



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL  
"BARRIO BRAZALES"**

**Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención de título de Ingeniero  
Hidráulico**

**AUTOR:**

Cruz Veintimilla Oscar Miguel

**TUTOR:**

Ing. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete, MSc

**Latacunga, Ecuador**

**MARZO - 2026**

Latacunga, 12 de marzo de 2026

### **DECLARACIÓN DE AUTORÍA**

Yo **OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA** declaro ser autor del proyecto de titulación **"REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL BARRIO BRAZALES"**, siendo la **ING. XIOMARA ALEJANDRA ZAMBRANO NAVARRETE** tutor del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.



---

**OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA**  
CC. 0503250193

## CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CRUZ VEINTIMILLA OSCAR MIGUEL**, identificado con cédula de ciudadanía No.0503250193 de estado civil casado, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.** – **EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Hidráulica, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL BARRIO BRAZALES**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

### **Historial Académico**

Inicio de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Finalización de la carrera: Octubre 2025 – Marzo 2026

Aprobación en Consejo Directivo: 06 de octubre del 2025

Tutor: Ing. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete, MSc

Tema: “**REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL BARRIO BRAZALES**”

**CLÁUSULA SEGUNDA.** - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA.** - **OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

g) La publicación del trabajo de grado.

h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.

i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que LA CESIONARIA no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

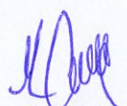
**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 12 días del mes de marzo del 2026.

  
**Oscar Miguel Cruz Veintimilla**  
**CEDENTE**

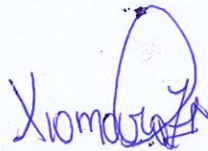
**Dra. Idalia Pacheco Tigselema, Ph.D. EL**  
**LA CESIONARIA**

Latacunga 12 de marzo del 2026

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

**“REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL BARRIO BRAZALES”**, de Cruz Veintimilla Oscar Miguel, de la carrera de Ingeniería Hidráulica, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.



Ing. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete, MSc

C.C.: 1313058453

**TUTOR**

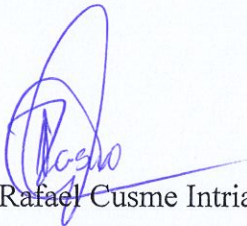
Latacunga, 12 de marzo de 2026

### **AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN**

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante: Cruz Veintimilla Oscar Miguel con el título del Proyecto de Investigación: **“REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL BARRIO BRAZALES”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

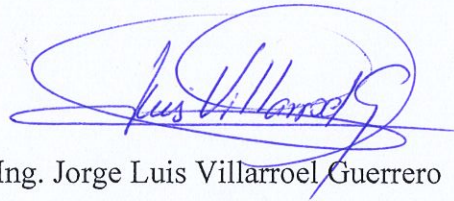
Para constancia firman:



Ing. Rudys Rafael Cusme Intriago, MSc

C.C.: 1313770891

**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**



Ing. Jorge Luis Villarroel Guerrero

C.C.: 0502943491

**LECTOR 2 (MIEMBRO)**



Ing. Yadira Araceli Herrera Martínez

C.C.: 0502904857

**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## CERTIFICACIÓN DE INFORME DE SIMILITUD

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el tema: “Rediseño del sistema de distribución de agua para el Barrio Brazales”, de Cruz Veintimilla Oscar Miguel, de la carrera de Ingeniería en Hidráulica, remito la captura de pantalla del reporte del sistema de reconocimiento de texto turnitin, con un porcentaje de coincidencias del 7%; y, expreso una vez más, mi conformidad en cuanto a la dirección del trabajo de titulación.



Página 2 de 86 - Descripción general de integridad

Identificador de la entrega: trnoid::1:3505318359

### 7% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

#### Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

#### Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

#### Fuentes principales

- 7% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 4% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

#### Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

- Texto oculto**  
1113 caracteres sospechosos en N.º de páginas  
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Latacunga 12 de marzo del 2026

Ing. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete, MSc

C.C.: 1313058453

**TUTOR**

## **AGRADECIMIENTO**

*En primera instancia, elevo mi gratitud a Dios por otorgarme salud, sabiduría y la fe necesaria para culminar esta etapa profesional con éxito; su bendición ha sido la guía fundamental en mi crecimiento personal.*

*A mis padres, les agradezco profundamente por ser mi ejemplo de vida. Gracias por los valores de responsabilidad y honestidad que me inculcaron, y por demostrarme con hechos que el amor y el apoyo incondicional son la mayor motivación para ser un hombre íntegro y útil a la sociedad.*

*Expreso mi sincero reconocimiento a mis docentes, quienes con su guía, conocimiento y paciencia marcaron mi camino académico. Gracias por transmitir de manera generosa su experiencia y por brindarme las herramientas necesarias para desarrollar este proyecto con rigor y excelencia profesional.*

*De manera muy especial, agradezco de todo corazón a mi esposa e hijos. A mi esposa, por ser mi respaldo incondicional y el pilar que me sostuvo en cada paso de este proceso; su paciencia y amor fueron el motor de mi constancia. A mis hijos, por ser mi mayor inspiración y por haberme apoyado en cada meta propuesta. Su presencia en mi vida es el motivo principal de todos mis esfuerzos.*

*Finalmente, a toda mi familia y amigos que, con su cariño genuino y palabras de aliento, me impulsaron a fortalecer mis capacidades y a alcanzar este importante logro.*

**MIGUEL CRUZ**

## DEDICATORIA

*Dedico mi tesis, con profunda humildad y devoción, a Dios, por ser el constructor de mi destino y el proveedor de la sabiduría necesaria para transformar los obstáculos en oportunidades de crecimiento. Su presencia constante ha sido mi refugio en los momentos de incertidumbre y la fuerza que impulsó mi ánimo hasta alcanzar esta meta profesional.*

*A mis padres, quienes con su amor incondicional y sacrificio silencioso formaron la persona que soy. Esta propuesta es el fruto de los principios de integridad y perseverancia que sembraron en mi alma desde la infancia; gracias por creer en mis capacidades. Este logro es, en esencia, un tributo a su incansable dedicación y al ejemplo de vida que me han brindado.*

*A mi esposa e hijos, la razón suprema de cada uno de mis esfuerzos. A mi compañera de vida, por ser el pilar inamovible que sostuvo mis días de agotamiento con su paciencia infinita y su fe deslumbra en mi éxito. A mis hijos, por ser la luz que ilumina mi camino y la inspiración constante para construir un futuro de excelencia; que este título sea para ustedes la prueba de que, con disciplina y amor, no existe meta inalcanzable.*

**MIGUEL CRUZ**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**TÍTULO: REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL**  
**"BARRIO BRAZALES"**

**Autor:**

Cruz Veintimilla Oscar Miguel

**RESUMEN**

El actual trabajo de titulación desarrolla el rediseño del sistema de distribución de agua para el Barrio Brazales, ubicado en el cantón Latacunga, una zona que demanda una planificación hídrica técnica ante su constante crecimiento demográfico. Actualmente, la infraestructura existente presenta deficiencias críticas de presión y cobertura que limitan el acceso equitativo al recurso, generando un déficit hídrico que afecta directamente el saneamiento ambiental y la salud pública de los habitantes. Ante esta problemática, el objetivo central es proponer el rediseño del sistema de distribución de agua con el propósito de mejorar la eficiencia del servicio garantizando una cobertura adecuada y asegurando el abastecimiento continuo. La metodología empleada es de carácter cuantitativa y se fundamenta en levantamiento topográfico y modelación hidráulica en el software WaterGEMS, utilizando los métodos aritmético, geométrico y exponencial para proyectar la población futura en el horizonte de diseño de 25 años hacia el año 2050. Como resultados principales, se determinaron para la red de distribución caudales de diseño de 10.40 L/s para el Sector 01, con un tanque elevado a 10 metros de altura y un volumen de 136 m<sup>3</sup>, y 8.94 L/s para el sector 02 con un tanque elevado a 20 metros de altura y un volumen de 120 m<sup>3</sup>, garantizando el suministro para poblaciones proyectadas de 3.327 y 2.862 habitantes. La solución técnica emplea dos sistemas independientes con tubería PVC PN16 de 90 mm y bombas de 10 HP, alcanzando en el Sector 01 una ADT de 110.55 m y velocidad de 0.86 m/s, y en el Sector 02 una ADT de 105.45 m y velocidad de 0.74 m/s. Operando en ciclos de 19 horas, esta propuesta es viable al resolver el déficit hídrico proyectado. La contribución fundamental radica en proporcionar un modelo de ingeniería optimizado que mejora sustancialmente la calidad de vida de los habitantes.

**Palabras claves:** Abastecimiento de agua, WaterGEMS, modelado hidráulico, rediseño, sistema de distribución.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**  
**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**  
**TITLE: REDESIGN OF THE WATER DISTRIBUTION SYSTEM IN THE**  
**BRAZALES NEIGHBORHOOD**

**Author:**  
Cruz Veintimilla Oscar Miguel

**ABSTRACT**

This current develops the redesign of the water distribution system for the Brazales neighborhood, located in the canton of Latacunga, an area that requires technical water planning due to its constant population growth. Currently, the existing infrastructure presents critical deficiencies in pressure and coverage, which limit equitable access to water resources and generate a water deficit that directly affects environmental sanitation and public health. Given this problem, the main objective of this study is to propose the redesign of the water distribution system in order to improve service efficiency, guarantee adequate coverage, and ensure a continuous water supply. The methodology used is quantitative and is based on topographic surveys and hydraulic modeling using the WaterGEMS software. Arithmetic, geometric, and exponential methods were applied to project the future population within a 25-year design horizon up to the year 2050. The main results show that the design flows for the distribution network are 10.40 L/s for Sector 01, with an elevated tank 10 meters high and a storage capacity of 136 m<sup>3</sup>, and 8.94 L/s for Sector 02, with an elevated tank 20 meters high and a capacity of 120 m<sup>3</sup>. These systems guarantee water supply for projected populations of 3,327 and 2,862 inhabitants, respectively. The technical solution consists of two independent systems using 90 mm PN16 PVC pipes and 10 HP pumps. In Sector 01, the system reaches a Total Dynamic Head (TDH) of 110.55 m and a flow velocity of 0.86 m/s, while in Sector 02 it reaches a TDH of 105.45 m and a velocity of 0.74 m/s. Operating in 19-hour cycles, the proposed system is technically viable and effectively resolves the projected water deficit. The main contribution of this research lies in providing an optimized engineering model that significantly improves the quality of life of the inhabitants.

**Keywords:** Water supply, WaterGEMS, hydraulic modeling, redesign, distribution system.

## INDICE

1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
1.1. Tema del Proyecto:.....	1
1.2. Modalidad de Titulación:.....	1
1.3. Equipo del Trabajo de Titulación: .....	1
1.4. Área de Conocimiento:.....	1
1.5. Línea de investigación:.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
2.1 Situación Problemática .....	4
2.2 Formulación del problema.....	5
2.3 Objetivo y Campo de Acción .....	5
2.3.1 Objetivo de Investigación.....	5
2.3.2 Campo de acción .....	5
2.4 Beneficiarios.....	6
2.4.1 Directo .....	6
2.4.2 Indirecto.....	6
2.5 JUSTIFICACIÓN.....	6
2.6 OBJETIVOS .....	7
2.6.1 General.....	7
2.6.2 Específicos.....	7
2.7 Sistemas de Tareas.....	8
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	10
3.1 Agua potable.....	10
3.1.1 Propiedades.....	10
3.1.2 Importancia del agua potable.....	10
3.1.3 Calidad de agua .....	10
3.2. Abastecimiento de agua potable en zonas rurales .....	11
3.2.1 La importancia del agua potable en la salud y desarrollo rural .....	11
3.3. Normativa y Marco Legal Aplicable en Ecuador .....	12
3.3.1 Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua .....	12
3.4 Sistemas de Distribución de Agua Potable.....	12
3.4.1 Criterios de estudio preliminar .....	12
3.4.2 Componentes principales del sistema.....	13

3.5 Fuentes de Agua y Sistema de Captación.....	14
3.5.1 Fuentes superficiales.....	14
3.5.2 Fuentes subterráneas.....	14
3.5.3 Aguas pluviales.....	15
3.5.4 Protección sanitaria de la fuente.....	15
3.5.5 Medidas clave para la protección sanitaria.....	15
3.6 Sistema de Bombeo .....	16
3.6.1 Bomba de agua .....	16
3.6.2 Bomba centrífuga vertical .....	17
3.6.3 Bomba centrífuga multi-etapas y sus componentes .....	18
3.6.4 Ventajas de las bombas centrífugas.....	19
3.6.5 Inconvenientes de las bombas centrífugas.....	20
3.7 Línea de conducción.....	20
3.7.1 Tipos de tuberías y materiales .....	20
3.7.2 Criterios hidráulicos de diseño .....	21
3.8. Tipos de Redes.....	21
3.8.1 Redes de distribución ramificada. ....	22
3.8.2 Redes de distribución malladas .....	22
3.8.3 Red mixta.....	23
3.9. Modelación hidráulica en sistemas de distribución de agua potable.....	23
3.9.1 Parámetros esenciales .....	24
3.9.2 Ecuaciones y fórmulas principales .....	24
3.9.3 Ecuación de Hazen – Williams.....	25
3.9.4 Ecuación de continuidad y Bernoulli.....	25
3.9.5 Idealización sobre la modelación hidráulica .....	27
3.11 Técnicas de Simulación Hidráulica .....	27
3.11.1 Software utilizado (WaterGEMS) .....	28
3.11.2 Esqueletización de la red .....	28
3.11.3 Componentes de una red hidráulica.....	28
Tubería.....	28
Nodos.....	28
4 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS .....	29
4.1 Metodología.....	29

4.2 Esquema metodológico.....	30
4.3 Levantamiento de información.....	31
4.3.1 Área de estudio .....	31
4.4 NORMATIVAS APLICADAS .....	33
4.5 FASE DE DISEÑO .....	35
4.5.1 Calculo poblacional .....	36
4.5.3 Período de diseño y vida útil .....	37
4.5.4 Dotación y caudal de diseño.....	38
4.5.5 Caudales de diseño .....	39
4.5.6 Factor de fugas.....	40
4.5.7 Caudal medio ( $Q_m$ ).....	40
4.5.8 Factor de mayoración .....	41
4.5.9 Caudal máximo diario ( $Q_{md}$ ).....	41
4.5. 10 Caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ ).....	41
4.5.11 Dotación de contra incendios .....	42
4.5.12 Diseño de sistema de Bombeo.....	43
4.6.13 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento .....	51
4.6 DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN .....	53
4.7 Modelación de la red en WaterGems .....	56
5. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	57
5.1 Calculo sector 01 .....	57
5.2 Análisis Técnico de la estación de bombeo 01, y línea de impulsión .....	59
5.3 Rango de rendimiento.....	60
5.4 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento .....	62
5.5 Resultados del diseño de la red de distribución del sector 01. ....	64
5.5 Resultados sector 02 .....	68
5.7 Porcentaje de tiempo que la bomba está operando.....	71
5.8 Resultados del diseño de la red de distribución del sector 02. ....	73
5.9 Discusión de resultados .....	76
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	77
6.1 Conclusiones.....	77
6.2 Recomendaciones .....	78
5. REFERENCIAS .....	79

ANEXOS .....	85
Anexo 1 Evidencias técnicas de cada fase del procedimiento.....	85
Anexo 2: Entrevista .....	92
ANEXO 3 Diseño de sistema de Bombeo.....	95
Anexo 4: Cuadro de cantidades tramo 01.....	96
Anexo 5. Cuadro de cantidades tramo 02.....	97

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Red de distribución de agua potable [21].....	14
Figura 2 Fuentes de agua y sistema de captación [22] .....	14
Figura 3. Bomba de agua [27] .....	17
Figura 4. Bomba centrífuga vertical multietapa. [28] .....	18
Figura 5. Unidad de bombeo Horizontal [29].....	19
Figura 6. En la figura se observa el depósito, la tubería de alimentación y la red ramificada [32].....	22
Figura 7 Red mallada o reticulada [32] .....	23
Figura 8. Esquema de una red de distribución de agua potable de tipo mixta [32].....	23
Figura 9. Flujo de un fluido a través de una tubería: presión de entrada (P1), presión de salida (P2), longitud de la tubería (L) y velocidad del fluido (V). [34].....	24
Figura 10. Energías en una tubería de flujo a presión (sección constante en la izquierda; con estrechamiento en la derecha) [37].....	27
Figura. 11 Análisis diseño y gestión de sistemas [36].....	29
Figura 12 Esquema secuencial de las fases de diseño y componentes del sistema hidráulico.	30
Figura 13 Ubicación de área de estudio.....	32
Figura 14 Recolección de datos básicos para el diseño.....	35
Figura 15 Diseño del sistema de Bombeo .....	43
Figura 16 Diseño de la red de distribución.....	53
Figura 17 rango de rendimiento.....	61
Figura 18 Curva de eficiencia técnica de la electrobomba seleccionada. ....	61

Figura 19 Estado de las tuberías según vida útil, identificación de pérdidas de fuga se agua .	85
Figura 20 Inspección y diagnóstico del sistema de distribución de agua potable del Barrio Brazales .....	85
Figura 21 Entrevista con los moradores del barrio .....	85
Figura 22 Levantamiento planimétrico y altimétrico del sistema de agua potable. ....	86
Figura 23 Asignación de parámetros hidráulicos y demandas nodales Red 01 y Red 02 .....	88
Figura 24 Configuración del tanque 01 y tanque 02 de almacenamiento dentro del modelo hidráulico.....	89
Figura 25 Resultados de presión y velocidad en la red existente. ....	90
Figura 26 Modelación hidráulica del sistema rediseñado del Barrio Brazales.....	91
Figura 27 Diseño del sistema de Bombeo general .....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Modalidad De Titulación.....	1
Tabla 2 Campos de la ciencia y Tecnología UNESCO .....	1
Tabla 3. Nomenclatura Internacional UNESCO .....	5
Tabla 4. Sistema de Tareas del Plan de Titulación.....	8
Tabla 5 Parámetros específicos requeridos para cumplir con niveles de calidad de agua potable .....	10
Tabla 6 Principales fuentes de captación de agua (%) 2022 .....	15
Tabla 7 Ecuación de Darcy–Weisbach y Definición de sus Parámetros.....	25
Tabla 8 Ecuación de Continuidad y sus elementos básicos.....	25
Tabla 9 Coordenadas de estudio.....	31
Tabla 10 Datos principales del proyecto.....	33
Tabla 11 Vida útil referencial de los componentes del sistema .....	37
Tabla 12 niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos .....	38
Tabla. 13 dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.....	38
Tabla 14 Canales de diseño .....	39
Tabla 15 porcentajes de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua.....	40
Tabla 16 Coeficientes de mayoración de caudales según Norma CO 10.7-602.....	41
Tabla 17 Normas de diseño de agua pobla EPMAPS .....	54
Tabla 18 Proyecciones poblacionales y determinación de los caudales máximos para el sistema de agua potable. ....	58

Tabla 19. Parámetros técnicos del sistema de impulsión - Estación de Bombeo 01 .....	59
Tabla 20 Resumen técnico de volúmenes de almacenamiento y dimensionamiento del reservorio cilíndrico.....	62
Tabla 21 tuberías .....	64
Tabla 22 Nodos del sector 01 .....	66
Tabla 23 Resumen de parámetros demográficos y consolidado de caudales de diseño (sector 2).....	68
Tabla 24 Resumen de parámetros hidráulicos y balance energético del sistema de impulsión (sector 02).....	69
Tabla 25 Resumen de capacidades volumétricas y dimensionamiento físico del reservorio (sector 02).....	71
Tabla 26 tuberías .....	73
Tabla 27 Nodos del sector 02 .....	75
Tabla 28 Matriz comparativa de parámetros técnicos y metodológicos con estudios de referencia. ....	76
Tabla 29 Respuesta 1 de los moradores.....	92
Tabla 30 Respuesta 2de los moradores.....	92
Tabla 31 Respuesta 3 de los moradores.....	93
Tabla 32 Respuesta 4 de los moradores.....	93
Tabla 33 Respuesta 4 de los moradores.....	93
Tabla 34 (Sistema de bombeo y red de distribución) .....	96
Tabla 35 (Sistema de bombeo y red de distribución) .....	97

## ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Ecuación de Darcy–Weisbach .....	25
Ecuación 2 Estimación empírica de pérdida de carga (Hazen-Williams) .....	25
Ecuación 3 ecuación de Bernoulli .....	26
Ecuación 4 Método Aritmético o Lineal.....	36
Ecuación 5 Método Geométrico .....	36
Ecuación 6 Método Exponencial .....	36
Ecuación 7 Parámetros de Diseño: Caudal Medio ( $Q_m$ ).....	40
Ecuación 8 Caudal máximo diario ( $Q_{md}$ ).....	41
Ecuación 9 Caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ ).....	41
Ecuación 10 porcentaje de utilización de la bomba .....	44
Ecuación 11 Caudal de diseño.....	44
Ecuación 12 Cálculo del diámetro de la tubería .....	44
Ecuación 13 Cálculo de la velocidad en la tubería .....	45
Ecuación 14 Altura estática succión.....	45
Ecuación 15 Altura estática impulsión .....	46
Ecuación 16 Altura estática Total.....	46
Ecuación 17 Pérdidas por fricción (Darcy-Weisbach) .....	46
Ecuación 18 empírica de Hazen-Williams .....	47
Ecuación 19 pérdidas menores .....	47
Ecuación 20 Pérdidas totales en la línea de succión ( $H_{(p-suc)}$ ).....	48

Ecuación 21 Altura de velocidad.....	48
Ecuación 22 Altura dinámica de elevación .....	49
Ecuación 23 Altura manométrica total .....	49
Ecuación 24 Cálculo de potencia de la bomba .....	50
Ecuación 25 Caudales de diseño .....	51
Ecuación 26 Volumen de regulación.....	51
Ecuación 27 Tiempo de vaciado.....	52
Ecuación 28 Ecuación geométrica del tanque cilíndrico altura.....	52
Ecuación 29 Radio.....	52
Ecuación 30 Diámetro .....	52
Ecuación 31 empírica de Hazen-Williams .....	55
Ecuación 32 Cálculo de velocidades del flujo.....	55
Ecuación 33 Aplicación de la ecuación de Bernoulli .....	56

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

### 1.1. Tema del Proyecto:

Rediseño del sistema de distribución de Agua para el "Barrio Brazales"

### 1.2. Modalidad de Titulación:

Tabla 1 Modalidad De Titulación

MODALIDAD DE TITULACIÓN	HOMOLOGACIONES PARA INFORME FINAL DE TITULACIÓN	SELECCIÓN
Proyecto de investigación	Informe de Proyecto de investigación	X
	Artículo científico	
	Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual.	

### 1.3. Equipo del Trabajo de Titulación:

Cruz Veintimilla Oscar Miguel

**Tutor:** Ing. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete, MSc

### 1.4. Área de Conocimiento:

Tabla 2 Campos de la ciencia y Tecnología UNESCO

<b>07 ingeniería Industria y Construcción</b>	<b>073 arquitectura y Construcción</b>	<b>0732 construcción e Ingeniería Civil</b>
---	--	---

### 1.5. Línea de investigación:

Mereología, hidrología, mecánica de fluidos y sistemas obras hidráulicas.

### 1.6. Sublíneas de investigación de la Carrera:

Diseño y optimización de proyectos hidráulicos.

