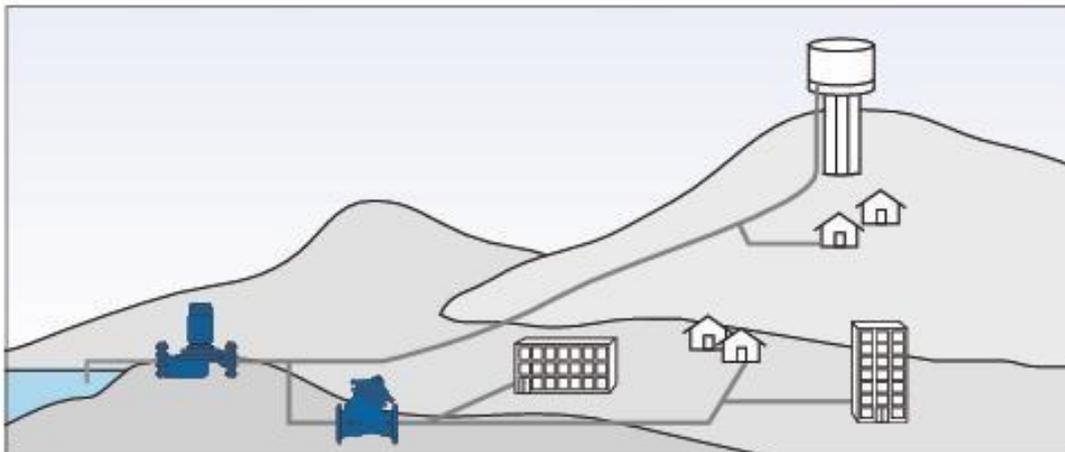
Modelo 720

Serie 700

## Aplicaciones típicas

### Sistema de reducción de presiones para redes municipales

La planificación de redes exige delimitar claramente las diversas zonas de presión por razones de topografía, distancias, niveles de demanda, costes de energía, disponibilidad de depósitos (reservorios), etc.



La bomba abastece de agua a la red y al depósito (reservorio). La presión del sistema es demasiado elevada para el consumo residencial, por lo que se requiere un sistema de reducción.

### Sistema de reducción de presiones – Instalaciones típicas

#### Sistema estándar de reducción de presión **A**

Además de la Válvula reductora de presión Modelo 720, BERMAD recomienda que el sistema incluya también lo siguiente:

- Un filtro Modelo 70F para evitar el acceso de residuos nocivos para la operación de la válvula
- Una válvula de alivio Modelo 73Q que proporciona:
  - Protección contra picos momentáneos de presión
  - Indicación visual de la necesidad de mantenimiento
- Una válvula reductora de presión de derivación (by-pass) que ahorra en los gastos de mantenimiento. La válvula más grande (de mantenimiento más costoso) funciona en los periodos de mayor demanda. La válvula de derivación, más pequeña, reduce las horas de funcionamiento de la válvula grande, proporcionando un mejor rendimiento de la inversión.



#### Sistemas de reducción de grandes diferencias de presión **B**

La reducción en la primera etapa se obtiene mediante la válvula reductora de presión proporcional modelo 720-PD. Así se aminoran los daños por cavitación y el nivel de ruido distribuyendo la carga de la alta diferencia de presiones.





# BERMAD Abastecimiento de agua



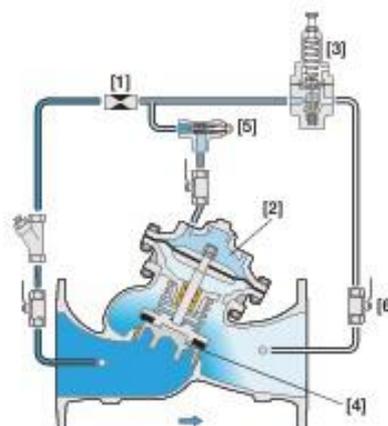
Modelo 720

Serie 700

## Operación

La válvula Modelo 720 tiene un piloto reductor de presión, ajustable, de 2 vías. La restricción [1] permite el flujo constante de la entrada de la válvula a la cámara superior de control [2]. El piloto [3] percibe la presión aguas abajo. Si la presión se eleva por encima del valor predefinido, el piloto permite la acumulación de presión en la cámara superior de control, lo cual hace que la válvula se cierre y así la presión aguas abajo descende a un nivel inferior al predefinido. Si la presión aguas abajo es menor que el valor predefinido del piloto, el piloto libera la presión acumulada haciendo que la válvula principal se abra. El tapón V-Port (opcional) [4] aumenta la proporción entre el caudal y la carrera de la válvula, con lo cual se obtiene una regulación más suave, estable y precisa. El orificio integral entre la cámara inferior de control y la salida de la válvula modera la reacción de la válvula. La válvula de aguja de control de caudal unidireccional [5] estabiliza la reacción de la válvula en condiciones difíciles de regulación, restringiendo la salida del flujo de la cámara de control.