## 2. INTRODUCCIÓN

El acceso al agua constituye uno de los pilares fundamentales para el desarrollo humano, la salud pública y el progreso social de las comunidades. A lo largo de la historia, la disponibilidad de agua segura ha determinado la calidad de vida de la población, influyendo directamente en la prevención de enfermedades, el fortalecimiento de los sistemas productivos y el mejoramiento de las condiciones sanitarias. No obstante, a pesar de su importancia, una gran parte de las zonas rurales y periurbanas del Ecuador aún enfrenta dificultades significativas para acceder a este recurso en condiciones óptimas de cantidad, continuidad y calidad. [1]

En América Latina y el Caribe, los sistemas de abastecimiento de agua presentan serias limitaciones asociadas a un crecimiento urbano no planificado, falta de mantenimiento de las infraestructuras existentes y escasa inversión en estudios técnicos para el diseño y la operación de redes de distribución. Esta problemática se intensifica en comunidades rurales, donde los sistemas han sido construidos de manera empírica por los propios habitantes, sin considerar criterios hidráulicos, normativas técnicas ni proyecciones de crecimiento poblacional. Como consecuencia, se presentan fallas recurrentes como baja presión, pérdidas de agua, interrupciones del servicio y riesgos de contaminación, lo que repercute negativamente en la salud y el bienestar de la población. [2]

La carencia de servicios eficientes tiene una correlación directa con la salud pública. Datos de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) señalan que el consumo de agua insegura es uno de los principales vectores para la transmisión de enfermedades gastrointestinales y parasitarias en la región. En comunidades donde el suministro es intermitente, el riesgo de contaminación por intrusión de patógenos en las tuberías despresurizadas aumenta exponencialmente, convirtiendo a las redes de distribución en focos de infección en lugar de barreras sanitarias. [3]

El Ecuador no es ajeno a esta realidad. En diversas provincias se evidencia la presencia de sistemas de agua obsoletos, con redes deterioradas, diámetros inadecuados y ausencia de un diseño hidráulico formal. En este contexto, el Barrio Brazales, ubicado en el cantón Latacunga, constituye un ejemplo representativo de esta problemática. El constante aumento de la población en la zona durante el último período ha intensificado la presión sobre los recursos

hídricos, provocando que la infraestructura actual sea insuficiente para cubrir las necesidades de abastecimiento de forma eficiente.[4]

La gestión de este recurso se encuentra sujeta al cumplimiento del marco legal vigente, específicamente a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, la cual categoriza al agua como un patrimonio estratégico del Estado y un derecho esencial. Bajo esta normativa, es imperativo que el suministro se administre mediante criterios de equidad, eficiencia y sostenibilidad, con el fin último de garantizar el bienestar y el buen vivir de la ciudadanía. [5]. No obstante, la brecha existente entre este mandato legal y la infraestructura precaria en comunidades como el Barrio Brazales evidencia la urgencia de intervenciones técnicas que permitan alinear el servicio con las exigencias estatales de calidad y continuidad.

El sistema de distribución existente en el Barrio Brazales fue implementado sin estudios técnicos previos, utilizando materiales y diámetros que no responden a las condiciones reales de operación ni a la proyección de la población futura. Esta situación ha ocasionado una serie de inconvenientes, entre los que se destacan la baja presión en los puntos más alejados, la intermitencia del servicio, la presencia de fugas y la falta de mecanismos adecuados para el control y mantenimiento del sistema. Estas deficiencias afectan directamente la calidad de vida de los habitantes, quienes deben recurrir a soluciones improvisadas para suplir la falta de agua potable. [6]

Complementariamente a las falencias de infraestructura, la gestión operativa del sistema enfrenta debilidades críticas relacionadas con la ausencia de micro-medición y el desconocimiento de los índices reales de pérdidas. Según reportes del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) sobre indicadores ambientales, una problemática recurrente en las juntas rurales es la falta de tecnificación en el control de caudales, lo que deriva en altos volúmenes de 'agua no contabilizada' que comprometen la sostenibilidad financiera de la organización. En el caso de Brazales, esta carencia de gestión técnica impide la detección oportuna de fugas no visibles y dificulta la implementación de tarifas justas que aseguren el mantenimiento del servicio a largo plazo. [7]

Para mitigar esta problemática, es indispensable la aplicación de estrategias técnicas estandarizadas. La implementación de una metodología integral para el control de pérdidas en redes de distribución permite no solo recuperar volúmenes físicos de agua mediante la detección

activa de fugas, sino también optimizar la presión de servicio y prolongar la vida útil de la infraestructura. La adopción de estos procedimientos técnicos es clave para transformar sistemas empíricos en redes eficientes que garanticen la sostenibilidad del recurso hídrico. [8]

Adicionalmente, la ausencia de un sistema de almacenamiento adecuado y la inexistencia de una planificación hidráulica integral han incrementado la vulnerabilidad del sistema frente a situaciones de emergencia, tales como cortes prolongados del servicio, fallas en la línea de conducción o variaciones bruscas en la demanda. Todo ello evidencia la necesidad urgente de intervenir técnicamente en el sistema de distribución de agua del sector. [9]

Ante este escenario, el presente proyecto de titulación tiene como propósito fundamental el rediseño del sistema de distribución de agua del Barrio Brazales, mediante la aplicación de criterios técnicos actualizados y herramientas de modelación hidráulica. El estudio contempla el diagnóstico detallado del sistema actual, el levantamiento topográfico del área, la proyección de la demanda futura, la simulación hidráulica de la red existente y la formulación de una propuesta de rediseño que garantice un servicio continuo, eficiente y acorde a la normativa vigente. [10]

El uso de software especializado para la modelación hidráulica permitirá analizar el comportamiento real de la red bajo diferentes escenarios de operación, identificar tramos críticos y proponer soluciones técnicas viables que optimicen el funcionamiento del sistema. De esta manera, se busca no solo mejorar la eficiencia hidráulica, sino también fortalecer la gestión del recurso hídrico en el sector, promoviendo prácticas sostenibles que aseguren el abastecimiento de agua a largo plazo. [11]

Finalmente, esta investigación aspira a convertirse en una herramienta de apoyo para las autoridades locales y la comunidad, contribuyendo a la toma de decisiones informadas y a la ejecución de proyectos que impacten positivamente en el desarrollo social y sanitario del Barrio Brazales. El rediseño propuesto permitirá mejorar la calidad de vida de la población, reducir los riesgos sanitarios asociados al consumo de agua en condiciones inadecuadas y fomentar una cultura de uso responsable y sostenible del recurso hídrico. [12]

## **2.1 Situación Problemática**

El acelerado y desorganizado crecimiento poblacional en el Barrio Brazales ha superado la capacidad operativa de la red de distribución de agua, ocasionando fallas significativas en la

provisión del servicio. Esta situación afecta de forma directa a la población más vulnerable, comprometiendo su salud, bienestar y desarrollo digno, debido a la falta de acceso continuo y seguro al agua. De acuerdo con informes del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) y del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, más del 25% de los sectores urbanos periféricos del país enfrentan limitaciones serias en la cobertura de agua, lo que repercute negativamente en su calidad de vida.

En el caso de Brazales, la problemática pone en evidencia la carencia de una planificación técnica adecuada y de un mantenimiento eficiente de la infraestructura hidráulica, a pesar de las acciones emprendidas por diversos programas públicos. A esto se suma la necesidad urgente de contar con datos actualizados sobre el desempeño de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) en relación con sus funciones en agua y saneamiento. El análisis estadístico de los registros administrativos, en colaboración con entidades como ARCA, AME, BDE e INEC, [13] permite identificar el estado real del servicio y dar seguimiento a las políticas y metas establecidas en los planes de desarrollo tanto nacionales como internacionales.

## **2.2 Formulación del problema**

El sistema del Barrio Brazales es deficiente por la falta de presión hidráulica y la ausencia de almacenamiento. La infraestructura empírica actual ha cumplido su vida útil, ocasionando intermitencia, fugas constantes e incapacidad técnica para satisfacer el crecimiento de la población, esta situación repercute de forma negativa en el bienestar integral y las condiciones de salubridad de los hogares de la zona, limitando sus posibilidades de desarrollo y afectando su salud pública.

## **2.3 Objetivo y Campo de Acción**

### **2.3.1 Objetivo de Investigación**

Rediseño del sistema de distribución de agua

### **2.3.2 Campo de acción**

Tabla 3. Clasificación Internacional de la Unesco

---

<b>3305 tecnología de Construcción</b>	
<b>3305.06</b>	Ingeniería Civil

---

## **2.4 Beneficiarios**

### **2.4.1 Directo**

Los beneficiarios actualmente son 3860 habitantes que constituyen el Barrio Brazales.

### **2.4.2 Indirecto**

Personas que habitan en sectores colindantes al Barrio.

## **2.5 JUSTIFICACIÓN**

La realización de este estudio responde a múltiples motivaciones de carácter personal, académico, laboral y social. A nivel personal, existe un compromiso genuino con mejorar la calidad de vida de las comunidades vulnerables, especialmente aquellas que enfrentan deficiencias básicas como el acceso al agua. Esta problemática afecta directamente la salud, el bienestar y el desarrollo digno de las personas, lo que motiva una intervención responsable y técnica.

Desde el punto de vista académico, este proyecto permite aplicar conocimientos teóricos sobre hidráulica, diseño de redes, sostenibilidad y gestión de recursos, fortaleciendo así las competencias profesionales adquiridas durante la formación. En el ámbito metodológico, el estudio representa una oportunidad para implementar herramientas técnicas de diagnóstico, simulación y rediseño de sistemas de distribución, permitiendo una experiencia práctica valiosa y aplicable a contextos reales.

Laboralmente, este tipo de iniciativas refuerzan la capacidad para resolver problemas estructurales en infraestructuras básicas, mejorando la empleabilidad y el perfil profesional en el área de ingeniería sanitaria y civil. Finalmente, desde el enfoque social, contribuir a una solución que garantice el acceso al agua es una responsabilidad ética y profesional, especialmente en zonas como el Barrio Brazales, donde la expansión rural ha superado la capacidad de la red existente.

## **2.6 OBJETIVOS**

### **2.6.1 General**

Determinar el sistema de distribución de agua del barrio Brazales mediante software hidráulico especializado, con el propósito de mejorar la eficiencia del servicio garantizando una cobertura adecuada y asegurando el abastecimiento continuo para la población.

### **2.6.2 Específicos**

- ✓ Analizar la información existente del sistema actual y del área de influencia incluyendo datos poblacionales, de consumo, hidráulicos y de infraestructura, para establecer el diagnóstico técnico del sistema.
- ✓ Realizar un levantamiento topográfico del área de estudio utilizando equipos de medición georreferenciada, para obtener los parámetros altimétricos y planimétricos necesarios para el rediseño hidráulico.
- ✓ Diseñar el sistema de distribución de agua optimizado mediante el uso de software especializado considerando proyecciones de demanda, condiciones topográficas y criterios técnicos, con el propósito de garantizar un suministro eficiente, continuo y seguro.

## 2.7 Sistemas de Tareas

Tabla 4. Sistema de Tareas del Plan de Titulación

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Actividades (tareas)</b>	<b>Alcances proyectados</b>	<b>Instrumentación y Recursos para el Relevamiento Técnico</b>
-Analizar la información existente del sistema actual y del área de influencia incluyendo datos poblacionales, de consumo, hidráulicos y de infraestructura, para establecer el diagnóstico técnico del sistema	- Recolección de datos históricos y actuales del sistema de agua.	Diagnóstico técnico detallado del sistema actual.	-Recolección de información. -Revisión documental /entrevistas, encuestas
	- Recolección de datos in situ.	- Base de datos consolidada y actualizada.	- Software de modelación hidráulica (EPANET, WaterCAD, etc.). - Análisis documental y estadístico.
	- Estudio de crecimiento poblacional y proyección de demanda y - Evaluación de la infraestructura hidráulica instalada.	- Identificación de deficiencias y oportunidades de mejora.	- Visitas técnicas al sitio.
-Realizar un levantamiento topográfico del área de estudio utilizando equipos de medición georreferenciada, para obtener los parámetros altimétricos y planimétricos necesarios para el rediseño hidráulico.	- Planificación del levantamiento topográfico.	- Plano topográfico georreferenciado del área de estudio.	- Equipos GPS diferencial y estación total.
	- Recolección de datos altimétricos y planimétricos con GPS diferencial y estación total.	- Curvas de nivel y perfiles longitudinales y transversales.	- Software de procesamiento topográfico (AutoCAD Civil 3D, TopoSurv, etc.).

	-Procesamiento de datos topográficos.	- Base para el rediseño hidráulico.	Técnicas de georreferenciación.
-Diseñar el sistema de distribución de agua optimizado mediante el uso de software especializado considerando proyecciones de demanda, condiciones topográficas y criterios técnicos, con el propósito de garantizar un suministro eficiente, continuo y segura	- Determinar la demanda futura de agua con base en proyecciones poblacionales.	- Diseño hidráulico optimizado del sistema de distribución.	AutoCAD Civil 3D o similar para planos. - Datos topográficos y demográficos. - Técnicas de simulación -hidráulica y análisis de escenarios.
	-Analizar la topografía del área de influencia. - Definir criterios técnicos y normativos de diseño hidráulico.	- Modelo digital del sistema con nodos, tuberías, presiones y caudales. - Memoria técnica justificativa del diseño.	- AutoCAD Civil 3D o similar para planos.
	-Modelar el sistema de distribución en software especializado.	Software de modelación hidráulica (WaterGEMS).	- Datos topográficos y demográficos.

### 3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 3.1 Agua potable

Se considera como suministro apto para la ingesta a aquel recurso hídrico que garantiza la inexistencia de agentes biológicos infecciosos o componentes químicos nocivos para el organismo, cumpliendo además con características sensoriales que aseguren su plena aceptabilidad por parte del usuario. [14]

##### 3.1.1 Propiedades

En el agua, ya sea esta cruda o potable, existen características que propias de estas nos permiten clasificarla o distinguirla de otros líquidos y sustancias existentes. [15]

##### 3.1.2 Importancia del agua potable

El agua potable es fundamental porque permite mantener la vida y preservar la salud de la población. Su consumo adecuado ayuda a prevenir enfermedades, especialmente aquellas transmitidas por el agua contaminada. Además, es un recurso indispensable para la higiene personal, la preparación de alimentos y el desarrollo de actividades diarias tanto en el hogar como en otros ámbitos sociales y productivos. [8]

##### 3.1.3 Calidad de agua

La administración eficaz de los caudales hídricos resulta determinante para garantizar la salubridad y el abastecimiento poblacional. Debido a que la infiltración de agentes infecciosos, elementos sintéticos o partículas metálicas tóxicas representa un riesgo epidemiológico latente, se vuelve imperativo fomentar una gobernanza sustentable del recurso. Esto implica mitigar tanto el agotamiento de las fuentes como su degradación ambiental, factores que actualmente comprometen la seguridad hídrica a escala internacional. [16]

Tabla 5 Criterios técnicos y estándares de cumplimiento para garantizar la salubridad del suministro hídrico

Parámetro	Unidad	Límite máximo permitido
<b>Características físicas</b>		
<b>Color</b>	Unidades de color aparente (Pt-Co)	15
<b>Turbiedad</b>	NTU	5
<b>Olor</b>	—	No objetable
<b>Sabor</b>	—	No objetable
<b>Inorgánicos</b>	Mg/L	No objetable
<b>Antimonio (Sb)</b>	Mg/L	0,02

<b>Arsénico (As)</b>	Mg/L	0,01
<b>Bario (Ba)</b>	Mg/L	0,7
<b>Boro (B)</b>	Mg/L	0,5
<b>Cadmio (Cd)</b>	Mg/L	0,003
<b>Cianuros (CN<sup>-</sup>)</b>	Mg/L	0,07
<b>Cloro libre residual</b>	Mg/L	0,3 – 1,5
<b>Cobre (Cu)</b>	Mg/L	2,0
<b>Cromo (Cr)</b>	Mg/L	0,05
<b>Fluoruros</b>	Mg/L	1,5
<b>Manganeso (Mn)</b>	Mg/L	0,4
<b>Mercurio (Hg)</b>	Mg/L	0,006
<b>Níquel (Ni)</b>	Mg/L	0,07
<b>Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	Mg/L	50
<b>Nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)</b>	Mg/L	0,2
<b>Plomo (Pb)</b>	Mg/L	0,01
<b>Selenio (Se)</b>	Mg/L	0,01
<b>Radiactividad</b>		
<b>Radiación alfa total</b>	Bq/L	0,1
<b>Radiación beta total</b>	Bq/L	1,0

Fuente: Norma técnica Ecuatoriana [17]

### 3.2. Abastecimiento de agua potable en zonas rurales

El abastecimiento rural se fundamenta en el aprovechamiento de fuentes naturales y tecnologías apropiadas, operadas bajo un modelo de gestión comunitaria descentralizada. A pesar de desafíos como la dispersión poblacional y riesgos de contaminación, la participación local resulta clave para la sostenibilidad financiera y operativa. La integración de innovaciones de bajo costo y sistemas de monitoreo permite optimizar el servicio, garantizando así la salud pública y el desarrollo integral de estas comunidades. [15]

#### 3.2.1 La importancia del agua potable en la salud y desarrollo rural

La disponibilidad de suministros hídricos seguros constituye un pilar imprescindible para la supervivencia humana y el desarrollo integral, debido a que permite el correcto funcionamiento del organismo y la prevención de diversas enfermedades. Además, facilita la nutrición, la higiene y la regulación de la temperatura corporal. En el ámbito rural, el agua segura mejora la calidad de vida de la población. También impulsa la producción agrícola y ganadera. De esta manera, contribuye a reducir la pobreza y a fortalecer el desarrollo sostenible de las comunidades. [18]

### **3.3. Normativa y Marco Legal Aplicable en Ecuador**

El marco legal vigente se sustenta en la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, cuerpo normativo promulgado en el Segundo Suplemento del Registro Oficial N.º 305,6 con fecha de agosto de 2014, el cual establece las directrices para la gestión del patrimonio hídrico nacional

#### **3.3.1 Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua**

Los recursos hídricos pertenecen al patrimonio nacional del Estado, y serán de su competencia exclusiva, dando régimen de dominio público y sector estratégico, por ende, su gestión y control será concurrente entre el Gobierno central y los gobiernos Autónomos Descentralizados, de conformidad con la Constitución y la presente ley. [19]

#### **3.4 Sistemas de Distribución de Agua Potable**

El boceto de un sistema de agua potable requiere el análisis previo de las características del lugar donde se implementará. Entre los aspectos más importantes se consideran la topografía, el tipo de suelo, el tamaño de la población y sus patrones de consumo. A partir de esta información, se selecciona el tipo de sistema más adecuado, que contempla la fuente de atracción, la habilidad de las tuberías, la configuración de la red de repartición, las unidades de tratamiento y las estaciones de bombeo necesarias. Estos elementos en conjunto conforman la estructura del sistema de abastecimiento de agua. [20]

##### **3.4.1 Criterios de estudio preliminar**

- **Configuración y condiciones de la propiedad:** Se consideran los diferidos, alturas y la estabilidad del suelo para definir las rutas más adecuadas de las tuberías y la ubicación de reservorios y estaciones de bombeo.
- **Disponibilidad de recursos hídricos:** Se evalúan las fuentes de agua tanto superficiales (ríos y lagos) como subterráneas (pozos y acuíferos), tomando en cuenta su calidad y el volumen disponible.
- **Población y niveles de consumo:** Con base en el número actual y proyectado de habitantes, se calculan las demandas diarias de agua, lo que permite dimensionar correctamente tuberías, tanques y equipos de bombeo.

- **Aspectos socioeconómicos y culturales:** Se analizan las costumbres de uso del agua, las normativas locales y las prácticas tradicionales que influyen en los patrones de consumo. [20]

### 3.4.2 Componentes principales del sistema

- **Fuentes de abastecimiento:** El suministro de agua puede provenir de fuentes subterráneas, como pozos y acuíferos, o de fuentes superficiales, como ríos, lagos y embalses.
- **Tuberías principales y secundarias:** Son los conductos que conectan la fuente de captación con las plantas de tratamiento, los tanques de almacenamiento y la red de distribución. Su diseño se realiza considerando el caudal de proyecto, la velocidad de circulación y las presiones requeridas.
- **Red de distribución:** La distribución hidráulica es un elemento fundamental de cualquier sistema de suministro de agua potable. Esta red está conformada por una serie de tuberías, válvulas, bombas y otros dispositivos que llevan el agua desde las plantas de tratamiento hasta los hogares, negocios e industrias. La confiabilidad de esta red es fundamental con el fin de asegurar la entrega del recurso bajo estándares de bioseguridad óptimos para los beneficiarios finales [21]

Sistema de conducción compuesto por una trama de tuberías y elementos de control, cuya función es desplazar el recurso hídrico desde el reservorio hasta los usuarios finales. Su función es garantizar un suministro continuo, con caudal suficiente y presión adecuada para las necesidades básicas.

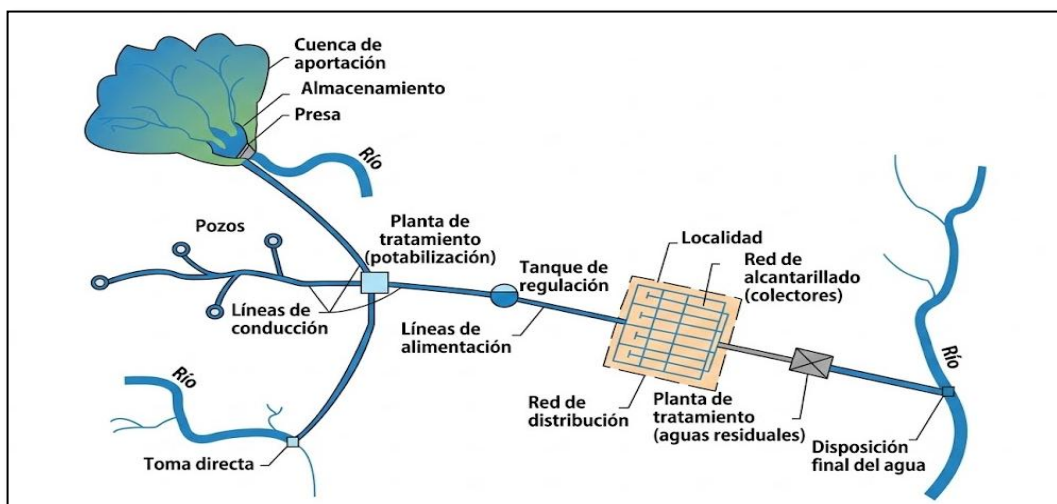


Figura 1. Red de distribución de agua potable [21]

### 3.5 Fuentes de Agua y Sistema de Captación

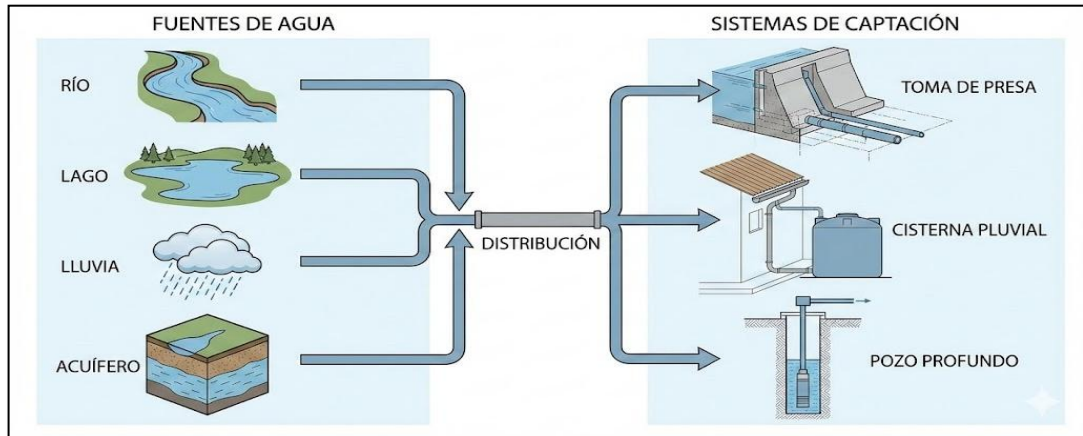


Figura 2 Fuentes de agua y sistema de captación [22]

#### 3.5.1 Fuentes superficiales

Las aguas superficiales comprenden todas aquellas masas hídricas ubicadas sobre la corteza terrestre, tales como ríos, lagos, embalses, arroyos y estanques. Debido a que se encuentran visibles y son de fácil acceso, constituyen un recurso esencial para el suministro de agua potable a las poblaciones, además de ser clave para labores agrícolas de riego y actividades recreativas. [22]

#### 3.5.2 Fuentes subterráneas

Se conoce como agua subterránea porque está localizada en el subsuelo, específicamente en formaciones geológicas conocidas como acuíferos. Estos estratos de roca permeable tienen la capacidad de retener volúmenes significativos de agua, cuya explotación se realiza principalmente a través de pozos. Dicho proceso es vital para garantizar el suministro potable, así como para satisfacer la demanda de los sectores agrícola e industrial. [23]

En Ecuador, hay numerosas fuentes de agua cruda. Según INEC (2022), se contabilizan 1.290 fuentes de agua utilizadas por la población para su abastecimiento. [24]

Tabla 6 Principales fuentes de captación de agua (%) 2022

Tipo de Fuente	Número de fuentes	%
<b>Fuente Superficial</b>	<b>583</b>	<b>49 %</b>
<b>Quebrada</b>	258	21,6 %
<b>Río</b>	177	14,8 %
<b>Arroyos</b>	63	5,3 %
<b>Esteros</b>	45	3,8 %
<b>Embalse o Canal</b>	32	2,7 %
<b>Lago</b>	8	0,7 %
<b>Fuente Subterráneo</b>	<b>614</b>	<b>51%</b>
<b>Pozo</b>	356	29,7 %
<b>Vertientes</b>	241	20,1 %
<b>Manantiales</b>	12	1 %
<b>Galerías</b>	5	0,4 %
<b>Total, Fuentes</b>	<b>1.197</b>	<b>100%</b>

Fuente: Base de datos interinstitucional (AME-INEC-ARCA-BDE) sobre gestión hídrica y saneamiento. [24]

### 3.5.3 Aguas pluviales

Su procedencia varía entre el deshielo de glaciares, capas de hielo y precipitaciones, manifestándose en llanuras aluviales sujetas a inundaciones fluviales. Estas zonas funcionan como reservorios naturales que equilibran los ecosistemas costeros y recargan los acuíferos; asimismo, el agua puede captarse en cisternas para conservar la humedad del suelo. [25]

### 3.5.4 Protección sanitaria de la fuente

La protección sanitaria de las fuentes de agua se basa en prevenir su contaminación desde el origen y durante la captación, ya sea en ríos, manantiales o acuíferos. Para ello se promueve el cuidado de las cuencas, el control de vertidos y el manejo adecuado de residuos con participación comunitaria. Estas acciones reducen enfermedades y los costos de tratamiento del agua.

### 3.5.5 Medidas clave para la protección sanitaria

**Conservación de la cuenca:** Mantener la cobertura vegetal y el buen estado del suelo en las zonas de captación favorece la infiltración del agua y reduce el arrastre de contaminantes.

**Control de vertidos:**

- **Aguas residuales:** Evitar la descarga directa de aguas provenientes de cocinas, baños y lavanderías en fuentes naturales.
- **Residuos:** Disponer la basura en recipientes adecuados y no arrojar desechos peligrosos como aceites, pinturas o combustibles en ríos y quebradas.
- **Agroquímicos:** Reducir el uso de fertilizantes y pesticidas en áreas cercanas a las fuentes de agua. [26]

### 3.6 Sistema de Bombeo

Los sistemas de bombeo están integrados por equipos destinados a trasladar agua desde sus fuentes hasta las zonas de consumo, generando la presión necesaria para su conducción mediante bombas especializadas. Su diseño considera factores como la ubicación de la estación y la selección adecuada de bombas centrífugas. Estos sistemas permiten captar agua de pozos, ríos o acuíferos y conducirla hacia tanques, redes de distribución o directamente a los usuarios. Además, pueden variar desde pequeños equipos domésticos hasta grandes infraestructuras utilizadas en abastecimiento urbano, riego y aplicaciones industriales. [27]

Una estación de bombeo constituye un sistema integrado cuya finalidad es la impulsión y transferencia de caudales hídricos. Dicha infraestructura resulta vital en diversos ámbitos operativos, que abarcan desde el abastecimiento de agua segura para la población hasta la gestión de redes de riego y la evacuación de efluentes residuales

#### Mecanismos

Los sistemas de bombeo funcionan mediante la integración de varios componentes que permiten transportar el agua potable de forma segura y eficiente. Las bombas, como elemento central, impulsan el flujo, al tiempo que los conductos de aspiración y descarga canalizan el fluido desde el punto de origen hacia la red de entrega. Por su parte, el pozo de succión y el conjunto de válvulas regulan el inicio y control del caudal. Finalmente, el depósito de descarga almacena el agua antes de su distribución.

#### 3.6.1 Bomba de agua

Las bombas de agua se diseñan con un alto nivel de especialización según la función que deben cumplir y por ello son indispensables en hogares, comercios e industrias, ya que permiten trasladar agua de un punto a otro. Para lograr la succión y posterior descarga del fluido, la

bomba debe generar variaciones rápidas de presión dentro del sistema. El modo en que cada bomba produce este cambio de presión determina su utilidad en determinadas aplicaciones. Para ello, emplean distintos mecanismos y movimientos que facilitan el desplazamiento del agua a través del sistema. [27]



Figura 3. Bomba de agua [27]

Las bombas de agua funcionan mediante la rotación de sus componentes internos, lo que permite sellar secciones dentro de la cámara y generar variaciones de presión para desplazar el fluido.

### **3.6.2 Bomba centrífuga vertical**

Una bomba está conformada básicamente por dos elementos: el impulsor o rotor, encargado de imprimir movimiento al fluido, y la carcasa, que guía el líquido hacia el impulsor y lo conduce posteriormente por el difusor, aumentando su presión. El rotor se encuentra acoplado a un eje soportado por cojinetes y accionado por un motor mediante un acoplamiento rígido o flexible. La carcasa dispone de zonas de succión y de descarga, además de sostener los cojinetes y alojar el impulsor. Para impedir pérdidas de fluido al exterior, se incorporan sellos mecánicos alrededor del eje. El motor, usualmente eléctrico, suministra la energía que permite el funcionamiento del sistema.

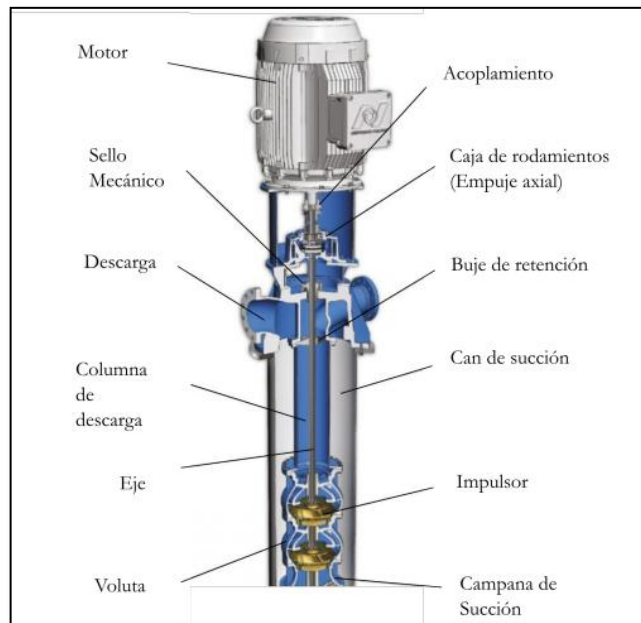


Figura 4. Bomba centrífuga vertical multietapa. [28]

El líquido entra al impulsor, donde los álabes le transmiten movimiento rotacional desde la zona de succión hacia la de impulsión. Al avanzar por los canales formados entre las paletas, el fluido aumenta su velocidad y presión. Luego pasa al difusor o voluta, donde parte de la energía cinética se convierte en presión. La geometría en espiral y sección creciente permite reducir la velocidad del agua. Finalmente, el fluido es conducido hacia la tubería de descarga con mayor presión. [28]

### 3.6.3 Bomba centrífuga multi-etapas y sus componentes

Están conformadas por los siguientes componentes:

**Bomba centrífuga multietapa:** Donde cada etapa incluye un impulsor móvil accionado por el eje y un difusor fijo, siendo el número de etapas definido según los requerimientos de operación.

**Motor eléctrico:** Integrado por rotor y estator, suministra la energía necesaria para el giro del eje de la bomba.

**Acoplamiento mecánico:** Enlaza el motor con la cámara de empuje, transmitiendo el torque y absorbiendo esfuerzos axiales, además de facilitar el cambio del sello mecánico sin desmontar los equipos.

**Cámara de empuje:** Soporta los sellos mecánicos y mejora la confiabilidad del sistema.

**Sello mecánico:** Evita fugas del fluido. [29]

**Variador de frecuencia:** Regula la velocidad del motor.

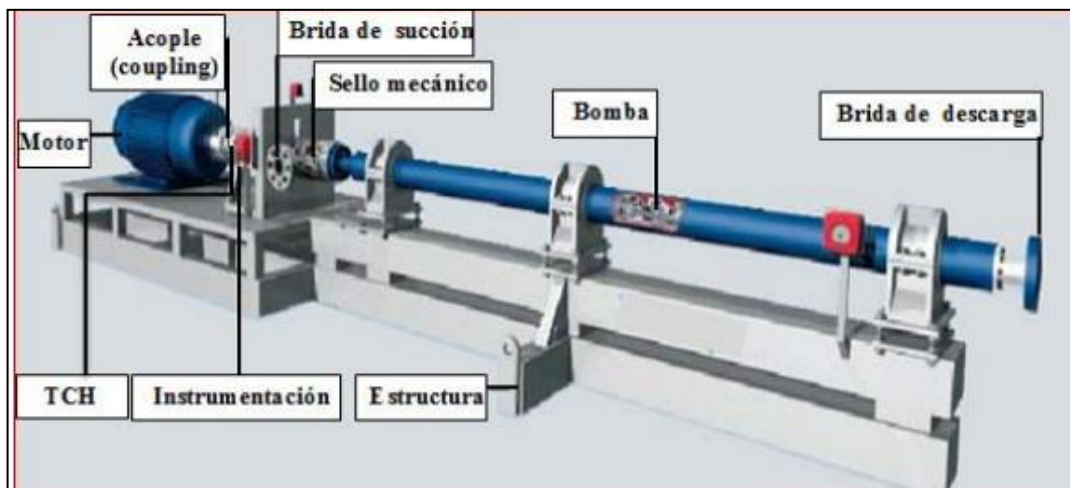


Figura 5. Unidad de bombeo Horizontal [29]

La categorización de los equipos centrífugos en función de su aspiración se divide en dos tipologías: de entrada, única y de entrada doble. En la primera (aplicable a configuraciones tanto verticales como horizontales), el caudal ingresa de manera axial al eje por un flanco del rodete. Por el contrario, en los sistemas de succión doble exclusivos de montajes horizontales el fluido se distribuye axialmente hacia ambos centros del impulsor, logrando finalmente una.

### 3.6.4 Ventajas de las bombas centrífugas.

- Simplicidad estructural: Poseen una configuración mecánica básica con componentes móviles reducidos, lo que se traduce en una mayor durabilidad operativa.
- Flexibilidad en la regulación: El flujo puede gestionarse con facilidad actuando sobre la válvula de admisión o mediante la variación de la velocidad de giro.
- Compatibilidad con altas velocidades: Su diseño permite operar a regímenes de rotación elevados, facilitando el acoplamiento directo con motores eléctricos o turbinas.
- Seguridad intrínseca: La arquitectura del equipo integra una limitación de presión natural, prescindiendo de dispositivos de alivio o válvulas de seguridad adicionales.
- Dinámica de funcionamiento estable: Presentan un rodaje equilibrado debido a la ausencia de componentes oscilantes, garantizando una marcha suave.
- Flujo constante y versatilidad: Aseguran un desplazamiento de fluidos libre de variaciones de presión (pulsaciones) y permiten el tránsito de partículas sólidas en suspensión.
- Eficiencia en alta escala: Son idóneas para regímenes de gran potencia, ofreciendo un alto rendimiento en dimensiones compactas. [29]

### 3.6.5 Inconvenientes de las bombas centrífugas

- Cebado externo: Carecen de capacidad autocebante (excepto modelos periféricos).
- Riesgo de cavitación: Vulnerables ante altas temperaturas o bajas presiones de succión.
- Flujo variable: El caudal depende directamente de la altura de impulsión.
- Diseño multietapa: Requieren varios impulsores para alcanzar presiones elevadas. [29]

### 3.7 Línea de conducción

Se trata de un sistema integrado por tuberías, válvulas y accesorios como codos y tes que permite conducir agua u otros fluidos desde una fuente de captación, ya sea un manantial, río o embalse, hasta áreas de almacenamiento o distribución, generalmente a largas distancias. Este sistema asegura el mantenimiento de las condiciones de calidad, caudal y presión requeridas. Su funcionamiento puede ser por gravedad cuando existe desnivel favorable, o mediante bombeo cuando es necesario elevar el fluido.

#### 3.7.1 Tipos de tuberías y materiales

##### Materiales metálicos

- **Acero:** Ampliamente empleado en conducciones de gran diámetro para el transporte de agua, gas o petróleo; puede ser al carbono, inoxidable o aleado, y suele galvanizarse para aumentar su durabilidad.
- **Hierro fundido:** Utilizado tradicionalmente en redes de agua por su alta resistencia mecánica, aunque presenta mayor peso.
- **Cobre:** Común en tuberías de servicio y suministro, destaca por su resistencia a la corrosión.

##### Materiales plásticos y polímeros

- **Polietileno (PE):** Material flexible y resistente a la corrosión, especialmente el PEAD para agua potable.
- **PVC:** Ligero y de bajo costo, empleado en sistemas de conducción y drenaje.
- **PEX:** Ofrece mayor tolerancia a temperatura y presión que el PE convencional.
- **PPR:** Adecuado para agua fría y caliente debido a su alta resistencia térmica.
- **Multicapa:** Combina capas plásticas y metálicas, generalmente aluminio, para mejorar sus propiedades mecánicas y térmicas. [30]

### 3.7.2 Criterios hidráulicos de diseño

La selección de materiales para tuberías depende de las condiciones operativas del fluido. En grandes conducciones se prioriza la resistencia del acero y hierro fundido, mientras que el cobre es común en conexiones domiciliarias. Para redes de agua potable, destacan polímeros como el PEAD por su resistencia a la corrosión, y el PVC o PPR por su costo-eficiencia. Finalmente, las tuberías multicapa combinan plástico y aluminio, optimizando las propiedades mecánicas y térmicas del sistema.

#### Criterios generales de diseño

- **Caudal (Q):** representa el volumen de agua que circula por el conducto y define sus dimensiones.
- **Velocidad (V):** debe ser lo suficientemente alta para evitar la acumulación de sedimentos, pero sin provocar desgaste en las tuberías.
- **Diámetro (D):** influye directamente en la capacidad de transporte y en las velocidades del flujo.
- **Rugosidad (n):** depende del material del conducto y afecta la pérdida de energía por fricción.
- **Pendiente (S):** permite mantener el flujo continuo y puede reducirse al aumentar el diámetro.
- **Tensión tractiva ( $\tau$ ):** corresponde a la fuerza mínima necesaria para movilizar partículas sedimentadas. [31]

### 3.8. Tipos de Redes

Las redes de distribución de agua potable en zonas urbanas y rurales suelen desarrollarse como respuesta a un crecimiento poblacional desordenado y poco planificado. Su diseño depende en gran medida de la topografía del terreno y de la estructura urbana del sector. Además, estas redes deben considerar necesidades adicionales, como la provisión de agua para control de incendios y para el riego de áreas verdes y espacios públicos.

Actualmente, los sistemas de distribución de agua potable se organizan principalmente en 3 tipos de redes. Estas son las redes ramificadas (también conocidas como arboladas o en espinas de pescado), las malladas o en cuadrícula, y las redes mixtas, que combinan características de los sistemas ramificados y mallados. [32]

### 3.8.1 Redes de distribución ramificada.

La red ramificada está formada por una tubería principal de la cual se derivan ramales secundarios de menor diámetro. El agua llega a cada punto por un único recorrido, por lo que una falla puede dejar sin servicio a zonas completas. Este sistema se recomienda solo para áreas rurales o poblaciones pequeñas, y requiere purgas para evitar el estancamiento del agua. [32]

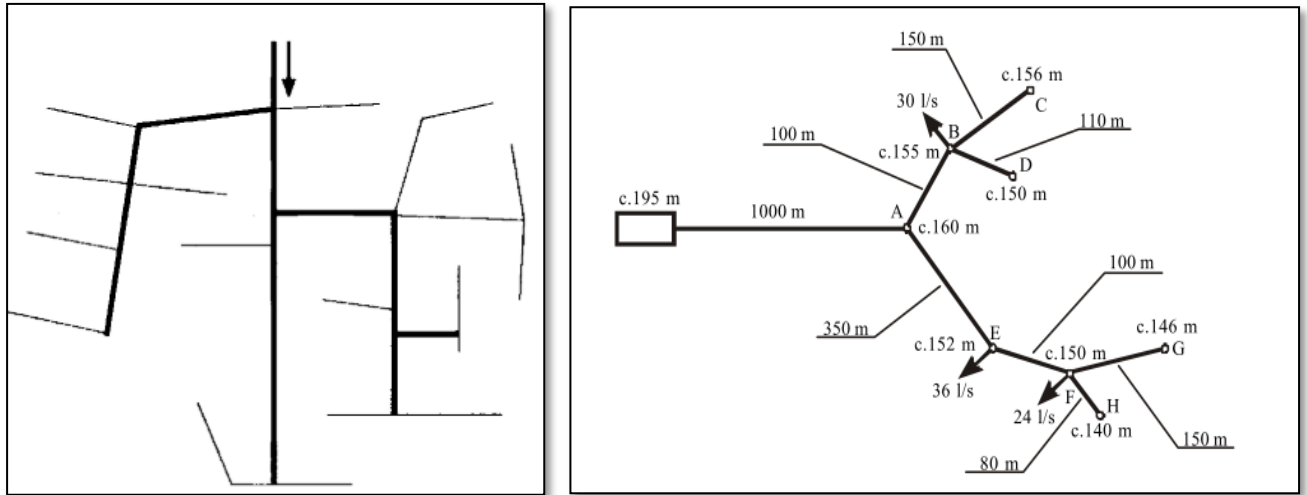


Figura 6. En la figura se observa el depósito, la tubería de alimentación y la red ramificada [32]

En este tipo de redes, el suministro de agua llega a cada nodo a través de una única tubería, lo que simplifica su análisis en comparación con las redes malladas. Sin embargo, a diferencia de los otros dos sistemas de distribución mencionados, presentan ciertas desventajas, entre ellas:

- Posibilidad de que el agua permanezca estancada en algunos tramos.
- La distribución hacia los puntos finales solo ocurre en una dirección.
- Menor eficiencia en los procesos de desinfección en sectores donde el consumo es reducido. [32]

### 3.8.2 Redes de distribución malladas

En las redes reticuladas, los ramales se interconectan formando mallas que permiten que el agua llegue a un punto por varios recorridos. Aunque puede generarse incertidumbre en el sentido del flujo, este sistema asegura el abastecimiento aun cuando exista una avería. El tramo afectado puede aislarse mediante válvulas estratégicamente ubicadas. El tamaño de estas zonas depende de la importancia de la población y del impacto de la falta de suministro.

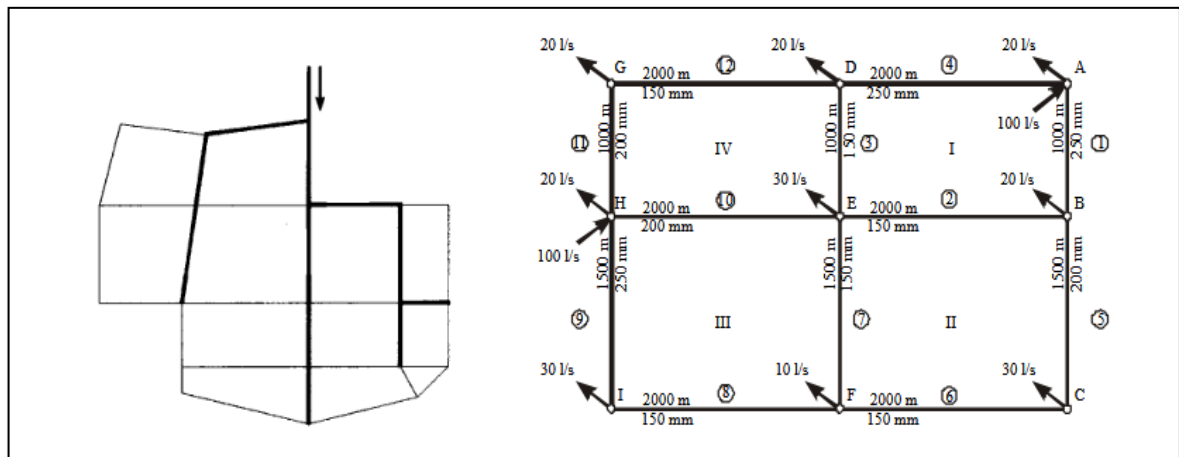


Figura 7 Red mallada o reticulada [32]

### 3.8.3 Red mixta

Las redes mixtas combinan elementos de las redes malladas con tramos ramificados que funcionan como subsistemas independientes. Este tipo de configuración integra tanto las ventajas como las limitaciones de ambos modelos, ya que ofrece mayor continuidad del servicio gracias a las mallas, pero también puede presentar puntos con menor flexibilidad hidráulica propios de las redes ramificadas. Su diseño suele emplearse en zonas donde las condiciones topográficas o urbanas requieren soluciones intermedias entre ambos sistemas.

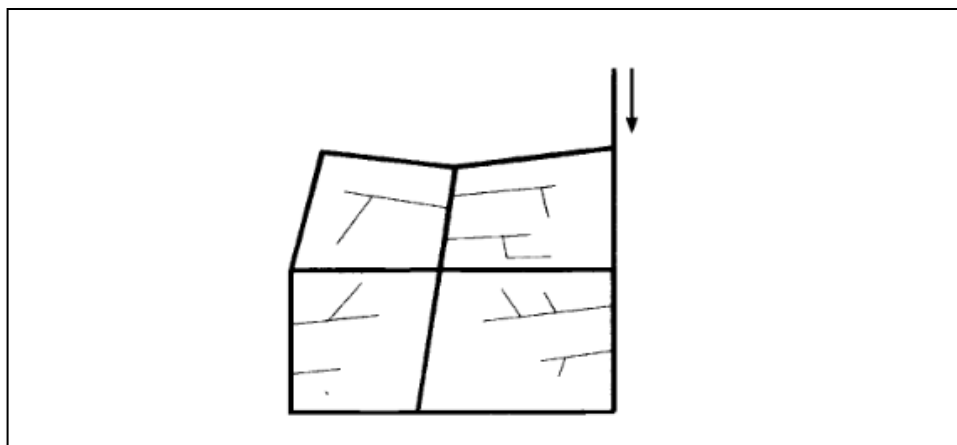


Figura 8. Esquema de una red de distribución de agua potable de tipo mixta [32]

### 3.9. Modelación hidráulica en sistemas de distribución de agua potable

La modelación hidráulica constituye un instrumento fundamental para el estudio y diseño de sistemas de repartición de agua, al permitir generar simulaciones computacionales que representan y predicen el comportamiento hidráulico de la red bajo condiciones específicas.

El modelado hidráulico se fundamenta en los principios de la mecánica de fluidos, integrando teoremas de conservación de masa y energía (Bernoulli), junto con expresiones para el cálculo de pérdidas de carga como las de Hazen-Williams y Darcy-Weisbach. [33]

La estimación de caudales, presiones y pérdidas de carga en sistemas hidráulicos se basa en ecuaciones como Darcy-Weisbach y Hazen-Williams, que calculan la fricción del flujo según la longitud, diámetro, rugosidad y velocidad en las tuberías.

### 3.9.1 Parámetros esenciales

**Caudal (Q):** Es el conjunto de fluido que corre por un punto en una estación determinado y se relaciona directamente con la presión y las pérdidas de carga del sistema

**Presión (P):** Representa la fuerza ejercida sobre una superficie; tiende a disminuir cuando el caudal aumenta y se incrementan las pérdidas de carga.