La llave instalada aguas abajo [6] permite el cierre manual.



## Especificaciones del sistema del piloto

**Materiales estándar:**

**Piloto:**

Cuerpo: Acero inoxidable 316 o bronce

Elastómeros: Caucho sintético

Resorte (muelle): Acero galvanizado o acero inoxidable

**Tubería y conectores:**

Acero inoxidable 316 o cobre y latón

**Accesorios:**

Acero inoxidable 316, latón y elastómeros de caucho sintético

**Rango de ajuste del piloto:**

0,5 a 3,0 bar (7 a 40 psi)

0,8 a 6,5 bar (11 a 95 psi)

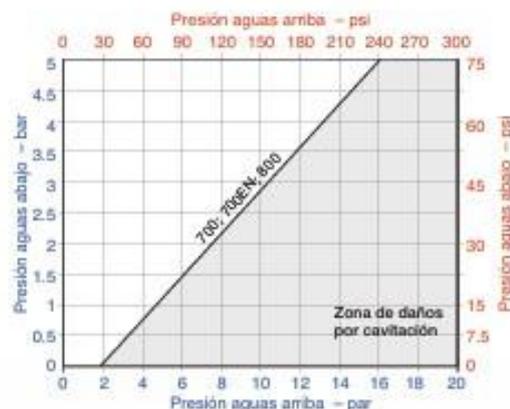
1 a 16 bar (15 a 230 psi)

5 a 25 bar (70 a 360 psi)

**Notas:**

- Para un óptimo ajuste del tamaño y el análisis de cavitación se requieren los datos de presión de entrada, presión de salida y caudal.
- Velocidad continua del flujo recomendada: 0,3-6,0 m/seg (1-20 pies/seg)
- Presión mín. de trabajo: 0,7 bar (10 psi)  
Si la presión es menor, consulte a la fábrica.

## Diagrama de cavitación



# BERMAD Abastecimiento de agua

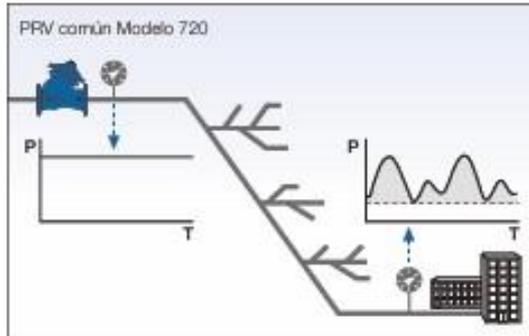


Modelo 720

Serie 700

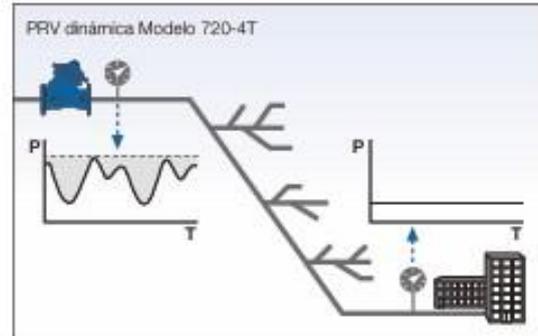
## Gestión de la presión

Un buen programa de gestión de la presión puede reducir significativamente no sólo el volumen de las pérdidas reales, sino también los gastos de mantenimiento, gracias a la menor frecuencia de casos de rotura y reventones, con lo cual se prolonga la vida útil del sistema.



Las válvulas reductoras de presión (PRV) comunes se ajustan para mantener una presión aguas abajo baja y constante, aunque asegurando una presión suficiente en los puntos críticos del sistema durante los periodos de máxima demanda (cuando la pérdida de carga por fricción es la más alta).

El área sombreada representa las horas y niveles en que la presión es mayor que la requerida.



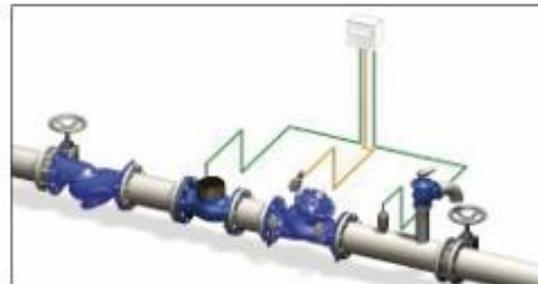
La PRV dinámica, Modelo 720-4T, integrada con un controlador de reducción de presión, ha sido diseñada para corregir constantemente el valor predeterminado en función de demandas transitorias o de la presión mínima necesaria en el punto crítico del sistema.

Como resultado, la presión promedio de la red disminuye notablemente y así se reducen los gastos ocasionados por fugas, roturas, mantenimiento y energía.

El área sombreada representa las horas y niveles de pérdida reducida.

### Control en función del caudal

El registro de los datos y el análisis de los parámetros de la red de distribución permiten establecer una función para el ajuste de la presión en tiempo real, en función de la demanda del sistema. Los transductores de caudal y presión transmiten los datos constantemente al controlador, que reacciona ajustando la válvula Modelo 720-4T según la función pre-establecida. El programa del controlador puede modificarse por intermedio de un PC portátil, mensajes de texto o cualquier otro método de comunicación disponible.



### Control en función temporal

La PRV modelo 720-45, integrada con el controlador BE-PRV-DL, ha sido diseñada para mantener dos puntos prefijados de reducción de la presión.

El controlador BE-PRV-DL está programado de modo que pueda alternar entre las dos válvulas piloto y cambiar así el punto prefijado de reducción de la presión. Es posible adaptar el programa del controlador BE-PRV-DL a determinadas fechas o estaciones del año, así como a los datos registrados de presión y caudal.



# BERMAD Abastecimiento de agua



Modelo 720

Serie 700

## Sistemas de reducción de presión para rascacielos

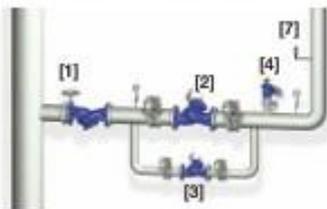
En la planificación de sistemas de abastecimiento de agua para rascacielos se plantean requisitos muy específicos:

- La interrupción del suministro es inadmisibles y es habitual que éste provenga de una sola fuente.
- Las válvulas están instaladas en áreas en que los daños por efecto del agua pueden ser muy costosos.
- Las válvulas suelen estar ubicadas en la vecindad de áreas residenciales y comerciales de alto prestigio. Deben evitarse en lo posible los ruidos y las operaciones de mantenimiento.
- La línea principal de suministro a los rascacielos está expuesta a una carga mayor en las zonas bajas, mientras que la presión para el consumidor debe mantenerse dentro de los niveles recomendados. Como resultado, los sistemas reductores en las zonas bajas tienen que manejar mayores diferencias de presión.

Con el respaldo de la experiencia acumulada de BERMAD, las Válvulas reductoras de presión modelo 720 tratan estos problemas y proporcionan soluciones adecuadas.

### Instalación en zonas de mayor altura **A**

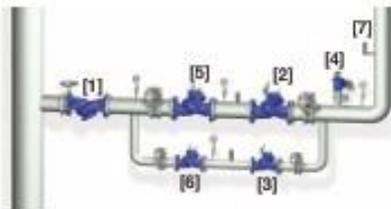
Además de los sistemas de reducción de presión, BERMAD recomienda incluir en los edificios altos interruptores de presión especiales para transmitir a un panel de control una señal en caso de que la presión aguas abajo sea excesiva.



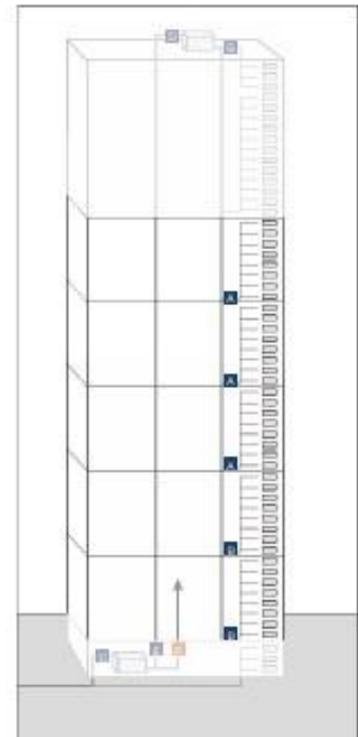
### Instalación en zonas de menor altura (dos etapas) **B**