**Pérdida de carga (HF):** Es la disminución de energía del fluido causada por la fricción a lo largo de las tuberías y por los accesorios del sistema, tanto de manera continua como localizada. [34]

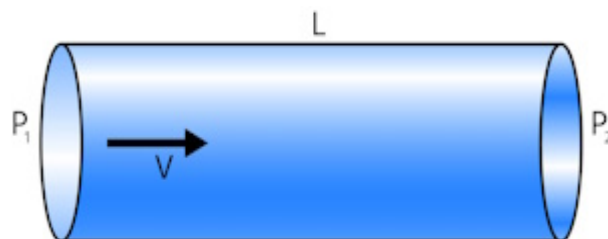


Figura 9. Flujo de un fluido a través de una tubería: presión de entrada ( $P_1$ ), presión de salida ( $P_2$ ), longitud de la tubería ( $L$ ) y velocidad del fluido ( $V$ ). [34]

### 3.9.2 Ecuaciones y fórmulas principales

Este modelo matemático facilita la determinación de las pérdidas de energía por rozamiento en conductos cerrados. Aunque sus orígenes se remontan a una adaptación de la fórmula de Prony por Henry Darcy, fue Julius Weisbach quien, en 1845, perfeccionó la expresión hasta consolidar la estructura analítica que se emplea en la actualidad. [35]

Tabla 7 Ecuación de Darcy–Weisbach y Definición de sus Parámetros

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>
<b>(Hf)</b>	Pérdida de carga por fricción	metros (m)
<b>(λ)</b>	Coefficiente de fricción (factor de Darcy)	Adimensional
<b>(L)</b>	Longitud de la tubería	metros (m)
<b>(D)</b>	Diámetro interno de la tubería	metros (m)
<b>(v)</b>	Velocidad del flujo	metros por segundo (m/s)
<b>(g)</b>	Aceleración de la gravedad	metros por segundo cuadrado (m/s <sup>2</sup> )
<b>Fórmula</b>	$hf = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g}$ <p style="text-align: center;">(1)</p>	

Fuente: Elaboración propia a partir de la ecuación de Darcy–Weisbach.[35]

### 3.9.3 Ecuación de Hazen – Williams

La ecuación de Hazen–Williams es una expresión de carácter empírico, obtenida a partir de observaciones experimentales, que permite estimar la pérdida de carga en conducciones. Aunque su uso es más simple que el de la ecuación de Darcy–Weisbach, su aplicación es limitada, ya que solo es válida para agua y en condiciones específicas de flujo turbulento [36].

$$hf = \frac{4.73 \times L \times Q^{1.852}}{C^{1.852} \times D^{4.87}} \quad (2)$$

### 3.9.4 Ecuación de continuidad y Bernoulli

Las ecuaciones de Continuidad y Bernoulli constituyen principios esenciales en el estudio de la dinámica de fluidos, ya que se sustentan en la conservación de la masa y de la energía. Estas expresiones permiten entender cómo varían la velocidad, la presión y la altura del flujo dentro de tuberías y diferentes sistemas hidráulicos. La ecuación de Continuidad establece que el caudal ( $A \times V$ ) permanece invariable a lo largo del conducto, mientras que la ecuación de Bernoulli indica que, en un fluido incompresible y sin efectos de viscosidad, la suma de las energías de presión, cinética y potencial se conserva.

Tabla 8 Ecuación de Continuidad y sus elementos básicos

<b>Aspecto</b>	<b>Descripción</b>
<b>Fundamento</b>	Se basa en el principio de conservación de la masa: la cantidad de fluido que ingresa a una sección debe ser igual a la que sale.

<b>Concepto</b>	En un fluido incompresible, el caudal volumétrico (Q) permanece constante en cualquier punto de una tubería, incluso si su área cambia.
<b>Fórmula</b>	$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2$ (Área x velocidad es constante)
<b>Interpretación de la fórmula</b>	El producto entre el área de la sección y la velocidad del fluido es siempre el mismo.
<b>Aplicación</b>	Cuando el área de una tubería disminuye, la velocidad del fluido aumenta; si el área aumenta, la velocidad disminuye (ejemplo: el efecto en una manguera con la punta presionada).

Fuente: mecánica de fluidos [37]

El teorema de Bernoulli representa un pilar en el análisis de conducciones forzadas, ya que facilita la cuantificación del balance energético entre dos secciones de un sistema. Su formulación integra la carga de elevación (z), la componente de presión (P/y) y la energía de velocidad ( $v^2/2g$ ), constituyendo una herramienta esencial para el dimensionamiento y diagnóstico de infraestructuras hidráulicas [37].

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{V_2^2}{2g} \quad (3)$$

Para comprenderlo mejor, se pueden comparar dos situaciones. En el primer caso, una tubería con sección uniforme mantiene la energía del fluido igual en todos los puntos, ya que no existen variaciones en el área; por ello, la altura geométrica, la altura de presión y la altura cinética permanecen constantes. En el segundo caso, la tubería presenta un estrechamiento en el punto, Aunque la energía total del sistema se conserva, se modifican los aportes de presión y velocidad. Al disminuir el área, la velocidad del agua aumenta para conservar el caudal, lo que genera un incremento en la altura cinética y, como consecuencia, una disminución en la presión.

Este fenómeno es característico de los sistemas de conducción forzada: bajo un régimen de caudal constante, la reducción del área transversal incrementa la velocidad del fluido en detrimento de su presión estática. Por el contrario, al expandirse nuevamente la sección, ocurre una desaceleración del flujo que permite la restitución de los niveles de presión disminuya

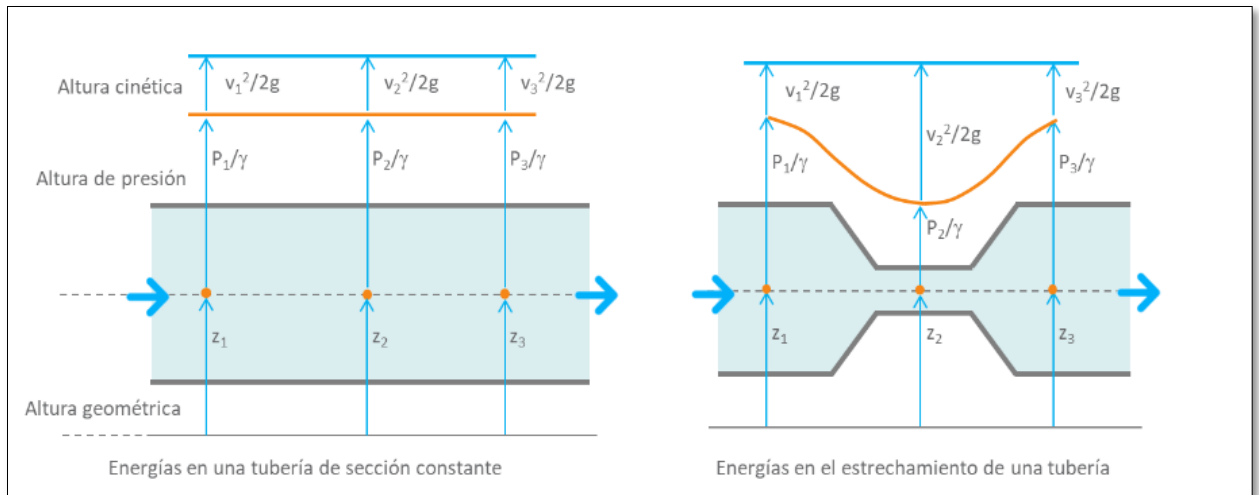


Figura 10. Energías en una tubería de flujo a presión (sección constante en la izquierda; con estrechamiento en la derecha) [37]

### 3.9.5 Idealización sobre la modelación hidráulica

La mecánica de fluidos y la hidráulica estudian el comportamiento estático y dinámico de los fluidos, regido por propiedades críticas como densidad, viscosidad y peso específico. Estos se definen por su incapacidad para resistir esfuerzos cortantes, deformándose continuamente bajo cualquier fuerza tangencial. En los líquidos, las fuerzas de cohesión molecular garantizan la conservación del volumen, mientras que la interacción con la gravedad permite la formación de una superficie libre característica en condiciones de reposo. [38]

La hidráulica permite aprovechar y controlar el flujo del agua para diseñar obras de captación y redes de distribución de agua potable. Sus cálculos son fundamentales para asegurar que estas infraestructuras operen de forma eficiente y segura, considerando incluso el crecimiento poblacional. Gracias a esta disciplina, es posible planificar sistemas que garanticen el abastecimiento continuo de agua a las comunidades. Además, su aplicación contribuye al desarrollo local y genera un impacto social positivo al asegurar un servicio básico y sostenible.

### 3.11 Técnicas de Simulación Hidráulica

Las simulaciones hidráulicas son herramientas fundamentales para analizar el funcionamiento de los sistemas de distribución de agua potable. Permiten detectar puntos críticos, evaluar distintos escenarios y plantear mejoras basadas en información real. Programas como WaterGEMS facilitan este proceso al modelar presiones, caudales y condiciones de calidad del agua. Estos modelos apoyan la toma de decisiones para optimizar la operación del sistema.

### 3.11.1 Software utilizado (WaterGEMS)

El modelado hidráulico en WaterGEMS se fundamenta en los principios de conservación de masa y energía aplicados a redes de distribución para ello utiliza.

**Ecuaciones de continuidad:** Que aseguran el equilibrio entre los caudales que ingresan y salen de cada nodo o una tubería.

**Ecuaciones de energía:** Basadas en Bernoulli, que consideran las pérdidas por fricción, accesorios y variaciones de elevación. Estas formulaciones permiten representar con precisión el comportamiento del sistema. [39]

### 3.11.2 Esqueletización de la red

La esqueletización de la red consiste en simplificar el sistema conservando únicamente los elementos e información más relevantes. Este proceso es fundamental, pues cualquier omisión o error puede afectar el correcto funcionamiento del modelo hidráulico [36].

### 3.11.3 Componentes de una red hidráulica

#### **Tubería**

Es un conducto utilizado para transportar agua dentro de los sistemas de abastecimiento. Puede fabricarse en distintos materiales, como plásticos o metales, según las necesidades y condiciones del sistema.

#### **Nodos**

Son puntos de conexión entre tuberías dentro de la red, donde el flujo puede continuar, dividirse o finalizar. Incluyen elementos como uniones, tapones y cambios de sección que permiten definir el comportamiento hidráulico del sistema.

#### **Hidrantes**

Se trata de dispositivos terminales integrados a la red de distribución, diseñados específicamente para proveer caudales de emergencia destinados a la extinción de incendios.

## Válvula de control

Es un dispositivo mecánico que permite instruir, contener o frecuente el paso de líquidos o gases, mediante un elemento móvil que abre, cierra u obstruye total o parcialmente uno o varios conductos u ojos. [36]

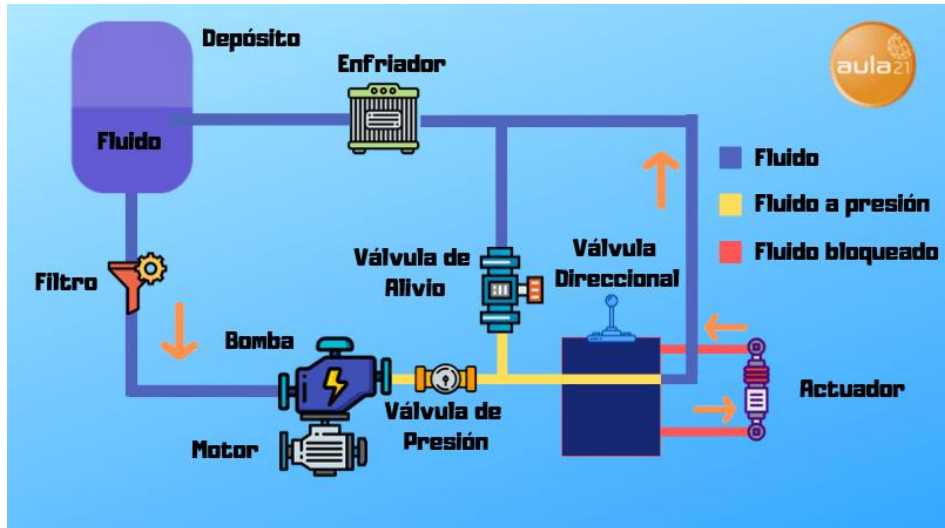


Figura. 11 Análisis diseño y gestión de sistemas [36]

Fuente: <https://todoingenierias.com/ingenieria-hidraulica-analisis-diseno-y-gestion-de-sistemas/>

## 4 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

### 4.1 Metodología

La investigación se fundamentó en una metodología cuantitativa que permitió transformar datos técnicos y mediciones de campo en decisiones precisas para el rediseño de la red de distribución. Al integrar variables críticas como la topografía, las presiones en los nodos, el flujo de caudales y la demanda proyectada, se utilizó el software WaterGEMS para modelar el comportamiento del sistema y validar su eficiencia operativa antes de la fase de construcción. Este proceso fue determinante para definir con exactitud el volumen del tanque de reserva, la ubicación estratégica de las válvulas y los diámetros óptimos de la tubería, asegurando que la infraestructura se adapte estrictamente a las condiciones geográficas del Barrio Brazales. De este modo, la propuesta técnica no solo cumple con las normativas vigentes, sino que garantiza un suministro de agua continuo, eficiente y capaz de responder de manera sostenible a las necesidades futuras de la comunidad.

## 4.2 Esquema metodológico

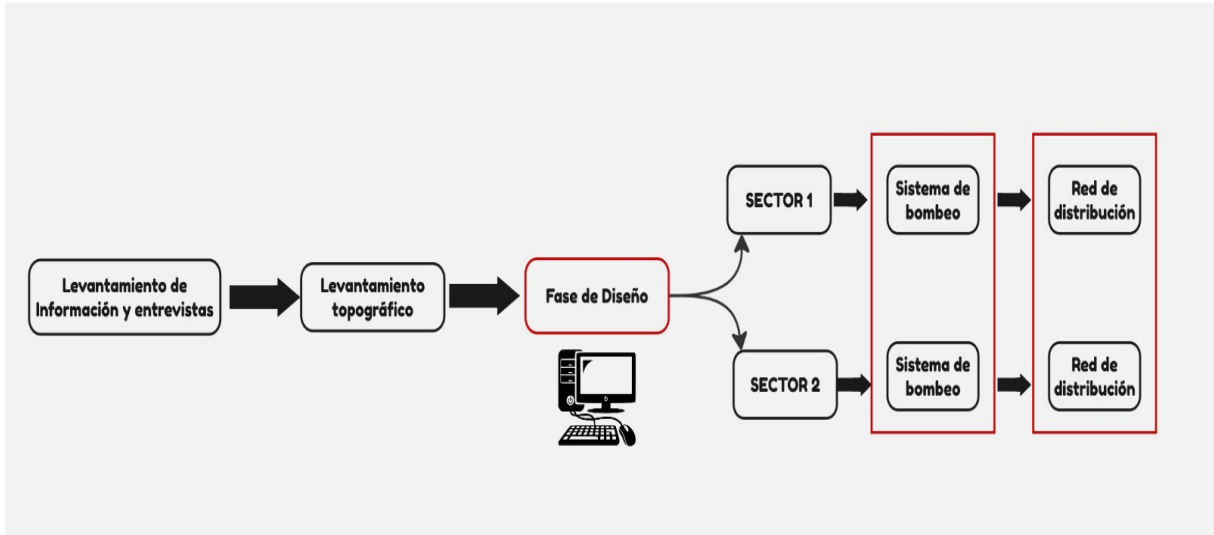


Figura 12 Esquema secuencial de las fases de diseño y componentes del sistema hidráulico.

Elaborado por: Miguel Cruz

El desarrollo de la propuesta técnica inicia con una fase diagnóstica centrada en el levantamiento de información y la realización de entrevistas, actividades esenciales para determinar las necesidades reales de la población y los parámetros de consumo iniciales. Este diagnóstico se complementa con un levantamiento topográfico de precisión, el cual aporta el sustento geométrico necesario para comprender el relieve del terreno; este paso es crítico, ya que las variaciones de nivel dictan la viabilidad de la conducción hídrica y definen si el transporte del recurso se realizará por gravedad o requerirá asistencia mecánica.

Posteriormente, el flujo de trabajo se divide en dos etapas principales: la implementación del sistema de bombeo y el diseño de la red de distribución. En ambas fases se establecen comparativas de diseño que permite evaluar alternativas técnicas y económicas, asegurando así la selección más eficiente.

Para el éxito de la propuesta, se contempla la integración de un equipo de bombeo dimensionado para vencer las cargas hidrostáticas; esto garantiza que el fluido alcance los puntos de reserva con la presión y el caudal necesarios. Finalmente, el proceso culmina con el cálculo de la red de distribución, donde se verifica presiones, velocidades y diámetros óptimos, asegurando una provisión hídrica que se ajuste a los criterios de potabilidad y regularidad establecidos por el sector.

### 4.3 Levantamiento de información

#### 4.3.1 Área de estudio

El presente proyecto se desarrolla en el ámbito rural de la parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, situada en la región Sierra del Ecuador. El área de influencia del sistema hidráulico tiene su captación en la quebrada Paila Huayco Brazales a una cota 2826 msnm.

La impulsión del agua se realizará desde punto mencionado hasta el tanque elevado de almacenamiento 01 y tanque de almacenamiento elevado 02 para su respectiva distribución, el tanque de almacenamiento 01 ya se encuentra construido en el sector denominado Anillo vial Brazales a una cota 2911 msnm, mientras que el tanque 02 está previsto su ubicación en el sector sendero Paila Huayco ubicado en el barrio Brazales de la Parroquia Eloy Alfaro a una cota aproximada 2899 msnm.

El sistema de agua del barrio Brazales tiene un área aproximada 125 hectáreas de cobertura que será rediseñado para mejorar el servicio para sus usuarios.

Tabla 9 Coordenadas de estudio

<b>Punto</b>	<b>Altitud (msnm)</b>	<b>Coordenada UTM Este (E)</b>	<b>Coordenada UTM Norte (N)</b>
<b>Área de estudio (barrio Brazales)</b>	2876	760687	9898960
<b>Captación 01 (Punto inicial)</b>	2825	761325	9897978
<b>Captación 02 (Punto inicial)</b>	2827	761305	9897982
<b>Tanque de almacenamiento 01</b>	2911	761459	9898520
<b>Tanque de almacenamiento 02</b>	2899	761528	9898139

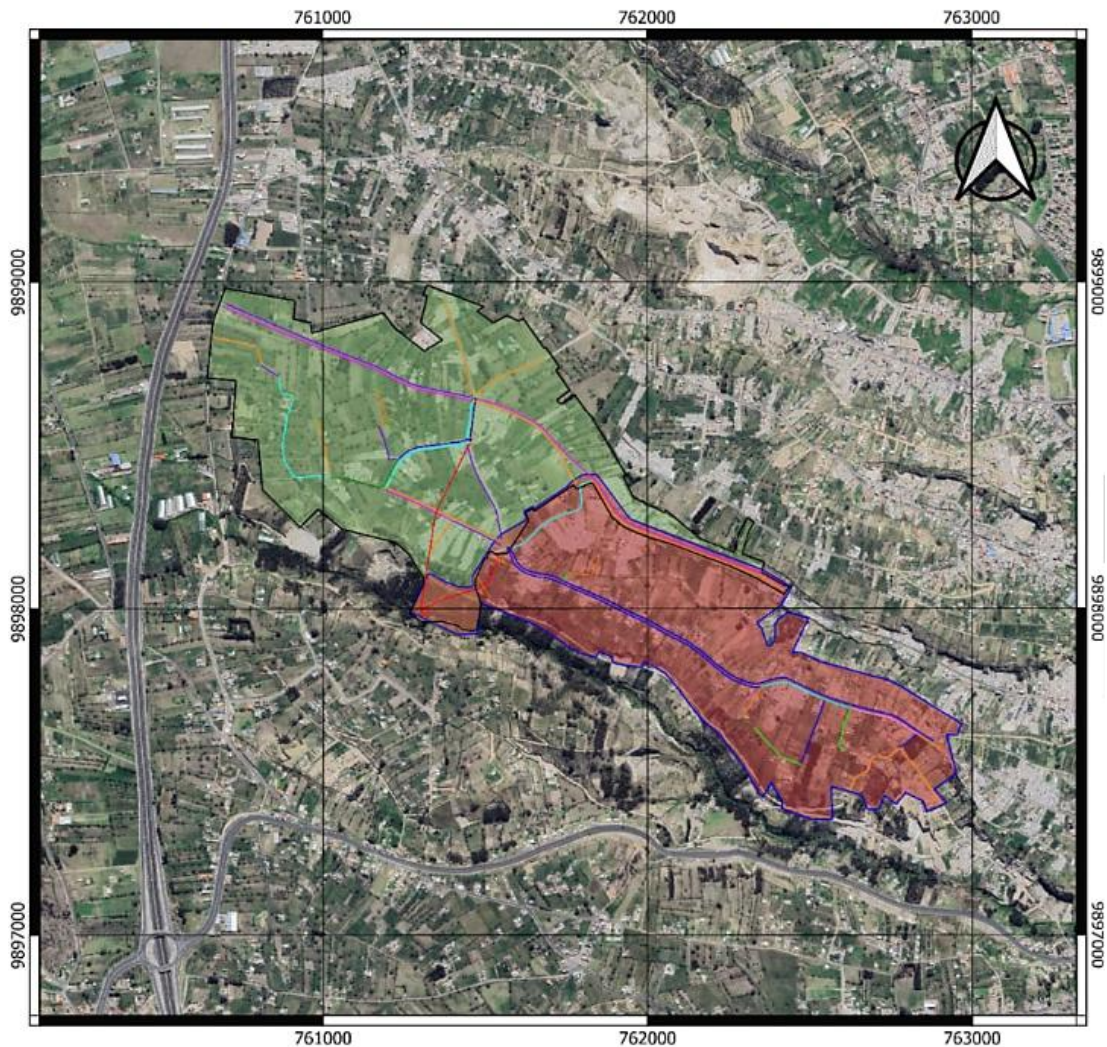


Figura 13 Ubicación de área de estudio

Elaborado por: Miguel Cruz

Los parámetros de ingreso fundamentales se definieron a partir del levantamiento topográfico, el cual permitió establecer las cotas exactas del terreno. Asimismo, para el diseño de la red, se ha seleccionado el PVC como material principal debido a sus propiedades de resistencia y durabilidad.

Esta información se obtuvo mediante diversas fuentes primarias y secundarias, destacando las inspecciones técnicas de campo para el diagnóstico de la infraestructura existente y el uso de equipos GNSS para la precisión altimétrica. El levantamiento en el Barrio Brazales, complementado con datos hidrológicos y aforos de la fuente, permitió consolidar los insumos necesarios para el rediseño. A continuación, se detallan los principales componentes utilizados

Tabla 10 Datos principales del proyecto

<b>Datos principales del proyecto de investigación</b>	
Área de proyecto	125 ha
Cota de captación 01	2825 msnm
Elevación del tanque de almacenamiento 01	2911 msnm
Longitud de la línea de impulsión 01	604,197 m
Cota de captación 02	2825 msnm
Elevación del tanque de almacenamiento 02	2899 msnm
Longitud de la línea de impulsión 02	355,505 m
Caudal de demanda previsto 01	4.332 L/s
Caudal de demanda previsto 02	3,727 L/s
Material propuesto para línea de impulsión 01 y 02	PVC PN16, Ø 90 mm
Material propuesto para línea de distribución 01 y 02	PVC PN16, Ø 90 mm, Ø 75 mm, Ø 63 mm, Ø 50 mm, Ø 40 mm, Ø 32 mm, Ø 20 mm
Perfil topográfico detallado	Obtenido mediante estación GNSS

El rediseño del sistema de agua cumplirá todas las normas establecidas como la INEN 5 Parte 9-1:1992, MATEE, SENAGUA, se tomará algunas recomendaciones del MIDUVI y se adoptaran valores y especificaciones técnicas para el diseño en sectores rurales.

#### **4.4 NORMATIVAS APLICADAS**

El presente proyecto, orientado al rediseño del sistema de distribución de agua del barrio Brazales, se desarrolló conforme a las normativas técnicas vigentes en el Ecuador, con el fin de asegurar que el diseño propuesto cumpla con los estándares de calidad, seguridad y sostenibilidad establecidos a nivel nacional.

Se aplico la norma:

- INEN 005: 1992 Abastecimiento de agua potable
- MAATE - Manual para el diseño de sistemas de agua potable para zonas rurales del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica

- SENAGUA - Guía técnica para el diseño de sistemas de agua potable de la Secretaría Nacional del Agua.
- Normativas INEN para materiales (tuberías, accesorios, bombas)
- MIDUVI – Guías técnicas para proyectos de agua y saneamiento básico

Se aplicaron los criterios de la norma INEN 005:1992 para el cálculo hidráulico y selección de diámetros, así como las directrices del MAATE para sistemas rurales. Además, se consideraron las recomendaciones de la SENAGUA para la modelación hidráulica y evaluación del nivel de servicio. Las Normas INEN para materiales y las guías técnicas del MIDUVI permitieron garantizar la calidad y durabilidad de los componentes. Todo ello aseguró un diseño eficiente, seguro y sostenible [40].

A continuación, se presenta el desarrollo de la Memoria Técnica del proyecto. Este punto integra los cálculos justificativos hidráulicos y mecánicos necesarios para el dimensionamiento de los componentes del sistema, abarcando desde las proyecciones poblacionales y caudales de demanda, hasta la selección de los equipos de bombeo y el diseño de la red, todo ello en estricto cumplimiento con la normativa técnica establecida

## 4.5 FASE DE DISEÑO

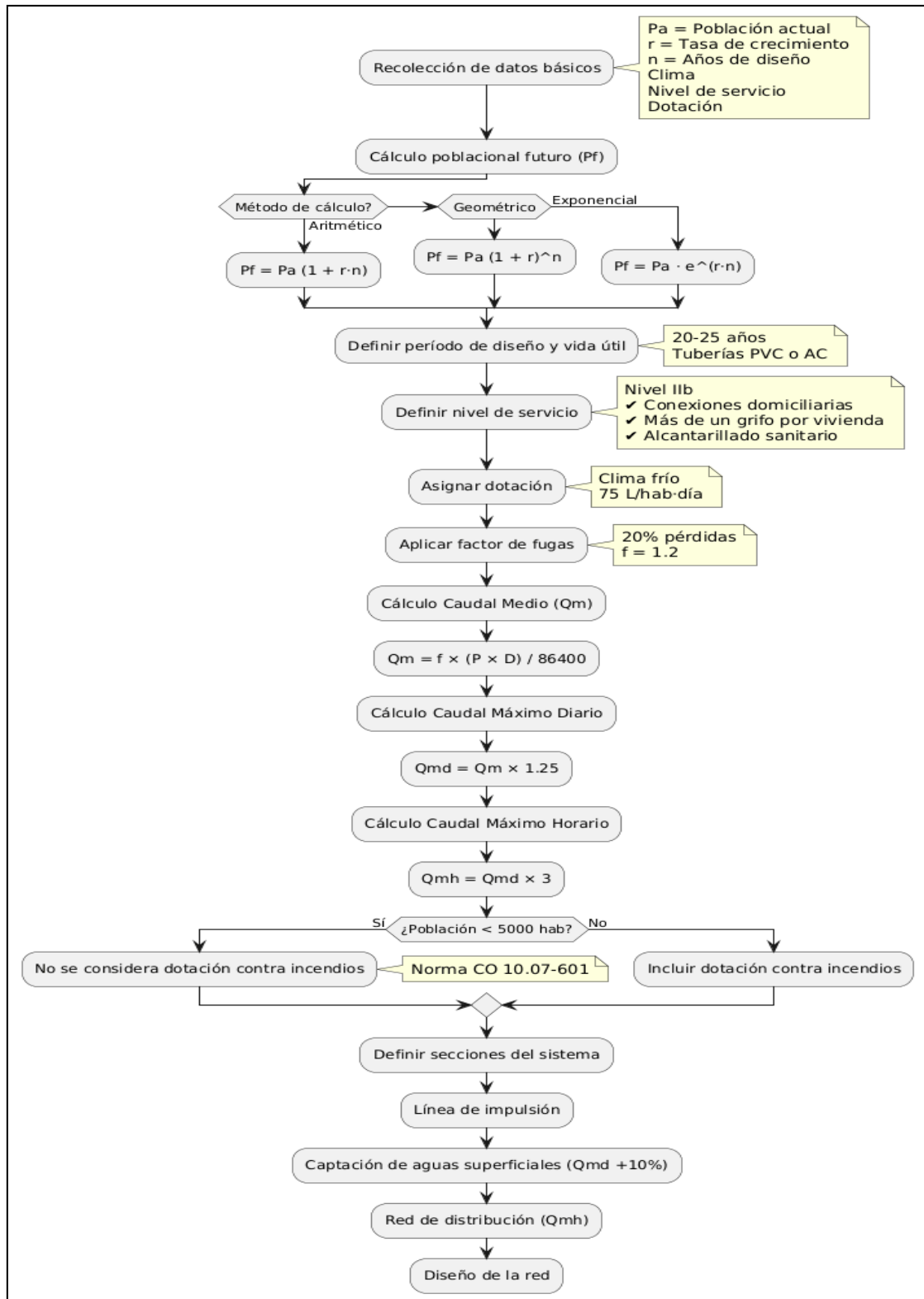


Figura 14 Recolección de datos básicos para el diseño

Elaborado por: Miguel Cruz

#### 4.5.1 Calculo poblacional

La estimación del crecimiento poblacional se efectuó mediante la aplicación simultánea de los métodos Aritmético, Geométrico y Exponencial. Para definir la población de diseño del sistema, se procedió a calcular la media aritmética de las tres proyecciones resultantes, estableciendo así un valor ponderado que servirá para determinar los caudales de demanda del sistema.

**Pf:** Población futura (número de usuarios)

**Pa:** Población actual (números de usuarios)

**n :** Intervalo cronológico de planificación técnica (ciclo de vida del proyecto en años)

**r:** Tasa de crecimiento geométrico de la población expresada como fracción decimal

• Método Aritmético o Lineal: 
$$P_f = P_a (1 + (r * n)) \quad (4)$$

• Método Geométrico: 
$$P_f = P_a \cdot (1 + r)^n \quad (5)$$

• Método Exponencial: 
$$P_f = P_a \cdot e^{(r \cdot n)} \quad (6)$$

Donde:

**Pf:** Estimación demográfica proyectada (número total de residentes)

**Pa:** Registro censal vigente (habitantes)

**r:** Coeficiente de expansión demográfica anualizado (expresado en valor porcentual).

**n:** Horizonte temporal de planificación y vigencia del proyecto (medido en años).

#### 4.5.2 Componentes para el rediseño

El sistema fue rediseñado basándose en tres elementos principales: captación, aducción e impulsión y distribución cada uno diseñado de acuerdo con las condiciones geográficas, hidráulicas y operativas del área de intervención.

**Impulsión:** Es el proceso de transportar un fluido (generalmente agua) desde un punto de menor elevación hacia uno de mayor elevación, o hacia un punto con mayor presión, mediante el uso de energía mecánica proporcionada por una bomba.

**Distribución:** Es la etapa final de un sistema de abastecimiento de agua, encargada de entregar el recurso directamente a los usuarios finales (viviendas, comercios o industrias) en las condiciones de presión, cantidad y calidad requeridas por la normativa.

#### 4.5.3 Período de diseño y vida útil

La evolución técnica en los sistemas de abastecimiento ha facilitado el paso de materiales tradicionales como el asbesto-cemento y el hierro fundido, cuya longevidad alcanzaba los 50 años, hacia el uso extendido de alternativas modernas como el PVC. No obstante, la vida útil real de estas infraestructuras no reside únicamente en la resistencia intrínseca del material, sino que está estrechamente ligada a una gestión operativa eficiente; factores externos críticos, como la proliferación de conexiones clandestinas, pueden distorsionar los parámetros hidráulicos de presión y velocidad, comprometiendo la integridad del sistema y acelerando su obsolescencia prematura. Por ello, para asegurar la sostenibilidad del rediseño y mitigar riesgos técnicos, resulta indispensable realizar una evaluación integral de las propiedades mecánicas de los componentes, adoptando un horizonte de diseño de 25 años en estricto cumplimiento con la normativa vigente y las mejores prácticas de ingeniería hidráulica. [41]

Tabla 11 Vida útil referencial de los componentes del sistema

COMPONENTES	VIDA UTIL (AÑOS)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captación	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50
Conducciones de asbesto cemento o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Tuberías principales y secundarias de la red hierro dúctil	40 a 50
<b>Tuberías principales y secundarias de la red de asbesto cemento o PVC</b>	<b>20 a 25</b>

Fuente: Guía técnica de diseño para sistemas de agua y Saneamiento [42]

#### 4.5.4 Dotación y caudal de diseño

Para la definición de los parámetros de diseño del sistema, es indispensable establecer la categoría de servicio que se brindará a la población. La normativa técnica vigente clasifica estos niveles en función de la modalidad de acceso al agua y su vinculación técnica con los sistemas de saneamiento requeridos, tal como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 12 Indicadores de cobertura para el suministro hídrico y la gestión de efluentes.

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
0	AP	Las soluciones de saneamiento autónomo deben proyectarse en función de la viabilidad tecnológica, los requerimientos de consumo, las afinidades del beneficiario y su solvencia financiera
	EE	
Ia	AP	Grifos públicos
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño
	EE	Letrinas sin arrastre de agua
IIa	AP	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa
	EE	Letrinas con o sin arrastre de agua
IIb	AP	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa
	ERL	Sistema de alcantarillado sanitario

Simbología utilizada:

AP: Agua potable

EE: Eliminación de excretas

ERL: Eliminación de residuos líquidos

Tabla. 13 dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRIO	CLIMA CALIDO
	(l/hab*día)	(l/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

#### 4.5.5 Caudales de diseño

Para el rediseño de las diversas unidades que conforman el sistema de abastecimiento de agua se adoptara los caudales establecidos en la siguiente tabla

Tabla 14 Canales de diseño

Elemento	Caudal
Captación de aguas superficiales	Máximo diario + 20 %
Captación de aguas subterráneas	Máximo diario + 5 %
Conducción de aguas superficiales	Máximo diario + 10 %
Conducción de aguas subterráneas	Máximo diario + 5 %
Red de distribución	Máximo horario + incendio
Planta de tratamiento	Máximo diario + 10 %

**Sistemas de Cabecera Conducción:** Estas estructuras se diseñan en función del Caudal Máximo Diario  $Q_{MD}$  incrementado por un factor de seguridad (entre el 5% y 20%). Este sobredimensionamiento tiene como objetivo compensar las pérdidas físicas inevitables durante el transporte (fugas, evaporación) y cubrir los consumos internos de mantenimiento, como el lavado de filtros en la planta de tratamiento, asegurando que el volumen que llega al tanque de almacenamiento sea suficiente.

#### 4.5.6 Factor de fugas

Debemos considerar las pérdidas que ocurren en el interior del sistema de distribución por lo que debemos aplicar un porcentaje de fugas para ajustar el caudal medio que garantice el abastecimiento en diferentes condiciones de operación desfavorables

Tabla 15 porcentajes de fugas a considerarse en el diseño de sistemas de abastecimiento de agua

NIVEL DE SERVICIO	PORCENTAJE DE FUGAS
Ia y Ib	10%
IIa y IIb	20%

Dado que el rediseño para la Junta Brazales contempla un Nivel de Servicio IIb (conexiones domiciliarias completas), se adoptará un porcentaje de pérdidas del 20%. Esto implica que el sistema de captación y conducción deberá dimensionarse para transportar un 120% del caudal de consumo neto, asegurando que, aún con las mermas operativas, la población reciba la dotación completa.

#### 4.5.7 Caudal medio ( $Q_m$ )

Constituye la base fundamental del dimensionamiento hidráulico. Este parámetro cuantifica el volumen promedio de agua que el sistema debe suministrar por segundo a lo largo de un año, proyectado al final del periodo de diseño.

$$Q_m = f \times \frac{P \times D}{86400} \quad (7)$$

En donde:

$Q_m$  = Caudal medio (l/s)

$f$  = Factor de fugas

$P$  = Población al final del período de diseño

$D$  = Dotación futura  $\left(\frac{L}{\text{hab}\cdot\text{día}}\right)$

#### 4.5.8 Factor de mayoración

Para la determinación de los caudales de diseño hidráulico, se adoptan los factores de mayoración estipulados en la **Norma CO 10.7-602** (Lineamientos de diseño en redes de distribución hídrica y saneamiento en el área rural). La aplicación de estos coeficientes permite proyectar las fluctuaciones de consumo máximo diario ( $K_1$ ) y máximo horario ( $K_2$ ), cuyos valores para el nivel de servicio y población del proyecto se detallan a continuación. [43]

Tabla 16 Coeficientes de mayoración de caudales según Norma CO 10.7-602.

Tipo de caudal	Abreviatura	Abrev. Factor de Mayoración	Factor de Mayoración
Caudal máximo diario	Qmax.día	Kmax.día	1.25
Caudal máximo horario	Qmax.hor	Kmax.hor	3

#### 4.5.9 Caudal máximo diario (Qmd)

Se adopta un coeficiente  $K_1 = 1.25$ . Este factor incrementa el caudal promedio en un 25% para simular el día de mayor consumo del año. Este valor es fundamental para el dimensionamiento de las obras de captación, conducción y el volumen del tanque de almacenamiento.

$$Q_{md} = K_{md} \times Q_m \quad (8)$$

En donde:

Qmd= Caudal máximo diario (l/s)

Kmd= Factor de mayoración máximo diario

El factor de mayoración máximo diario (KMD) tiene un valor de 1.25, para todos los niveles de servicio.

#### 4.5. 10 Caudal máximo horario (Qmh)

Se establece un coeficiente  $K_2 = 3$  Este valor, superior a los estándares urbanos típicos (2.0), responde a la naturaleza demográfica de la zona de estudio. En comunidades pequeñas, la simultaneidad de uso es más impredecible y genera picos de demanda más agresivos. [44]

$$Q_{mh} = K_{mh} \times Q_m \quad (9)$$

En donde:

Qmh= Caudal máximo horario (l/s)

Kmh= Factor de mayoración máximo horario

El factor de mayoración máximo horario (Kmh) tiene un valor de 3 para todos los niveles de servicio

#### **4.5.11 Dotación de contra incendios**

Para el presente diseño, no se contempla la dotación de caudal contra incendios. Esta decisión se fundamenta en la Norma CO 10.07-601 (Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable), la cual establece que no es obligatorio considerar almacenamiento para siniestros en poblaciones de la región Sierra con una proyección futura menor a 5,000 habitantes. Dado que la población de diseño del proyecto se encuentra por debajo de este umbral, se prescinde de este componente para optimizar la infraestructura

#### 4.5.12 Diseño de sistema de Bombeo

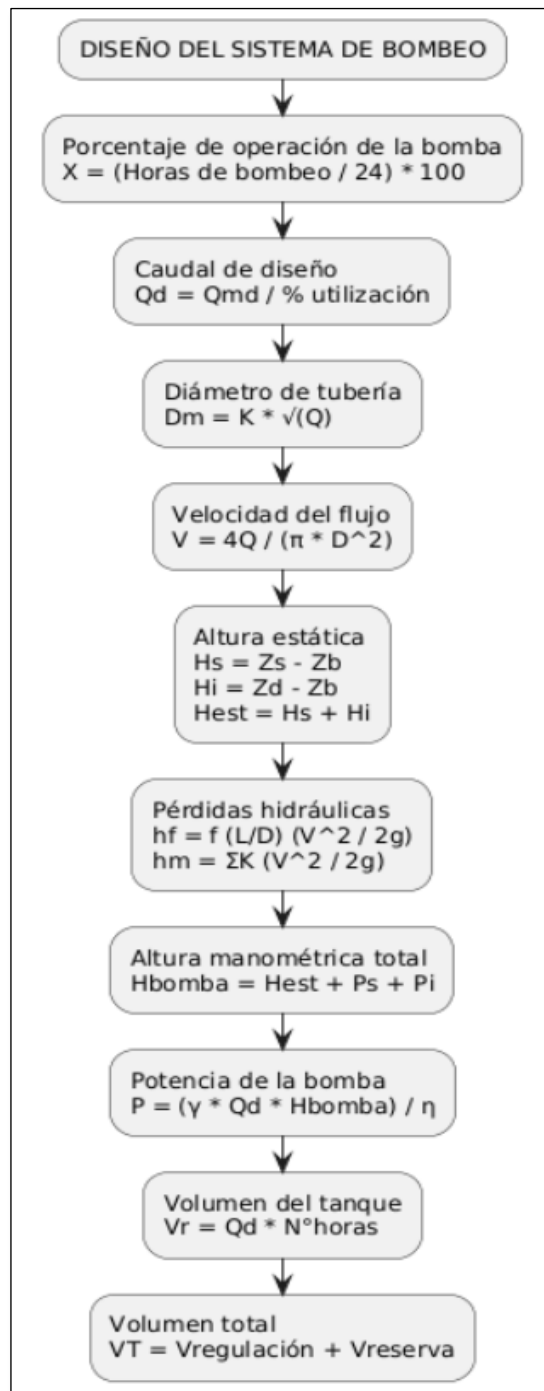


Figura 15 Diseño del sistema de Bombeo

Elaborado por: Miguel Cruz

- **Cálculo de bomba.** Para el Redimensionamiento de la bomba se tomará como referencia el caudal de diseño estimado para captación de aguas superficiales que es el valor de demanda total que será conducida por bombeo desde la vertiente hasta el tanque de distribución

#### - Porcentaje de utilización de la bomba

$$X = \frac{\text{N}^\circ \text{ de horas de bombeo}}{24} \times 100 \quad (10)$$

Caudal de diseño

$$Qd = \frac{Qmd}{X} \quad (11)$$

Donde:

**Qd:** Caudal de diseño diario requerido (l/s)

**X:** Caudal nominal de la bomba seleccionada (l/s)

#### - Cálculo de dimensión nominal

Para el Predimensionamiento del tubo de impulsión se empleó la **Fórmula de Bresse**, la cual permite determinar el diámetro teóricamente más económico. Este cálculo busca optimizar la relación costo-beneficio, equilibrando la inversión inicial en infraestructura (diámetro de tubería) con los costos operativos futuros (consumo energético de la bomba por pérdidas de fricción).

$$D_m = K \cdot \sqrt{Q} \quad (12)$$

Donde

D: Diámetro hidráulico de la tubería (m)

K: Constante empírica; se adoptó un valor de 0,90 considerando operación continua (valor recomendado entre 0,7 y 1,6)

Qd: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

#### - Cálculo de la velocidad en la tubería

Una vez determinado el diámetro, es imperativo verificar que la velocidad del fluido se encuentre dentro de los límites normativos admisibles. Esto asegura el autolavado de la tubería

y previene problemas operativos como la abrasión o presiones excesivas por golpe de ariete. Se aplica la ecuación de continuidad.

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

Donde:

V: Velocidades del agua en la tubería (m/s)

Qd: Caudal del diseño (m<sup>3</sup>/s)

A: Área de la sección transversal de la tubería (m<sup>2</sup>)

#### **- Cálculo de la altura manométrica total**

La altura manométrica total ( $H_m$ ) representa la energía total que el equipo de bombeo debe suministrar al fluido. Su cálculo inicia con la determinación de la Altura Estática Total, la cual corresponde al desnivel geométrico que se debe vencer desde la fuente hasta el punto de descarga.

##### **a) Altura estática de succión ( $H_s$ )**

Representa el desnivel geométrico existente entre la cota del eje de impulsión y la superficie mínima del recurso hídrico en el punto de toma.

#### **- Altura estática succión**

$$H_s = Z_s - Z_b \quad (14)$$

Donde:

Hs: Altura estática de succión (m)

Zs: Nivel de agua en el tanque (m)

Zb: Altura del centro de la bomba (m)

#### **- Altura estática impulsión**

$$H_i = (Z_d - Z_b) + h_{\text{tanque}} \quad (15)$$

Donde:

Hi: Altura estática de impulsión (m)

Zd: Nivel máximo del tanque de almacenamiento (m)

h tanque: Altura del centro de la bomba (m)

**- Altura estática Total**

$$H_{\text{estática}} = H_s + H_i \quad (16)$$

Hs: Altura estática de succión (m)

Hi: Altura estática de impulsión (m)

**- Pérdidas por fricción (Darcy-Weisbach)**

Para determinar la pérdida de energía que experimenta el fluido debido al rozamiento con las paredes de la tubería y a la viscosidad del agua, se aplica la ecuación de Darcy-Weisbach. Este modelo matemático es ampliamente aceptado en hidráulica por su precisión en el análisis de flujos a presión, relacionando directamente la pérdida de carga con la velocidad del flujo y las características geométricas de la conducción .[45]

$$h_f = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (17)$$

Donde:

hf: pérdida de fricción (m.c.a)

f: factor de fricción de Darcy (adimensional)

L: Longitud del tramo de tubería (m)

D: Diámetro hidráulico del tramo de tubería (m)

V: Velocidad del fluido (m/s)

g: Aceleración de la gravedad 9,81 m/s<sup>2</sup>

**- Para verificar las pérdidas se aplicará la fórmula empírica de Hazen-Williams**

Con el objetivo de validar los resultados obtenidos y asegurar la consistencia del diseño hidráulico, se aplica como método de comprobación la fórmula empírica de **Hazen-Williams**. Esta ecuación es ampliamente aceptada en la ingeniería sanitaria para el diseño de redes de agua, ya que ofrece una excelente aproximación para el cálculo de pérdidas de carga en flujos de agua a temperatura ambiente, especialmente en tuberías de material plástico (PVC) con diámetros comerciales.

$$J = \left( \frac{Qd}{0,2785 C D^{2,63}} \right)^{\frac{1}{0,54}} \quad (18)$$

Donde:

hf: Pérdida de carga por fricción (m)

Qd: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

C: Coeficiente de rugosidad de la tubería según Hazen-Williams

D: Diámetro del tubo (m)

L: Longitud del conducto (m)

**- Pérdidas menores**

Además de la fricción en las tuberías, el sistema experimenta pérdidas de energía localizadas debido a la aparición de accesorios (codos, válvulas, reducciones) que trastornan la orientación o la sección del flujo, generando turbulencia adicional. Aunque se denominan **menores**, su cuantificación es crítica en el diseño de la estación de bombeo y en el múltiple de descarga, donde la concentración de accesorios es alta. Se calculan mediante la siguiente expresión general.

$$h_{ms} = \sum K_i \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (19)$$

Ki: Coeficiente de pérdida para cada accesorio

### - Pérdidas hidráulicas totales en las líneas de succión e impulsión

Para determinar la energía total que se disipa en el sistema antes y después de la bomba, se aplica el principio de superposición, sumando las pérdidas por fricción (longitudinales) y las pérdidas menores (locales) en cada tramo. Es fundamental calcular estos valores por separado para la línea de succión y la línea de impulsión, debido a que generalmente poseen diámetros y velocidades de flujo distintos.

### - Pérdidas totales en la línea de succión ( $H_{p-suc}$ )

Representa la resistencia que debe vencer el fluido para llegar desde la fuente hasta la entrada de la bomba. Es vital minimizar este valor para evitar la cavitación (NPSH disponible)

$$H_s = h_f + h_m \quad (20)$$

Donde:

Hs: Pérdidas totales por succión (m)

hfsh: Pérdidas por fricción en la tubería de succión (m)

hms: Pérdidas menores por accesorios: válvulas, codos, reducciones, rejillas, etc. (m) De manera análoga, se calcularon las pérdidas totales por impulsión (Hi).

### - Altura de velocidad

Este parámetro representa la energía cinética por unidad de peso que posee el fluido debido a su movimiento. En el diseño de sistemas de bombeo, es fundamental cuantificar esta energía, ya que la bomba no solo debe vencer la altura estática y la fricción, sino también acelerar el agua desde el reposo hasta la velocidad de operación en la tubería de impulsión. Se determina mediante la expresión derivada de la ecuación de Bernoulli:

$$H_v = \frac{V_d^2}{2g} \quad (21)$$

Donde:

Hv: Altura de velocidad o carga cinética (m)

Vd: Velocidad del agua en la tubería (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

#### - Altura dinámica de elevación

Corresponde al desnivel geométrico total que el equipo de bombeo debe superar para elevar el agua desde la fuente hasta el reservorio. Este valor depende exclusivamente de la topografía y la ubicación de las estructuras, sin considerar aún las pérdidas energéticas por el movimiento del fluido, se obtiene mediante la diferencia de cotas

$$H_{\text{estática}} = Z_{\text{descarga}} - Z_{\text{succión}} \quad (22)$$

Donde:

Zd: Cota (msnm) del punto donde el agua es entregada (tanque elevado)

Zs: Cota (msnm) de la fuente de captación

Constituye la carga vertical neta que la unidad requiere superar, definida exclusivamente por la diferencia topográfica del sistema y prescindiendo de los efectos por rozamiento o energía cinética

#### - Altura manométrica total

La Altura Manométrica Total (ADT) representa la energía total por unidad de peso que el equipo de bombeo debe transferir al fluido para vencer la gravedad, la fricción y la inercia del sistema. Este parámetro es el resultado de la adición algebraica de la elevación estática total, las mermas de carga acumuladas (tanto en la succión como en la impulsión) y la carga de velocidad residual en el punto de descarga. Se determina mediante la siguiente ecuación general.

$$H_{\text{bomba}} = H_{\text{estática}} + P_s + P_i \quad (23)$$

Donde:

H estática total: Altura estática total

Ps: Pérdidas por fricción en tuberías ( $\Sigma$  succión e impulsión)

Pi: Pérdidas menores por accesorios

Hv: Altura de velocidad en el punto de descarga

### - Cálculo de potencia de la bomba

Una vez determinada la altura manométrica y el caudal de diseño, es necesario calcular la potencia mecánica que el motor debe entregar a la bomba para mantener el sistema en operación. Este cálculo considera el peso específico del fluido y la eficiencia electromecánica del equipo, ya que no toda la energía suministrada se convierte en trabajo útil debido a pérdidas internas en el motor y la voluta. La potencia en caballos de fuerza (HP) se determina mediante la siguiente expresión:

$$P = \frac{\gamma \cdot Qd \cdot h_{\text{Bomba}}}{\eta} \quad (24)$$

Donde:

P: Potencia requerida en la bomba (HP)

$\gamma$ : Peso específico del agua ( $\approx 9.81$  kN/m<sup>3</sup> para agua a temperatura ambiente)

Qd: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

H: Altura manométrica total (m)

n: Eficiencia de la bomba (%)

### - Unidad de impulsión

Para la selección del tipo de bomba se empleará el caudal de diseño y la altura manométrica total ya que estos valores están especificados como requerimientos hidráulicos en los catálogos de especificaciones técnicas para su selección.