Para los sistemas con grandes diferencias de presión en las zonas de menor altura de los rascacielos, BERMAD recomienda instalar un sistema de reducción en dos etapas. Además del equipo típico de las zonas de mayor altura, se debe incluir lo siguiente:

Como primera etapa, una válvula reductora de presión proporcional Modelo 720, que absorba una parte de la gran diferencia de presiones. Al repartir la tarea de la reducción entre dos componentes, se atenúan el riesgo de cavitación y el ruido.



- [1] Filtro Modelo 70F
- [2] Válvula reductora de presión Modelo 720
- [3] Válvula reductora de derivación (by-pass) Modelo 720
- [4] Válvula de alivio Modelo 73Q
- [5] Válvula reductora de presión proporcional Modelo 720-PD
- [6] Válvula reductora de presión proporcional por derivación (by-pass) Modelo 720-PD
- [7] Interruptor de presión



- A** Instalación del sistema reductor en zona de mayor altura
- B** Instalación del sistema reductor en zona de menor altura (dos etapas)
- C** Sistema de control de nivel para el depósito (reservorio) inferior
- D** Sistema de control de nivel para el depósito (reservorio) del techo
- E** Sistema de bombeo de agua potable
- F** Sistema de bombeo de protección contra incendios
- G** Sistema de bombeo para los pisos superiores

**Anexo 2.1** Catálogo válvulas flotadoras BERMAD Serie 700 Sigma



## LEVEL CONTROL VALVE

with Bi-Level Vertical Float

### Model 750-66 EN/ES

Hydraulically operated control valve that controls reservoir filling and reservoir level. Reservoir filling is in response to a hydraulically controlled non-modulating bi-level vertical float that opens at a pre-set reservoir low level and shuts off drip-tight at a pre-set high level.

BERMAD 700 SIGMA EN/ES series valves are hydraulic; oblique pattern, globe valves with a raised seat assembly and double chamber unitized actuator, that can be disassembled from the body as a separate integral unit. The valves hydrodynamic body is designed for unobstructed flow path and provides excellent and highly effective modulation capacity for high differential pressure applications. The valves are available in the standard configuration or with an Independent Check Feature code "25". The 700 SIGMA EN/ES Valves operate under difficult operation conditions with minimal cavitation and noise. They meet size and dimensions requirements of various standards.



[Click here for control accessories](#)



### Features and Benefits

- Designed to - stand up to the toughest conditions
  - Excellent anti-cavitation properties
  - Wide flow range
  - High stability and accuracy
  - Drip tight sealing
- Double chamber design
  - Moderated valve reaction
  - Protected diaphragm
  - Optional operation in very low pressure
  - Moderated closing curve
- Flexible design - Easy addition of features
- Obstacle free flow pass
- V-Port Throttling Plug (Optional) - Very stable at low flow
- Compatible with various standards
- High quality materials
- In-line serviceable - Easy maintenance

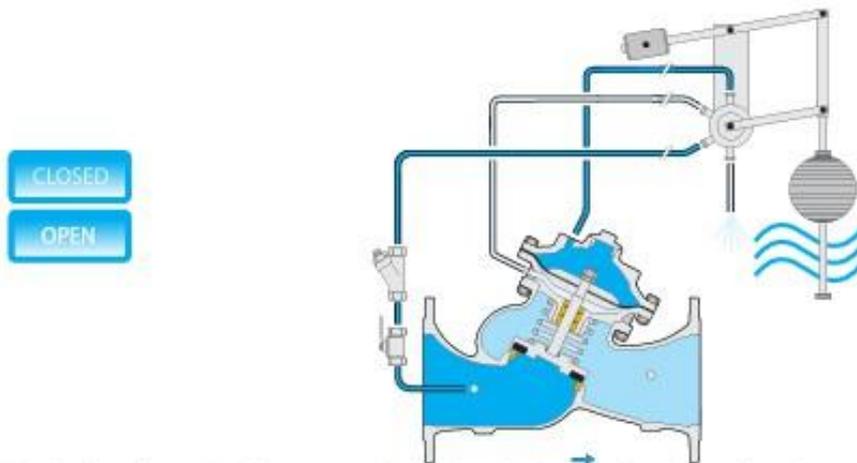
### Major Additional Features

- Pressure sustaining – 753-66
  - Flow control – 757-66-U
  - Electric float backup – 750-66-65
  - Independent Check Feature – 750-66-25
- See relevant BERMAD publication



All images in this catalog are for illustration only.