Al cumplir estos requerimientos y al analizar las curvas de rendimiento proporcionados por el catálogo se optó por bombas centrífuga multietapa vertical de 10 HP que garantizara el caudal y presión requerida para su optimo funcionamiento.

#### **4.6.13 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento**

El tanque de almacenamiento cumple la función fundamental de compensar las variaciones horarias de la demanda, almacenando el excedente de agua cuando el consumo es bajo y supliendo el déficit cuando la demanda supera el caudal de entrada. Para su dimensionamiento, se consideraron los caudales de diseño obtenidos del balance hídrico. [46]

Se determina en función del caudal de aportación y el tiempo de operación del sistema de bombeo, garantizando que el volumen almacenado sea suficiente para cubrir la demanda durante los periodos en que el sistema de impulsión no esté operando.

$$V_r = Q_c \cdot N^{\circ}h \quad (25)$$

$V_r$ = volumen de regulación ( $m^3$ )

$Q_c$ = caudal de captación ( $m^3/h$ )

$N^{\circ}h$ = números de horas (h)

#### **- Volumen de regulación**

Para obtener el volumen de regulación se empleará el caudal de captación, caudal diseño las horas de bombeo necesarias y el número de horas de bombeo.

#### **- Volumen total**

$$V_T = V_{\text{regulación}} + V_{\text{reserva}} \quad (26)$$

Donde:

$V_T$ = volumen total ( $m^3$ )

$V_{\text{res}}$ = Volumen de regulación ( $m^3$ )

$V_{\text{reg}}$ = Volumen de reserva ( $m^3$ )

#### **- Tiempo de vaciado**

Este parámetro es fundamental para la planificación operativa y el mantenimiento sanitario de la unidad de almacenamiento. El cálculo permite determinar el intervalo de tiempo necesario para evacuar la totalidad del volumen de agua mediante la tubería de desagüe o limpieza. Verificar este valor asegura que las labores de lavado y desinfección periódica puedan realizarse dentro de una ventana de tiempo razonable, minimizando el impacto por suspensión del servicio a los usuarios.

$$T = \frac{VT}{Qd} \quad (27)$$

T= Tiempo de vaciado (horas)

VT= Volumen Total del tanque de almacenamiento ( $m^3$ )

Qd= caudal de diseño ( $m^3/h$ )

#### - Definición de las dimensiones del tanque cilíndrico

Una vez determinado el volumen total requerido, es necesario definir la geometría del tanque cilíndrico. Para ello, se busca una relación de esbeltez (relación Altura/Diámetro) que optimice el uso de materiales y garantice la estabilidad estructural. Un criterio comúnmente aceptado para tanques de esta capacidad es aproximar la altura al diámetro ( $H \approx D$ ) o ajustar las dimensiones según la disponibilidad de encofrados comerciales.

- Altura

$$h = \sqrt[3]{\frac{2}{\pi} * VT} \quad (28)$$

- Radio

$$r = \sqrt{\frac{h^2}{2}} \quad (29)$$

- Diámetro

$$d = 2 * r \quad (30)$$

## 4.6 DISEÑO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN

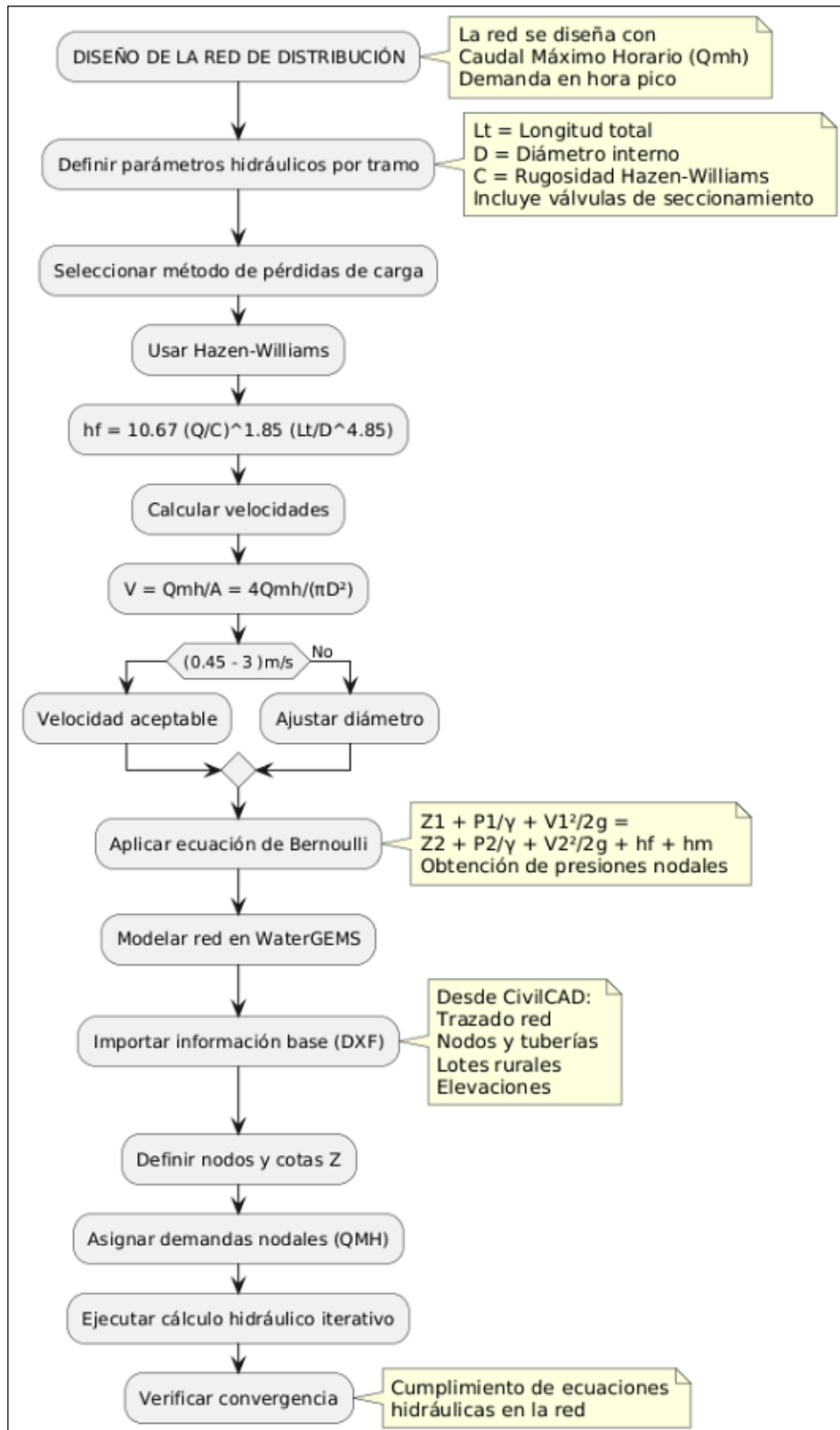


Figura 16 Diseño de la red de distribución

Elaborado por: Miguel Cruz

**Red de Distribución:** A diferencia de la conducción, la red urbana se diseña con el Caudal Máximo Horario  $Q_{MH}$ . Esto responde a la necesidad de satisfacer la demanda instantánea en las horas pico de consumo. Además, la normativa exige verificar la capacidad de la red ante siniestros, sumando el caudal contra incendios, para garantizar presión suficiente incluso en situaciones de emergencia

**- Definición de parámetros hidráulicos de las tuberías**

A cada tramo de tubería se le asignan los siguientes parámetros, en cumplimiento de la normativa nacional:

Longitud total  $L_t(m)$

Diámetro interno  $D(m)$ , respetando un diámetro nominal mínimo de 19 mm (3/4")

Coefficiente de rugosidad Hazen–Williams  $C$ , de acuerdo con el material de la tubería

Asimismo, la red incorpora válvulas de seccionamiento, conforme a la normativa, para permitir la operación, mantenimiento y sectorización del sistema sin interrupciones generales del servicio.

Tabla 17 Normas de diseño de agua pobla EPMAPS

Parámetro	Normas de Diseño de Sistemas de Agua Potable EPMAPS
<u>Presión permisible</u>	Carga hidráulica dinámica mínima (Pmin) con el caudal de diseño Pmin (en la ciudad) = 15 m.c.a. Pmin (en las parroquias rurales) = 10 m.c.a. Presión estática máxima (Pmax) Pmax = 60 m.c.a.
<u>Velocidad permisible (v)</u>	vmin = 0,45 m/s vmax = 3,0 m/s (Conductos principales de repartición) vmax = 4,0 m/s ( Sistema de aducción y redes de transporte masivo) vmax = 6,0 m/s (conducciones y líneas de transmisión en conductos plásticos ò recubrimiento epòxico)

**- Selección del método de pérdidas de carga**

De acuerdo con la práctica normativa en Ecuador para el diseño de redes de distribución de agua y considerando las características del flujo a presión en régimen turbulento de transición, se adopta la fórmula empírica de **Hazen-Williams**. Esta ecuación es el estándar metodológico para el cálculo de pérdidas por fricción en sistemas de abastecimiento, ya que ofrece resultados

de alta precisión para fluidos con viscosidad constante (agua a temperatura ambiente) y simplifica el cálculo iterativo en redes malladas.

La expresión matemática utilizada es la siguiente.

$$h_f = 10.67 \left( \frac{Q_u}{C} \right)^{1.85} \left( \frac{L_t}{D^{4.85}} \right) \quad (31)$$

Donde:

$h_f$ = Disipación de energía por rozamiento viscoso (m)

$Q_u$ = caudal unitario (m<sup>3</sup>/s)

$C$ = Factor de fricción superficial

$L_t$ = longitud de la tubería (m)

$D$ = diámetro interno (m)

Esta ecuación es resuelta internamente por WaterGEMS para cada tramo de la red.

#### - Cálculo de velocidades del flujo

La determinación de la velocidad del fluido en cada tramo de la red se realiza aplicando la **Ecuación de Continuidad**, principio fundamental que establece la relación inversa entre el área de la sección transversal y la velocidad para un caudal constante. Este cálculo es indispensable para validar el diámetro seleccionado y garantizar el comportamiento hidráulico adecuado del sistema.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} \quad (32)$$

Las velocidades obtenidas se verifican para asegurar que se mantengan dentro de rangos aceptables, evitando sedimentación, erosión o golpes de presión, conforme a criterios técnicos nacionales.

#### - Aplicación de la ecuación de Bernoulli

El análisis del comportamiento hidráulico de la red se sustenta en el teorema de la conservación energética, el cual establece que la energía total. Entre dos nodos consecutivos de cualquier tramo de tubería, la energía total debe conservarse, considerando que una parte de ella se disipa irremediablemente debido a la fricción y a la turbulencia generada por los accesorios.

Para evaluar este balance energético y determinar la línea de gradiente hidráulico (LGH), se aplica la Ecuación de Bernoulli generalizada entre un punto inicial (1) y un punto final (2):

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_m \quad (33)$$

Donde:

$Z$ = cota geométrica (m)

$P/\gamma$ = altura de presión (m)

$V^2/2g$ = altura de velocidad (m)

$h_f$ = pérdidas por fricción (m)

$h_m$ = pérdidas menores (m)

$g$ = aceleración de la gravedad (9,81 m/s<sup>2</sup>)

Esta ecuación permite determinar las presiones nodales dinámicas, verificando que, tras descontar las pérdidas por el transporte del fluido, la presión residual en cada conexión domiciliaria cumpla con los rangos exigidos por la normativa ecuatoriana.

#### 4.7 Modelación de la red en WaterGems

##### - Preparación e ingreso de información base

La red de distribución es importada desde CivilCAD, en formato DXF, incluyendo:

- Trazado de la red
- Ubicación de nodos y tuberías
- Lotes y elementos urbanos
- Elevaciones topográficas

Esta información constituye la base geométrica exigida por la normativa para una correcta modelación hidráulica.

### **- Definición de nodos y elevaciones**

Se definen los nodos hidráulicos asignando a cada uno su cota geométrica  $Z$ , obtenida del levantamiento topográfico, la cual es indispensable para el cálculo de presiones y cargas hidráulicas conforme al principio de conservación de la energía.

Las demandas nodales se asignan considerando el caudal máximo horario, tal como lo establece la normativa ecuatoriana, la cual indica que:

Independientemente del nivel de servicio, la red de distribución deberá diseñarse para el caudal máximo horario.

Este criterio garantiza el abastecimiento en condiciones críticas de consumo.

### **- Ejecución del cálculo hidráulico**

Se ejecuta de manera iterativa hasta lograr la convergencia del sistema, garantizando el cumplimiento de las ecuaciones hidráulicas en todos los elementos de la red.

## **5. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

Este análisis valida la viabilidad del rediseño, garantizando que cada componente desde la captación hasta el almacenamiento final cumpla con las normativas vigentes y asegure un servicio continuo para el Barrio Brazales durante los próximos 25 años. Al contrastar los modelos matemáticos con la realidad técnica del sector, buscamos no solo eficiencia hidráulica, sino una solución sostenible que acompañe el bienestar de la comunidad.

**Parámetros demográficos del INEC:** Para asegurar que el sistema crezca al ritmo de la población.

**Cálculos de potencia electromecánica:** Garantizando que el bombeo responda con precisión a las alturas críticas.

**Estructuras de reserva:** Dimensionadas para ofrecer autonomía y seguridad hídrica incluso en momentos de alta demanda.

### **5.1 Calculo sector 01**

Aquí se detallan los parámetros técnicos y demográficos fundamentales considerados para el rediseño del sistema de agua potable en el sector 01. En este apartado se puede visualizar la proyección poblacional al año 2050 para la cantidad de habitantes, así como los caudales de diseño calculados, destacando el Caudal Máximo Horario como el valor crítico para el dimensionamiento

Tabla 18 Proyecciones poblacionales y determinación de los caudales máximos para el sistema de agua potable.

<b>Punto Importante</b>	<b>Resultado Final</b>	<b>Unidad</b>	<b>Observación</b>
<b>Período de diseño</b>	25	Años	Tiempo proyectado (2025-2050) basado en la vida útil de tuberías de PVC.
<b>Población actual</b>	2,075	Hab.	Censo inicial de la zona rural del Barrio Brazales al año 2025.
<b>Tasa de crecimiento</b>	2.02	%	Índice anual de crecimiento poblacional según datos del INEC (Censo 2022).
<b>Población futura</b>	3,327	Hab.	Proyección al año 2050 obtenida mediante el promedio de métodos demográficos.
<b>Dotación (D)</b>	75	L/hab/día	Asignación de consumo diario de agua por habitante para zonas rurales.
<b>Caudal medio (<math>Q_m</math>)</b>	3.466	L/s	Volumen promedio de consumo diario requerido por la población proyectada.
<b>Factor Máximo Diario (<math>K_1</math>)</b>	1.25	Adimensional	Coefficiente aplicado para cubrir el día de mayor consumo en el año.
<b>Factor Máximo Horario (<math>k_2</math>)</b>	3.00	Adimensional	Coefficiente aplicado para cubrir la demanda en la hora pico del día.
<b>Caudal Máximo Diario (<math>Q_{md}</math>)</b>	4.332	Lt/s	Caudal de diseño para obras de captación, conducción y almacenamiento.
<b>Caudal Máximo Horario (<math>Q_{mh}</math>)</b>	10.40	Lt/s	Caudal crítico utilizado para el dimensionamiento de la red de distribución.

### **Análisis de las proyecciones**

- **Consistencia demográfica:** El uso de un promedio entre los métodos aritmético, geométrico y exponencial (3,327 hab.) reduce el margen de error en la planificación a largo plazo, absorbiendo las variaciones propias de cada modelo matemático.
- **Capacidad del sistema:** El sistema debe estar preparado para pasar de un flujo constante de 3.466 L/s a un pico de casi 10.40 L/s. Esta diferencia subraya la importancia de contar con un tanque de almacenamiento con capacidad suficiente para regular estas fluctuaciones horarias.
- **Normativa:** El horizonte de 25 años es ideal para asegurar que la inversión en tuberías de PVC no quede obsoleta antes de cumplir su ciclo de vida útil técnica.

## 5.2 Análisis Técnico de la estación de bombeo 01, y línea de impulsión

Se presentan los resultados técnicos obtenidos, así mismo los parámetros de diseño como el diámetro de tubería, velocidad y altura dinámica total, factores que garantizan la eficiencia del sistema para el tramo 01.

Tabla 19. Parámetros técnicos del sistema de impulsión - Estación de Bombeo 01

<b>Punto Importante</b>	<b>Resultado (EB1)</b>	<b>Unidad</b>	<b>Observación Técnica</b>
<b>Porcentaje de tiempo que la bomba está operando</b>	79	%	Garantiza un margen operativo para descanso y mantenimiento del motor.
<b>Cálculo del diámetro de la tubería</b>	90	mm	Selección de diámetro comercial basado en el cálculo de 81.37 mm.
<b>Cálculo de la velocidad en la tubería</b>	0.8602	m/s	Se mantiene en el rango ideal para evitar ruidos y erosión en el PVC.
<b>Altura estática succión</b>	0.50	m	Indica que la bomba opera con carga positiva, facilitando el cebado.
<b>Altura estática impulsión</b>	104.50	m	Desnivel geométrico neto que debe vencer el fluido hacia el tanque.
<b>Determinamos el régimen de flujo</b>	77181.97	Flujo turbulento	Estado necesario para validar la precisión de las fórmulas de fricción.
<b>Factor de fricción Swamme-Jain</b>	0.0190	f	Coefficiente de resistencia interna de la conducción de PVC.
<b>Perdidas menores (Succión)</b>	0.6994	mca	Energía disipada por la válvula de pie, codos y válvulas de corte.
<b>pérdida total de succión</b>	0.7074	mca	Sumatoria de todas las resistencias en el tramo de aspiración.
<b>perdidas por impulsión</b>	5.3318	mca	Resistencia total en el tramo de conducción de 604.19 metros.
<b>altura por velocidad de descarga</b>	0.00036	m	Carga de velocidad residual considerada para la precisión del modelo.
<b>Altura dinámica total</b>	110.55	m	Carga de trabajo que considera la altura física y el flujo dinámico.

<b>Altura estática total</b>	104.50	m	Diferencia de nivel absoluta entre la captación y el reservorio.
<b>Altura manométrica total</b>	110.55	m	Parámetro crítico final para la selección del equipo de bombeo.
<b>Cálculo de potencia de la bomba</b>	7.55	kW	Requerimiento energético neto para un rendimiento del 79%.

**Análisis de resultados del sistema de bombeo:** Los resultados consolidados no solo validan el dimensionamiento hidráulico, sino que garantizan la operatividad a largo plazo del sistema para el Barrio Brazales. Un punto crítico es el régimen de operación de 19 horas diarias (79%); esta decisión de diseño no es accidental, ya que permite que los equipos cuenten con periodos de descanso mecánico, evitando el sobrecalentamiento de los motores y proporcionando labores de mantenimiento preventivo sin interrumpir el suministro.

Desde el punto de vista físico, el sistema presenta una ventaja operativa importante al trabajar con una altura estática de succión positiva (0.50 m). Esto significa que la bomba recibirá el agua en carga, eliminando prácticamente el riesgo de cavitación y asegurando un cebado automático que protege la vida útil del rodete. Asimismo, la velocidad de flujo de 0.8602 m/s confirma que la tubería de 90 mm es la elección óptima: es lo suficientemente rápida para evitar que se asienten sedimentos en el PVC, pero lo suficientemente controlada para no generar pérdidas de energía excesivas ni ruidos por turbulencia.

La altura manométrica total de 110.55 m representa el verdadero desafío energético del proyecto. Para vencer este desnivel y las pérdidas por fricción, se requiere una potencia neta de 7.55 kW. Este valor dicta la necesidad de seleccionar una bomba centrífuga multietapa, capaz de manejar altas presiones con eficiencia. En conclusión, el equilibrio entre los diámetros seleccionados, las velocidades controladas y la carga manométrica calculada asegura que el rediseño sea técnicamente robusto, energéticamente sostenible y capaz de responder con fiabilidad a la demanda futura de la comunidad.

### 5.3 Rango de rendimiento

Se puede observar en la imagen donde representa la curva de operación para una frecuencia de 60 Hz, en el cual se relacionan la altura manométrica (H) y el caudal (Q), donde permite analizar el punto de funcionamiento del sistema, manteniendo dentro de las zonas de eficiencia óptima.

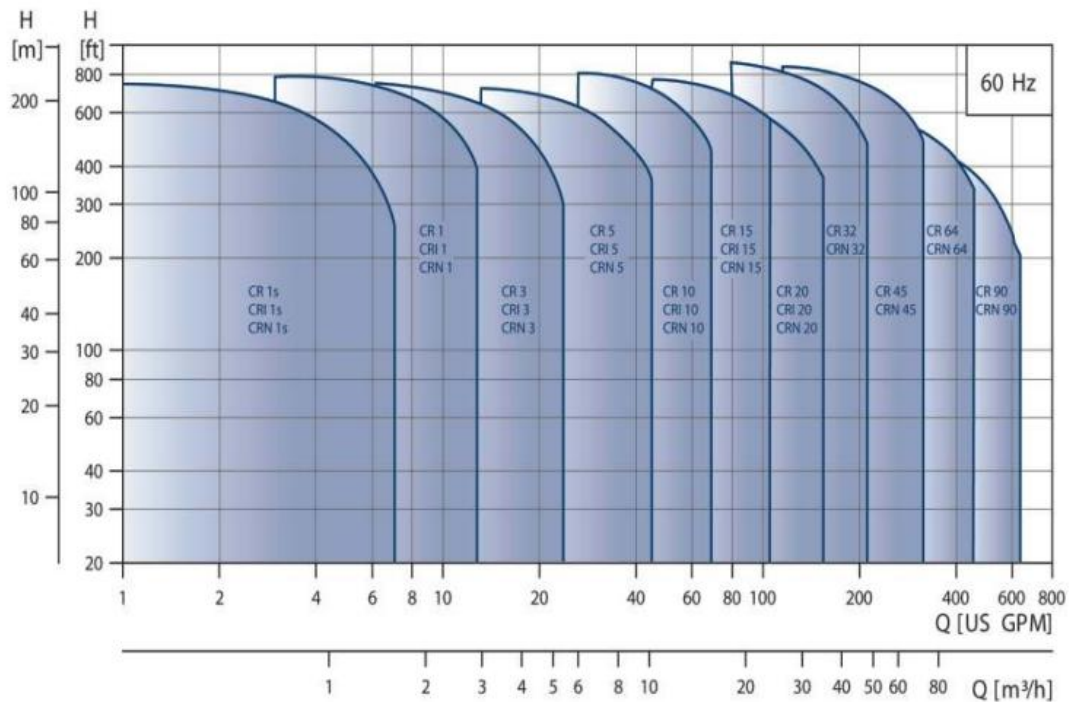


Figura 17 rango de rendimiento

Aquí en esta imagen se observa el rendimiento del equipo (Eff %) alcanza su punto óptimo dentro de los rangos de la demanda proyectados para la estación de bombeo 01, esto asegurando un comportamiento energético máximo.



Figura 18 Curva de eficiencia técnica de la electrobomba seleccionada.