[Link to Animation](#)



This drawing refers to 1½" – 8"; 40-200 mm sized valves only. For other sizes please refer to the Model's IOM.

### Main Valve

**Valve Patterns:** \*Y\* (Globe)

**Size Range:**

**EN Series:** 1½-16", 40-400 mm

**ES Series:** 2½-24", 65-600 mm

**Pressure Rating:** 25 bar; 400 psi

**End Connections:** Flanged (all standard)

**Plug Types:** Flat disc, V-port, Cavitation cage

**Temperature Rating:** 60°C; 140°F for Cold water applications

**Optional higher temperature:** Available on request

**Standard Materials:**

**Body & actuator:** Ductile Iron

**Bolts, nuts & studs:** Stainless Steel

**Internals:** Stainless Steel, Tin Bronze & Coated Steel

**Diaphragm:** Fabric-Reinforced Synthetic Rubber

**Seals:** Synthetic Rubber

**Coating:** Dark blue Fusion bonded epoxy

### Control System

**Standard Materials:**

**Accessories:** Stainless Steel, Bronze & Brass

**Tubing:** Stainless Steel or Copper

**Fittings:** Stainless Steel or Brass

**Float Pilot Standard Materials:**

**Body:** Brass or Stainless Steel 316

**Elastomers:** Synthetic Rubber

**Internal Parts:** Stainless Steel 316 & Brass

**Lever System:** Brass or Stainless Steel 316

**Float:** Plastic

**Float Rod:** Stainless Steel

**Base Plate:** Fusion Bonded Epoxy Coated Steel or Stainless Steel 316

### Notes

- Each extension rod adds 560 mm, 22". One extension rod is supplied.
- Extra counterweight is required if second extension rod is used.
- If inlet pressure is below 0.5 bar / 7psi or above 10 bar / 150 psi, consult factory.
- Inlet Pressure, Outlet Pressure and Flow-rate are required for optimal sizing.
- Recommended maximum flow velocity: 6.0 m /sec; 20 ft /sec.
- See BERMAD float installation recommendation.

For detailed Engineering & Specification data, IOM and CAD Drawings, visit the Model Page on the [BERMAD](http://www.bermad.com) website



[www.bermad.com](http://www.bermad.com)

The information contained herein may be changed by Bermad without notice. Bermad shall not be held liable for any errors.  
© Copyright 2007-2017 Bermad CS Ltd. November 2017

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Alvarado, C., & Tapia, D. (2023). Modelamiento hidráulico de las conducciones del sistema de agua potable de Chulco, Cuenca, Azuay [Tesis de pregrado, Universidad del Azuay].
- Agüero Pittman, R. (1997). Agua potable para poblaciones rurales; sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento.
- BERMAD CS Ltd. (2017). Model 750-66 EN/ES – Level Control Valve with Bi-Level Vertical Float: Waterworks 700 SIGMA Series. BERMAD CS Ltd.
- BERMAD. (2012). *Válvula reductora de presión: Modelo 720, Serie 700*. BERMAD CS Ltd.
- Comisión Nacional del Agua. (2019). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento; Conducciones. Ciudad de México: Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.
- CPE INEN 5 parte 9-1:1992. (1992). NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES.
- ISO 2531. (2009). Tubos, conexiones y piezas accesorias de fundición dúctil y sus juntas para conducción de agua. Ley 0 de 2014.
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua. 6 de agosto de 2014. R.O. No. 305
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2003). Guía RAS - 002: Identificación, justificación y priorización de proyectos.  
[https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/guia-ras\\_002.pdf](https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/guia-ras_002.pdf)

- Norma CO 10.07 - 601. (1992). NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES.
- NTE INEN 1 108. (2011). AGUA POTABLE. REQUISITOS.
- RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE LA COMARCA DE PAMPLONA. [Trabajo Fin de Máster, Universidad Politécnica de Valencia].  
<http://hdl.handle.net/10251/146894>
- Urgiles Mendieta, E. P. (2019). Guía de diseño con criterios de operación y mantenimiento para captaciones, conducciones y redes de distribución de agua potable, de la empresa ETAPA EP. [Tesis de grado, Universidad del Azuay].