Al analizar las curvas de rendimiento proporcionados por el catálogo grundfos se optó por una bomba centrífuga multietapa vertical de 10 HP modelo CR 20, de 10 etapas con una conexión a tubería brida Oval NPT de entrada y salida de 2" y una alimentación 220 V / 3  $\Phi$  /60 Hz la misma que garantizara el caudal y presión requerida para su optimo funcionamiento.

## 5.4 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento

Se detallan los parámetros de diseño hidráulico correspondiente al volumen de reservas, regulación y capacitación total del tanque de almacenamiento. Estos valores permiten definir las dimensiones geométricas necesarias para garantizar la continuidad del servicio frente a los fracasos de la demanda en el sector.

Tabla 20 Resumen técnico de volúmenes de almacenamiento y dimensionamiento del reservorio cilíndrico.

Punto	Resultado	Unidad	Observación Técnica
<b>Importante</b>			
<b>Volumen de reserva</b>	18.714	$m^3$	Capacidad almacenada para garantizar el suministro ante fallos en la fuente o conducción.
<b>Volumen de regulación</b>	117.20	$m^3$	Calculado mediante balance de masas para compensar la diferencia entre bombeo y demanda.
<b>Volumen total <math>V_t</math></b>	136	$m^3$	Capacidad geométrica final del tanque diseñada para cubrir los requerimientos del sector.
<b>Tiempo de vaciado</b>	6.9	Horas	Tiempo estimado de autonomía del reservorio sin ingreso de agua desde la captación.
<b>Altura del tanque (H)</b>	4.50	m	Dimensión vertical que incluye el borde libre para la operación segura del sistema.
<b>Diámetro del tanque (D)</b>	6.00	m	Dimensión de la base circular diseñada para optimizar el área de implantación.

**Análisis técnico y social de la capacidad de almacenamiento.** El diseño del reservorio para el Barrio Brazales no es simplemente una estructura de concreto; es la garantía de seguridad hídrica para la comunidad. El análisis de los volúmenes presentados revela una planificación estratégica que equilibra la eficiencia técnica con la fiabilidad del servicio:

- **El enfoque funcional:** Los cálculos de balance de masas permitió identificar que se necesita un volumen de regulación de  $117.20 m^3$ . Este valor es el "pulmón" del sistema; gracias a que la bomba opera durante 19 horas, se logra almacenar agua en los periodos de bajo consumo (mañana) para entregarla con fuerza y constancia en las horas pico (mañana y mediodía), cuando toda la población demanda el recurso simultáneamente.
- **Seguridad ante imprevistos:** Con un volumen total de  $136 m^3$ , el tanque cuenta con un margen de seguridad por encima de la regulación estricta. Esto, sumado a un tiempo de vaciado de 6.9 horas, les otorga a los operadores del sistema una ventana de respuesta

crítica. En caso de un corte de energía o un fallo en la electrobomba, el barrio mantendrá su suministro por más de seis horas, tiempo suficiente para realizar reparaciones de emergencia sin que los hogares sientan la interrupción.

- **Eficiencia en el dimensionamiento físico:** La elección de un tanque cilíndrico de 6 metros de diámetro y 4.50 metros de altura responde a una lógica de optimización de recursos. Esta geometría es la más eficiente para resistir las presiones internas del agua, reduciendo el riesgo de fisuras y filtraciones. Además, su altura permite una carga hidrostática adecuada para que el agua llegue por gravedad con la presión necesaria hasta la última vivienda del sector.

### 5.5 Resultados del diseño de la red de distribución del sector 01.

Se presenta las características hidráulicas y geométricas de la red de tuberías diseñadas para el sistema, se especifica los parámetros de modelación de cada tramo, incluyendo longitudes, diámetros y materiales, así como los resultados de velocidad, caudal y presiones obtenidas mediante el método de Hazen-Williams. Esta información técnica permite verificar que la red cumple con los requerimientos de suministro y estabilidad de presión necesarios para cada nodo de la infraestructura hídrica

Tabla 21 tuberías

<b>TUBERIAS</b>										
<b>TRAMOS</b>	<b>LONGITUD (m)</b>	<b>INICIO NODO</b>	<b>FINAL NODO</b>	<b>DIAMETRO (mm)</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>VELOCIDAD (m/s)</b>	<b>CAUDAL (L/s)</b>	<b>PRESION INICIAL (m H2O)</b>	<b>PRESION FINAL (m H2O)</b>	<b>HAZEN-WILLIAMS C</b>
<b>CONDUCCIÓN 01</b>	1.61	R-4	PMP-2	90	PVC	1.08	6.841	0	0	150
<b>CONDUCCIÓN 02</b>	545.91	PMP-2	ND CONDUCCIÓN -68	90	PVC	1.08	6.841	112	28	150
<b>CONDUCCIÓN 03</b>	47.67	ND CONDUCCIÓN -68	TANQUE ELEVADO	90	PVC	1.08	6.841	28	21	150
<b>TRAMO 01</b>	7.23	TANQUE ELEVADO	ND-01	75	PVC	2.35	10.375	21	20	150
<b>TRAMO 02</b>	128.15	ND-01	ND-02	63	PVC	1.28	3.975	20	24	150
<b>TRAMO 03</b>	1,143.25	ND-02	ND-08	32	PVC	0.87	0.7	24	20	150
<b>TRAMO 04</b>	10.36	ND-02	ND-03	50	PVC	1.26	2.475	24	24	150
<b>TRAMO 05</b>	819.48	ND-03	ND-04	25	PVC	0.61	0.3	24	18	150
<b>TRAMO 06</b>	6.31	ND-03	ND-05	40	PVC	0.94	1.175	24	23	150
<b>TRAMO 07</b>	311.14	ND-05	ND-06	20	PVC	1.59	0.5	23	12	150
<b>TRAMO 08</b>	252.32	ND-05	ND-07	20	PVC	0.95	0.3	23	12	150

<b>TRAMO 09</b>	17.36	ND-01	ND-09	40	PVC	1.57	1.975	20	19	150
<b>TRAMO 10</b>	310.03	ND-09	ND-10	25	PVC	0.46	0.225	19	24	150
<b>TRAMO 11</b>	307.22	ND-09	ND-11	40	PVC	0.94	1.175	19	15	150
<b>TRAMO 12</b>	9.47	ND-11	ND-12	32	PVC	0.9	0.725	15	15	150
<b>TRAMO 13</b>	225.06	ND-12	ND-27	32	PVC	0.65	0.525	15	14	150
<b>TRAMO 14</b>	168.76	ND-27	ND-13	25	PVC	0.51	0.25	14	13	150
<b>TRAMO 15</b>	128.46	ND-27	ND-14	13	PVC	0.38	0.05	14	14	150
<b>TRAMO 15</b>	10.06	ND-01	ND-16	63	PVC	1.4	4.35	20	20	150
<b>TRAMO 16</b>	375.09	ND-11	ND-15	20	PVC	0.56	0.175	15	10	150
<b>TRAMO 17</b>	119.34	ND-16	ND-17	40	PVC	1.13	1.425	20	23	150
<b>TRAMO 18</b>	821.71	ND-17	ND-18	32	PVC	0.71	0.575	23	34	150
<b>TRAMO 19</b>	436.58	ND-17	ND-19	20	PVC	0.8	0.25	23	22	150
<b>TRAMO 20</b>	226.83	ND-16	ND-20	63	PVC	0.9	2.8	20	18	150
<b>TRAMO 21</b>	103.14	ND-20	ND-24	50	PVC	1.13	2.225	18	18	150
<b>TRAMO 22</b>	137.92	ND-20	ND-21	25	PVC	0.76	0.375	18	16	150
<b>TRAMO 23</b>	31.69	ND-21	ND-22	20	PVC	0.64	0.2	16	14	150
<b>TRAMO 24</b>	97.12	ND-22	ND-23	20	PVC	0.4	0.125	14	14	150
<b>TRAMO 25</b>	160.06	ND-24	ND-25	50	PVC	1.03	2.025	18	16	150
<b>TRAMO 26</b>	184.94	ND-25	ND-26	20	PVC	0.95	0.3	16	12	150
<b>TRAMO 27</b>	371.24	ND-25	ND-27	40	PVC	0.8	1	16	15	150
<b>TRAMO 28</b>	40.55	ND-27	ND-28	40	PVC	0.4	0.5	15	18	150
<b>TRAMO 29</b>	63.82	ND-29	ND-30	25	PVC	0.71	0.35	20	22	150
<b>TRAMO 30</b>	58.04	ND-30	ND-31	20	PVC	0.64	0.2	22	24	150
<b>TRAMO 31</b>	138.01	ND-31	ND-32	20	PVC	0.4	0.125	24	9	150
<b>TRAMO 32</b>	45.44	ND-28	ND-29	40	PVC	0.34	0.425	18	20	150

Se exponen los resultados de la modelación hidráulica para los nodos que conforman el sector 01. Se detallan los niveles de elevación del terreno, las presiones estáticas y dinámicas obtenidas, así como el grado hidráulico resultante en cada punto de conexión. Estos datos permiten verificar el comportamiento del sistema frente a la topografía del sector y asegurar que el suministro cumpla con los rangos operativos de presión requeridos para el servicio domiciliario

Tabla 22 Nodos del sector 01

<b>NODOS</b>			
<b>NODOS</b>	<b>ELEVACIÓN (m)</b>	<b>PRESIÓN (m H<sub>2</sub>O)</b>	<b>GRADO HIDRAULICO (m)</b>
<b>ND CONDUCCIÓN - 68</b>	2,903.25	28	2,931.38
<b>ND-01</b>	2,910.00	20	2,930.34
<b>ND-02</b>	2,902.85	24	2,927.12
<b>ND-03</b>	2,903.07	24	2,926.79
<b>ND-04</b>	2,893.34	18	2,911.27
<b>ND-05</b>	2,903.23	23	2,926.63
<b>ND-06</b>	2,870.00	12	2,881.65
<b>ND-07</b>	2,900.00	12	2,912.47
<b>ND-08</b>	2,876.00	20	2,895.89
<b>ND-09</b>	2,910.00	19	2,929.25
<b>ND-10</b>	2,901.31	24	2,925.80
<b>ND-11</b>	2,906.67	15	2,921.86
<b>ND-12</b>	2,906.41	15	2,921.59
<b>ND-13</b>	2,902.55	13	2,915.70
<b>ND-14</b>	2,902.13	14	2,915.85
<b>ND-15</b>	2,903.62	10	2,914.10
<b>ND-16</b>	2,910.00	20	2,930.04
<b>ND-17</b>	2,903.15	23	2,925.94
<b>ND-18</b>	2,876.73	34	2,910.35
<b>ND-19</b>	2,886.51	22	2,908.46
<b>ND-20</b>	2,909.46	18	2,927.06
<b>ND-21</b>	2,907.39	16	2,923.12
<b>ND-22</b>	2,908.14	14	2,922.28
<b>ND-23</b>	2,906.91	14	2,921.20
<b>ND-24</b>	2,906.35	18	2,924.33
<b>ND-25</b>	2,904.45	16	2,920.78
<b>ND-26</b>	2,898.00	12	2,910.40
<b>ND-27</b>	2,904.00	14	2,917.98
<b>ND-27</b>	2,898.85	15	2,914.16
<b>ND-28</b>	2,896.32	18	2,913.96
<b>ND-29</b>	2,893.86	20	2,913.79
<b>ND-30</b>	2,889.96	22	2,912.18

<b>ND-31</b>	2,886.55	24	2,910.64
<b>ND-32</b>	2,900.00	9	2,909.11

En el **tramo 15** del nodo 27 al nodo 14 se identifica una velocidad de 0.38 m/s, valor inferior al margen recomendado para las redes de distribución la pérdida de velocidad se debe al mínimo caudal que circula por la baja demanda del sector, lo que caracteriza en los tramos secundarios o terminales. Sin embargo, la presión es mayor a 14 m.c.a., cumpliendo con el mínimo requerido para el abastecimiento a los usuarios. [47]

En el **tramo 24** del nodo 22 al nodo 23 se observa una velocidad de 0.40 m/s, valor menor al rango recomendado. Esta pérdida de velocidad se debe al fajo caudal circulante por la baja demanda del sector, asociado a tramos secundarios de distribución. Sin embargo, la presión se mantiene en 14 m.c.a., que supera el mínimo requerido para el abastecimiento en una red de distribución.

El **tramo 28** del nodo 27 al nodo 28 registramos una velocidad de 0.40 m/s, menor al rango recomendado. Esta condición pérdida de velocidad se atribuye al mínimo caudal circulante del sector y al diámetro de 40 mm, que resulta hidráulicamente apto para la demanda existente. Por otra parte, las presiones se mantienen entre 15 y 18 m.c.a., valores superiores al mínimo requerido, que garantiza el abastecimiento normal para los usuarios.

El **tramo 31** del nodo 31 al nodo 32 se identifica una reducción de presión desde 24 m.c.a. hasta 9 m.c.a. en el final del nodo. La variación es debido a las pérdidas por fricción que es generada por la diferencia de nivel topográfico entre los nodos, en ese punto la energía disponible se transforma en altura lo que limita la carga residual disponible en la red y la velocidad es 0.40 m/s inferior a los parámetros recomendados condición atribuida al bajo caudal que circula en el tramo final de la red.

En el **tramo 32** del nodo 28 al nodo 29 se registra una velocidad de 0.34 m/s, valor que resulta inferior a la velocidad recomendado de (0.45– 3) m/s, la pérdida de velocidad es porque el tramo corresponde al final de red donde hay un caudal mínimo que circula por una baja demanda de consumo. En otro esquema el diámetro de la tubería es de 40 mm es hidráulicamente de capacidad suficiente para el caudal que circula en la red y esto genera que la velocidad disminuya, pero sin afectar la continuidad del servicio.

## 5.5 Resultados sector 02

Tabla 23 Resumen de parámetros demográficos y consolidado de caudales de diseño (sector 2).

Punto Importante	Resultado	Unidad	Análisis / Observación Técnica
<b>Población Actual (2025)</b>	1,785	hab	Base demográfica inicial para el sector rural del Barrio Brazales.
<b>Población Futura (2050)</b>	2,862	hab	Proyección a 25 años obtenida mediante el promedio de métodos demográficos.
<b>Nivel de Servicio</b>	Iib	AP, ERL	Define el uso de conexiones domiciliarias con alcantarillado sanitario, Para sistemas de agua potable
<b>Dotación (Clima Frío)</b>	75	L/hab*día	Consumo diario asignado por habitante según la normativa para este nivel.
<b>Factor de Fugas (f)</b>	1.20	-	Margen del 20% para compensar pérdidas técnicas y asegurar la presión.
<b>Caudal Medio (<math>Q_m</math>)</b>	2.98	Lt/s	Volumen promedio diario requerido para satisfacer las necesidades básicas.
<b>Caudal Máximo Diario (<math>Q_{md}</math>)</b>	3.73	Lt/s	Utilizado para dimensionar la captación, el bombeo y el almacenamiento.
<b>Caudal Máximo Horario (<math>Q_m</math>)</b>	8.94	Lt/s	Caudal pico que determina el diámetro de la red de distribución final.
<b>Longitud de Impulsión</b>	355.51	m	Recorrido total desde la captación hasta la cota de 2927 msnm.
<b>Periodo de Diseño</b>	25	años	Horizonte de vida útil que garantiza la rentabilidad y servicio de la obra.

**Planificación con visión de futuro:** El sistema ha sido diseñado para absorber un crecimiento poblacional del 60%, pasando de 1,785 a 2,862 habitantes. Esta previsión a 25 años asegura que la inversión realizada hoy no quede obsoleta en el corto plazo, permitiendo que la infraestructura crezca al ritmo de las familias del barrio.

**Dignidad y calidad en el servicio:** Al adoptar el Nivel de Servicio Iib, el proyecto trasciende la simple entrega de agua; se enfoca en proporcionar conexiones domiciliarias formales vinculadas a un sistema de alcantarillado. Esto garantiza que la dotación de 75 Lt/hab\*día se traduzca en una mejora real en la higiene y salud pública de los moradores.

**Resiliencia ante la demanda pico:** El dato más crítico del análisis es el Caudal Máximo Horario ( $Q_{mh}$ ) de 8.94 L/s. El sistema está dimensionado para triplicar su capacidad de entrega frente al consumo promedio diario, asegurando que, incluso en las "horas pico" (cuando todos los vecinos utilizan el servicio simultáneamente), las presiones se mantengan constantes y el suministro no se debilite.

**Compromiso con la sostenibilidad:** La fijación de un 20% de factor de fugas es una medida responsable. Al reconocer que ningún sistema es hermético a perpetuidad, este margen garantiza que la red siga estando eficiente y mantenga su presión operativa a pesar del desgaste natural de los accesorios o posibles imprevistos técnicos a lo largo de los 355.51 metros de conducción.

## 5.6 Cálculo de bomba

Aquí se resumen los cálculos de energía y el comportamiento hidráulico del sector 02. Esta información es clave para determinar la capacidad de la bomba, ya que integra las pérdidas de carga y la altura manométrica requerida. Con estos resultados, se garantiza que el equipo pueda superar el desnivel del terreno y funcionar con un rendimiento mecánico óptimo en el sector.

Tabla 24 Resumen de parámetros hidráulicos y balance energético del sistema de impulsión (sector 02).

Punto Importante	Resultado	Unidad	Observación Técnica (Análisis)
Porcentaje de tiempo que la bomba está operando	0.79	%	Régimen de 19 horas que optimiza la vida útil del motor y permite mantenimiento.
Cálculo del diámetro de la tubería	90	mm	Con el diámetro interior de 82.3312 mm, seleccionamos en las especificaciones técnicas el diámetro nominal comercial
Cálculo de la velocidad en la tubería	0.7399	m/s	Velocidad dentro del rango normativo; asegura el autolavado sin erosión.
Altura estática succión	0.50	m	Indica que la bomba trabajará "en carga", eliminando riesgos de cavitación.
Altura estática impulsión	103.00	m	Desnivel vertical neto que el sistema debe vencer incluyendo la altura del tanque.
Determinamos el régimen de flujo	0.0196 turbulento		Estado dinámico que valida la aplicación de las fórmulas de fricción utilizadas.
Factor de fricción Swamme-Jain	0.019	m	Coefficiente de resistencia interna específico para el material PVC de la red.

<b>Perdidas (Succión)</b>	<b>menores</b>	0.5093	mca	Resistencia mínima generada por accesorios, favoreciendo la eficiencia de aspiración.
<b>Pérdida total de succión</b>		0.5154	mca	Energía total disipada desde la captación hasta el ingreso a la bomba.
<b>perdidas por impulsión</b>		2.440	mca	Sumatoria de fricción y accesorios en los 355.50 metros de conducción.
<b>altura por velocidad de descarga</b>		0.00031	m	Carga cinética residual; se integra para garantizar la máxima precisión del cálculo.
<b>Altura estática total</b>		102.50	m	Diferencia de nivel absoluta entre los puntos críticos de captación y entrega.
<b>Altura total</b>	<b>manométrica</b>	105.46	m	Parámetro definitivo para la selección y compra del equipo electromecánico.
<b>Cálculo de potencia de la bomba</b>		6.15	kw	Potencia neta requerida considerando una eficiencia operativa del 79%.

**Análisis del cálculo de bomba.** El dimensionamiento de este sistema de impulsión manifiesta un equilibrio entre eficiencia operativa y ahorro energético. Al definir un régimen de trabajo de 19 horas diarias (79%), el diseño no solo asegura el abastecimiento continuo, sino que prolonga la vida del equipo al permitir periodos de enfriamiento, evitando que el motor trabaje en condiciones de fatiga extrema.

Desde el punto de vista de la ingeniería, contar con una velocidad de 0.74 m/s es un éxito técnico: es lo suficientemente veloz para evitar que se asienten arenas o sedimentos en la tubería, pero lo suficientemente controlada para no desperdiciar energía en fricción innecesaria. Además, el hecho de que la bomba trabaje con una succión positiva de 0.50 m es la mejor garantía contra la cavitación, un fenómeno que suele destruir los rodets de las bombas en sistemas mal diseñados.

Al enfrentar una altura manométrica total de 105.46 metros, el proyecto entra en la categoría de alta presión. Esto nos obliga a ser sumamente rigurosos en la selección de materiales; las tuberías y accesorios deben soportar al menos PN 16 para resistir no solo la carga constante, sino también posibles variaciones de presión. Con una potencia requerida de 10 HP, el sistema se consolida como una solución robusta y económicamente viable, capaz de llevar el agua con total seguridad hasta el punto más alto del Barrio Brazales.

## 5.7 Porcentaje de tiempo que la bomba está operando

Aquí se muestra los parámetros de almacenamiento y las capacidades calculadas para el reservorio del sector 02. Los volúmenes de regulación y reserva hasta las dimensiones geométricas y el tiempo de autonomía del sistema. Donde permite verificar que el diseño del tanque garantiza el suministro continuo y cuenta con la capacidad física necesaria para cubrir el sector.

Tabla 25 Resumen de capacidades volumétricas y dimensionamiento físico del reservorio (sector 02).

Punto Importante	Resultado	Unidad	Observación Técnica (Análisis)
<b>Caudal de Captación (<math>Q_c</math>)</b>	16.099	$m^3/h$	Flujo constante de entrada durante las 19 horas de bombeo programadas.
<b>Volumen de Regulación (<math>V_{reg}</math>)</b>	100.823	$m^3$	Capacidad necesaria para compensar la diferencia entre el bombeo y el consumo real.
<b>Volumen de Reserva</b>	16.099	$m^3$	Volumen total bombeado en el ciclo diario para satisfacer la demanda proyectada.
<b>Volumen Total Geométrico</b>	120	$m^3$	Capacidad física total del tanque considerando sus dimensiones (D=6m, H=4m).
<b>Tiempo de Vaciado</b>	6.9	Horas	Autonomía del sistema en caso de falla en la captación con demanda máxima.
<b>Altura del Tanque (H)</b>	4.00	m	Dimensión vertical que permite una carga de presión adecuada para la red.
<b>Diámetro del Tanque (D)</b>	6.00	m	Dimensión de la base que asegura estabilidad estructural y facilidad de limpieza.
<b>Radio del Tanque (R)</b>	3.00	m	Parámetro base utilizado para el cálculo del área y volumen cilíndrico.

**Análisis de gestión y capacidad de almacenamiento.** El dimensionamiento para el Tanque 02 representa una solución técnica equilibrada que garantiza la continuidad del servicio en el sector. Este diseño no solo cumple con normativas hidráulicas, sino que responde a una planificación pensada en la resiliencia del sistema:

- **Eficiencia en la Regulación:** El volumen de regulación de  $100.82 m^3$  es la pieza clave para la estabilidad de la red. Al utilizar el método de balance de masas, se asegura que el excedente producido durante las horas de bajo consumo se almacene correctamente. Esto permite que, en los momentos de mayor demanda, el tanque entregue el agua con

la presión y el caudal necesarios, sin que los usuarios perciban fluctuaciones en el servicio.

- **Seguridad y Autonomía:** Con un tiempo de vaciado de casi 7 horas, el sistema ofrece un margen de seguridad vital. En caso de una interrupción imprevista en el bombeo o fallas eléctricas, la comunidad mantiene su suministro de agua potable durante un tiempo considerable, permitiendo a los operadores realizar reparaciones de emergencia sin afectar inmediatamente el bienestar de los hogares.
- **Optimización Estructural:** La elección de una geometría cilíndrica con 6 metros de diámetro y 4 metros de altura es la más acertada desde el punto de vista de la ingeniería civil. Esta forma distribuye las presiones hidrostáticas de manera uniforme sobre las paredes del reservorio, minimizando el riesgo de fisuras y garantizando una vida útil prolongada. Además, su volumen total de  $120\text{ m}^3$  proporciona como una seguridad por encima de la regulación estricta, ideal para absorber imprevistos técnicos o variaciones atípicas en el consumo de la población.

## 5.8 Resultados del diseño de la red de distribución del sector 02.

Se exhiben los componentes técnicos y las métricas de desempeño para el sistema de tuberías del sector 02. Aquí se agrupan las dimensiones estructurales de los conductos junto con las variables dinámicas de flujo, tales como los niveles de fricción bajo el coeficiente de Hazen-Williams y las cargas de presión resultantes. Estos indicadores aseguran que la distribución planteada para el área de estudio sea capaz de conservar el equilibrio hídrico y satisfacer los requerimientos de servicio en todos sus puntos de consumo.

Tabla 26 tuberías

<b>TUBERIAS</b>										
<b>TRAMOS</b>	<b>LONGITUD (m)</b>	<b>INICIO NODO</b>	<b>FINAL NODO</b>	<b>DIAMETRO (mm)</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>VELOCIDAD (m/s)</b>	<b>CAUDAL (L/s)</b>	<b>PRESION INICIAL (m H2O)</b>	<b>PRESION FINAL (m H2O)</b>	<b>HAZEN- WILLIAMS C</b>
<b>CONDUCCION 01</b>	343	PMP-1	T-1	90	PVC	1.17	7.432	100	22	150
<b>TRAMO 01</b>	34	T-1	ND 01	75	PVC	1.98	8.741	22	22	150
<b>TRAMO 02</b>	914	ND 01	ND 02	63	PVC	1.2	3.746	22	21	150
<b>TRAMO 03</b>	107	ND 02	ND 03	13	PVC	0.86	0.114	21	15	150
<b>TRAMO 04</b>	211	ND 02	ND 04	50	PVC	1.26	2.469	21	24	150
<b>TRAMO 05</b>	213	ND 04	ND 05	32	PVC	0.88	0.71	24	19	150
<b>TRAMO 06</b>	187	ND 05	ND 06	25	PVC	0.46	0.227	19	11	150
<b>TRAMO 07</b>	83	ND 04	ND 07	50	PVC	0.71	1.391	24	25	150
<b>TRAMO 08</b>	151	ND 07	ND 08	25	PVC	0.64	0.312	25	26	150
<b>TRAMO 09</b>	222	ND 07	ND 09	40	PVC	0.79	0.993	25	33	150
<b>TRAMO 10</b>	67	ND 09	ND 10	32	PVC	0.95	0.766	33	40	150

<b>TRAMO 11</b>	81	ND 10	ND 11	20	PVC	0.9	0.284	40	24	150
<b>TRAMO 12</b>	142	ND 11	ND 12	20	PVC	0.45	0.142	24	13	150
<b>TRAMO 13</b>	209	ND 10	ND 13	20	PVC	0.54	0.17	40	15	150
<b>TRAMO 14</b>	98	ND 09	ND 14	13	PVC	0.64	0.085	33	32	150
<b>TRAMO 15</b>	14	ND 01	ND 15	63	PVC	1.35	4.2	22	21	150
<b>TRAMO 16</b>	207	ND 15	ND 16	63	PVC	0.66	2.072	21	24	150
<b>TRAMO 17</b>	28	ND 16	ND 17	25	PVC	0.87	0.426	24	25	150
<b>TRAMO 18</b>	75	ND 17	ND 18	20	PVC	0.72	0.227	25	28	150
<b>TRAMO 19</b>	63	ND 18	ND 19	20	PVC	0.72	0.227	28	31	150
<b>TRAMO 20</b>	1,271	ND 16	ND 20	32	PVC	0.92	0.738	24	26	150
<b>TRAMO 21</b>	364	ND 15	ND 21	50	PVC	0.96	1.887	21	34	150
<b>TRAMO 22</b>	694	ND 21	ND 22	20	PVC	0.9	0.284	34	41	150

Se recopila los datos del sector 02, de presión y las magnitudes energéticas registradas en los diversos nudos de la malla. El documento vincula la topografía del área con las variables de carga y la línea de gradiente hidráulico resultante en este emplazamiento. Mediante estos parámetros, se ratifica que el diseño propuesto para la localidad compensa de forma eficiente los desniveles del suelo, garantizando una presión de servicio constante incluso en los puntos de entrega más críticos.

Tabla 27 Nodos del sector 02

<b>NODOS</b>			
<b>NODOS</b>	<b>ELEVACIÓN (m)</b>	<b>PRESIÓN (m H2O)</b>	<b>GRADO HIDRAULICO (m)</b>
<b>ND 01</b>	2,901.84	22	2,923.63
<b>ND 02</b>	2,881.66	21	2,903.04
<b>ND 03</b>	2,879.84	15	2,894.91
<b>ND 04</b>	2,872.69	24	2,896.27
<b>ND 05</b>	2,871.37	19	2,890.31
<b>ND 06</b>	2,877.03	11	2,888.20
<b>ND 07</b>	2,869.98	25	2,895.35
<b>ND 08</b>	2,866.43	26	2,892.27
<b>ND 09</b>	2,858.59	33	2,891.44
<b>ND 10</b>	2,849.17	40	2,889.25
<b>ND 11</b>	2,861.52	24	2,885.18
<b>ND 12</b>	2,870.00	13	2,883.19
<b>ND 13</b>	2,870.00	15	2,885.14
<b>ND 14</b>	2,855.43	32	2,887.09
<b>ND 15</b>	2,901.69	21	2,923.23
<b>ND 16</b>	2,897.78	24	2,921.67
<b>ND 17</b>	2,895.56	25	2,920.65
<b>ND 18</b>	2,889.65	28	2,918.12
<b>ND 19</b>	2,884.66	31	2,916.01
<b>ND 20</b>	2,856.86	26	2,883.38
<b>ND 21</b>	2,881.96	34	2,916.12
<b>ND 22</b>	2,840.00	41	2,880.95

**Análisis.** Los datos integrados de las Tablas 26 y 27 confirman la viabilidad del diseño en este emplazamiento. En los tramos 06, 12 y 13, se registran velocidades de (0.46, 0.45 y 0.54) m/s, valores que se ajustan al rango mínimo de (0.45 – 3) m/s exigido por la normativa EPMAPS. [47] para entornos rurales. Esta condición asegura el autolavado de la red, evitando sedimentos. Paralelamente, las presiones en los nodos se mantienen estables.

## 5.9 Discusión de resultados

En este punto se valida la solvencia técnica del rediseño para el Barrio Brazales, se establece un análisis comparativo, la matriz se asocian las metodologías de cálculo, las herramientas de software empleadas y los hallazgos más significativos frente a estudios previos, permitiendo ratificar que los parámetros de presión y potencia obtenidos se alinean con las tendencias actuales de eficiencia y sostenibilidad hídrica.

Tabla 28 Matriz comparativa de parámetros técnicos y metodológicos con estudios de referencia.

Referente Técnico	Enfoque Principal	Metodología / Software	Hallazgos Relevantes para la Comparación
Proyecto del barrio Brazales (estudio actual)	Rediseño del sistema de distribución de agua potable para el "Barrio Brazales"	WaterGems y EPMAPS	el sistema rediseñado garantiza la estabilidad hídrica del barrio brazales mediante presiones operativas de 11 a 41 m.c.a. y un esquema de bombeo de 10 hp que asegura la continuidad del servicio frente a la demanda proyectada.
Cuyo Vega [20]	Diseño de un sistema de bombeo para la Junta "Loma de Cofres" (Latacunga).	EPANET y normativa INEN.	Propone el uso de dos bombas de 7.5 HP en paralelo para garantizar flexibilidad operativa, alcanzando velocidades de 1.05 m/s, lo que refuerza la viabilidad de sistemas de bombeo en sectores altos de Latacunga.
Ceballos [40]	Modelación y rediseño hidráulico del sistema de agua potable, modelación y rediseño en jipijapa.	WaterCad	valida el uso de modelación avanzada para garantizar el acceso al agua en sectores rurales dispersos.
Bolainez & Varela [48]	Optimización energética en sistemas de bombeo de agua rural.	Análisis de eficiencia energética.	enfatisa la importancia de la selección correcta de bombas para reducir costos operativos, validando el uso de ciclos de operación eficientes.
Cueva & Chanaluisa [49]	Mejoras en bombeo para riego (cruz loma).	Evaluación de desempeño mecánico.	resalta que el mantenimiento preventivo y la correcta curva de operación del impulsor son claves para evitar la fatiga del motor.

**Síntesis y validación de resultados mediante el análisis comparativo:** A partir del contraste técnico expuesto, se establece que el rediseño para el Barrio Brazales trasciende el cumplimiento normativo de la EPMAPS, al integrar criterios de eficiencia validados en diversas investigaciones de ingeniería hidráulica. La correlación metodológica en el uso de herramientas de modelación avanzada y la determinación de potencias de bombeo, en sintonía con hallazgos reportados en proyectos locales y regionales, ratifica la exactitud de los cálculos efectuados. Esta correlación con antecedentes técnicos confirma que la propuesta no solo resuelve las

deficiencias críticas de la red preexistente, sino que proyecta una infraestructura resiliente y capaz de asegurar un abastecimiento digno y constante durante los próximos años.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- El rediseño propuesto constituye la solución técnica definitiva para erradicar la vulnerabilidad hídrica del Barrio Brazales. Mediante la sustitución planificada de la infraestructura obsoleta y las conexiones empíricas, el diseño garantiza la eliminación de fugas recurrentes y riesgos de contaminación por sedimentos. Esta propuesta trasciende lo técnico al enfocarse en la seguridad sanitaria, proyectando devolver la tranquilidad a las familias mediante un suministro que, bajo estas especificaciones, será constante y de calidad.
- La viabilidad de la propuesta se fundamenta en la precisión del levantamiento topográfico y el análisis de caudales proyectados al año 2050. Se determinó que la implementación de una solución mixta (bombeo y gravedad) es la alternativa técnica óptima para superar los 86 metros de desnivel del terreno. El dimensionamiento de la bomba de 10 HP y los tanques de reserva de  $136\text{ m}^3$  y  $120\text{ m}^3$  permitirá que, una vez ejecutado, el sistema absorba los picos de demanda sin comprometer la presión en las zonas altas.
- A través de la modelación en el software especializado, se comprobó que los parámetros de diseño son técnicamente funcionales y cumplen con la normativa vigente. La selección de tubería PVC PN16 de 90 mm asegura la estabilización de las presiones por encima de los 10 m.c.a. en todos los nodos de la red. Este resultado demuestra que el rediseño planteado tiene la capacidad de transformar el sistema deficiente actual en un modelo de gestión hídrica eficiente, una vez sea puesto en marcha.
- El proyecto cumple con su objetivo de establecer una hoja de ruta técnica para pasar del estado de escasez a un sistema resiliente y escalable. La propuesta técnica asegura el abastecimiento para los próximos 25 años, cumpliendo con los estándares legales y técnicos. La implementación de esta infraestructura digna representa la vía necesaria para cumplir la promesa de mejorar la calidad de vida de los habitantes del Barrio Brazales.

## 6.2 Recomendaciones

- Se sugiere a los dirigentes del barrio Brazales, utilizar la memoria técnica del rediseño del sistema de agua como el principal sustento técnico, para la gestión de recursos ante el GAD Municipal de Latacunga. Este proyecto permite demostrar el rediseño específico que responda a las necesidades reales de cada zona. Esto asegurará que la asignación presupuestaria sea justa y proporcional a la población beneficiaria, garantizando que el servicio llegue con la presión adecuada a todos los hogares.
- Con el fin de proteger la inversión y prolongar la vida útil de las estaciones de bombeo y el reservorio, se sugiere establecer un cronograma de inspección periódica. Es fundamental la capacitación de un operador local en tareas de revisión de válvulas y limpieza de tanques, minimizando así las interrupciones del servicio y evitando gastos imprevistos por fallas mecánicas a futuro.
- Se sugiere que la directiva establezca mecanismos de cooperación con los organismos ambientales competentes para establecer un perímetro de protección en la captación. Esta acción es fundamental para prevenir afectaciones derivadas de labores agrícolas o ganaderas en las inmediaciones, asegurando que las propiedades físico-químicas del recurso hídrico se ajusten permanentemente a los estándares de potabilidad exigidos por la legislación nacional vigente.

## 5. REFERENCIAS

- [1] K. Fernández, “Rediseño de red de conducción y distribución de agua potable para la comunidad de Molobog Grande comuna Buena Esperanza,” *[Tesis Progr. Univ. Politécnica Sales. Cuenca]*, pp. 1–124, 2024.
- [2] C. Bravo and M. Piedra, “Evaluación y rediseño del sistema de agua de Yugshi, sector la Cofradía-Tañiloma, Cuenca, Azuay,” *Univ. del Azuay*, 2023.
- [3] Mogollón Toapanta Leyner Analia, “Características del agua en la parroquia El Cascajo, su relación con las enfermedades en la comunidad y su impacto en la salud pública,” pp. 1–61, 2025.
- [4] “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra Análisis y rediseño de la red abierta de distribución de agua potable que Previo la obtención del Título de: Magister en Ingeniería Civil mención Construcción y Sane,” 2023.
- [5] F. De Jurisprudencia, D. Francisco, and I. Torres, “Universidad de Cuenca,” pp. 0–3, 2023.
- [6] R. Criollo and D. Guailas, “Estudio de prefactibilidad técnico-económica de la implementación de un sistema de generación distribuida fotovoltaica para el autoabastecimiento de energía eléctrica a los aularios del Eco-Campus Balzay de la Universidad de Cuenca,” pp. 1–123, 2024, [Online]. Available: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/%0Ahttps://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/44972>
- [7] K. Quirumba, “Carrera De Ingeniería Civil La Libertad – Ecuador,” 2023.
- [8] X. P. Peña and X. Pardell, “Tratamientos de Agua para Consumo Humano Garantizando la Calidad del Agua Potable,” 2025, [Online]. Available: <https://www.authorea.com/users/831871/articles/1264897-tratamientos-de-agua-para-consumo-humano-garantizando-la-calidad-del-agua-potable?commit=3b3f4a6e62a170630f4a8eee2a10fb37cccb7a8d>
- [9] P. Ekonomi, “PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA LA OBTECIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERIA EN ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DEL RIESGO,” *Bussiness Law binus*, vol. 7, no. 2, pp. 33–48, 2023, [Online]. Available:

<https://dspace.ucuenca.edu.ec/%0Ahttps://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/44972>

- [10] R. E. N. Rongcai, W. U. Guoxiong, and C. A. I. Ming, “PROPUESTA TÉCNICA PARA ASEGURAR EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DE ALTA CALIDAD EN LA VEREDA CATALINA, SAHAGÚN, CÓRDOBA ING.,” pp. 1–161.
- [11] E. D. E. La, R. E. D. Del, and S. D. E. Riego, “Escuela politécnica nacional,” 2025.
- [12] R. J. R. M. PROFESOR, “FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL PARTICIPACIÓN CIUDADANA EN PROYECTOS DE INVERSIÓN PÚBLICA : EXPERIENCIAS LATINOAMERICANAS Y INVERSIÓN PÚBLICA :,” 2024.
- [13] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, “Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales,” *Ecuador en Cifras*, pp. 1–31, 2024.
- [14] J. M. Perugachi Cachimuel and C. Cachipuendo Ulcuango, *La lucha por el agua: gestión Comunitaria del Proyecto de Agua Potable Pesillo-Imbabura*. 2020. doi: 10.7476/9789978105764.
- [15] D. Yoza and E. LLuilema, ““Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para el recinto San Cristóbal de la parroquia Juan Gómez Rendón,” 2023, [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26101/1/UPS-GT004620.pdf>
- [16] C. M. B. Antonio, “Análisis de la calidad del agua de consumo en la red de distribución de agua potable del sector urbano del cantón Chambo,” no. February, pp. 4–6, 2024, [Online]. Available: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/12984>
- [17] INEN, “NTE INEN 1108. Guías para la calidad del agua potable,” 2020, pp. 1–10, 2020, [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26101/1/UPS-GT004620.pdf>
- [18] M. E. Mejía, P. Tutor, : Santiago, P. Bonilla, and B. Quito, “Determinación de la seguridad hídrica a nivel comunitario en poblaciones rurales de Chimborazo, Ecuador,” 2025, [Online]. Available: <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/10494>
- [19] “Anteproyecto\_Ley\_Recursos\_Hidricos\_Uso\_Aprovecha.pdf.”
- [20] B. C. C. Vega, “DISEÑO DE UN SISTEMA DE BOMBEO PARA LA JUNTA

- ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE ‘LOMA DE COFRES’ DE LA CIUDAD DE LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI,” *Repos. Uta*, p. 195, 2025, [Online]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6265>
- [21] Bonilla Johan Santiago, “Diseño de un sistema Hidráulico para el abastecimiento de agua en la comunidad El Porvenir,” pp. 1–101, 2024.
- [22] N. Yumisaca, “Caracterización fisicoquímica y microbiológica del agua procedente de vertientes subterráneas para consumo humano en dos comunidades de la Parroquia San Luis,” pp. 14–44, 2024, [Online]. Available: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/22566>
- [23] Solange Micaela Buitrón Moreira, “EVALUACIÓN DEL SISTEMA PARA CAPTACIÓN, CONDUCCIÓN, ALMACENAMIENTO Y CALIDAD DE AGUA PROVENIENTE DE UN MANANTIAL DE FONDO EN EL BARRIO PRADERAS DEL ILALÓ PERTENECIENTE A LA PARROQUIA LA MERCED, CANTÓN QUITO.,” 2025, [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25615>
- [24] INEC, “Gestión de agua potable y saneamiento 2022,” pp. 6–30, 2023.
- [25] N. Barranco-Mejía, F. López-Pérez, M. del Carmen Torres-Salazar, and P. M. Albornoz-Góngora, *Gestión de aguas pluviales y sustentabilidad urbana. Una revisión*, vol. 15, no. 3. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 2024. doi: <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2024-03-10>.
- [26] R. Aymeé and L. Winograd, “Determinación de las zonas de protección comparación de los métodos de la NC 1192:2017 y el WhAEM, caso de estudio fuentes de abasto de San José de las Lajas,” vol. XLIV, no. 03, 2023.
- [27] X. ZAMBRANO, “Sistema de bombeo de agua para riego mediante la aplicación de tecnologías de la Industria 4.0 Water pumping system for irrigation through the application of Industry 4.0 technologies,” pp. 125–137, 2023, [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0002-3122-7019LuigiO.Freire>, <https://orcid.org/0000-0001-7934-9480ByronCorrales>, <https://orcid.org/0000-0002-2186-8664JessicaN.Castillo>, <https://orcid.org/0000-0002-7047-5613>
- [28] P. Mantilaro, “BOMBAS CENTRÍFUGAS VERTICALES,” 2024.
- [29] M. de L. G. Guerrero, “AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA UNIDAD DE BOMBEO HORIZONTAL CENTRÍFUGO MULTI-ETAPA NÚMERO

- DOS DE REINYECCIÓN DE AGUA DE TAPI A.,” *Bussiness Law binus*, vol. 7, no. 2, pp. 33–48, 2023, [Online]. Available: [http://repository.radenintan.ac.id/11375/1/PERPUS\\_PUSAT.pdf](http://repository.radenintan.ac.id/11375/1/PERPUS_PUSAT.pdf)<http://business-law.binus.ac.id/2015/10/08/pariwisata-syariah/><https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results/><https://journal.uir.ac.id/index.php/kiat/article/view/8839>
- [30] R. del P. Ojeda-Rios and N. Panduro-Sánchez, *Diseño hidráulico de la captación, línea de conducción y almacenamiento del sistema de agua potable de la localidad de Maray*. 2024. [Online]. Available: <https://hdl.handle.net/11458/6240><https://repositorio.unsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/4b1ba064-71b0-4ca3-99e6-57189ec23b67/content>
- [31] P. M. E. Bravo, “Universidad Estatal Del Sur De Manabi Facultad De Ciencias De La Salud,” *Univ. Estatal Del Sur Manabi*, 2024.
- [32] C. de I. y D. T. del A. CIDTA, “Redes de Abastecimiento de agua: Partes del Abastecimiento y Tipos de Redes,” p. 7, 2020, [Online]. Available: [http://cidta.usal.es/Cursos/redes/modulos/Libros/unidad 2/tiposredes.PDF](http://cidta.usal.es/Cursos/redes/modulos/Libros/unidad%202/tiposredes.PDF)
- [33] C. Torres, C. Gerardo, R. Celi, and C. Priscila, “Metodología para cualificar, cuantificar, controlar y minimizar las pérdidas de agua en los sistemas de distribución de agua en zonas rurales de la sierra ecuatoriana, caso de estudio: parroquia San Vicente, cantón El Pan, provincia del Azuay,” no. 381, 2022.
- [34] D. A. Serrano, F. Y. Cerpa, and G. A. Gutiérrez, “Análisis de las pérdidas de carga en flujo turbulento en un laboratorio universitario de mecánica de fluidos,” *Inf. tecnológica*, vol. 32, no. 4, pp. 3–12, 2021, doi: 10.4067/s0718-07642021000400003.
- [35] V. O. R. Dávila, “COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE ALIVIADEROS DE PERFIL ESTRICTO EN ZONAS DE GRAN ALTITUD,” 2025.
- [36] P. A. D. Idrovo, “Simulación del comportamiento de la red de distribución de agua potable del sector Cebollar 3.2 Centro a través de un modelo hidráulico para el análisis de vulnerabilidad operativas del sistema.,” *Univ. del Azuay*, pp. 1–145, 2023, [Online]. Available: <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/6819/1/07260.pdf>
- [37] R. March, “Aplicación de la ecuación de Bernoulli en flujo a presión,” pp. 1–9.
- [38] S. P. Collins *et al.*, “Modelación hidráulica del sistema de distribución de agua potable

- de Baños,” pp. 167–186, 2021.
- [39] U. D. E. L. Azuay, S. Ana, C. Gustavo, and Ñ. Mendieta, “Maestría en Hidrosanitaria Simulación y Evaluación del Sistema de Distribución de Agua Potable de la Planta Bella Unión perteneciente a la Parroquia,” 2025.
- [40] C.-C. L. V. 1; P.-P. A. M. 2; L.-S. D. E. 3; M.-B. D. Stalin, “MODELACIÓN Y REDISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LOS SECTORES GUESBOL, CHADE, ANONAS Y NARANJADA, CANTÓN JIPIJAPA, PROVINCIA DE MANABÍ,” vol. 8, no. 16, pp. 260–275, 2025, doi: <https://doi.org/10.46296/ig.v8i16.0295> MODELACIÓN.
- [41] J. Maguiña, “Análisis Comparativo De Costo, Vida Útil Y Calidad Entre Tuberías De Pvc Y Hdpe En Red De Agua Potable De La Asociación De Vivienda Santiago De Mazo - Végueta - Huaura, 2021,” 2021.
- [42] C. De *et al.*, “Universidad Estatal Del Sur De Manabí Facultad De Ciencias Técnicas,” 2025.
- [43] NORMA URBANA EIOS, “Normas Para Estudio De Sistemas De Abastecimiento De Agua Potable Y Disposición De Aguas Residuales Para Poblaciones Mayores a 1000 Habitantes,” *Código Ecuatoriano la Construcción*, no. 6, p. 420, 1992, [Online]. Available: [http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma\\_urbana\\_para\\_estudios\\_y\\_disenos.pdf](http://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/04/norma_urbana_para_estudios_y_disenos.pdf)
- [44] EPMAPS, “Además de las Normas de diseño de la Empresa EMAAP-Q , se aplicaron las siguientes normas y manuales , aplicables , de la American Water Works Association ( AWWA ): ASTM - American Society for Testing and Materials,” p. 29.
- [45] Vaxasoftware, “Viscosidad dinámica del agua líquida a varias temperaturas,” p. 100, 2010, [Online]. Available: [http://www.vaxasoftware.com/doc\\_edu/qui/viscoh2o.pdf](http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/qui/viscoh2o.pdf)
- [46] A. A. S. O. J. G. Q. Cujilema, “Diseño del tanque de regulación de agua potable para la comuna Libertador Bolívar, Provincia de Santa Elena,” no. February, pp. 4–6, 2024.
- [47] EPMAPS AGUA DE QUITO, “INFORME FINAL DEFINITIVO SEPTIEMBRE 2021 Almacenamiento, Tanque DE Calderón, Y Redes de,” 2021.
- [48] C. E. B. C. K. L. V. Figueroa, “OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA EN SISTEMAS DE BOMBEO DE AGUA RURAL SUSTENTADO,” no. February, pp. 4–6, 2024.

- [49] E. I. Mañay Yanez, W. A. Hidalgo Osorio, and P. J. Vásquez Carrera, “Optimización de sistemas de bombeo en redes de distribución de agua: análisis de eficiencia energética y reducción de pérdidas por fricción,” *Rev. Ingenio Glob.*, vol. 4, no. 1, pp. 203–218, 2025, doi: 10.62943/rig.v4n1.2025.217.

## ANEXOS

### Anexo 1 Evidencias técnicas de cada fase del procedimiento



Figura 19 Estado de las tuberías según vida útil, identificación de pérdidas de fuga se agua



Figura 20 Inspección y diagnóstico del sistema de distribución de agua potable del Barrio Brazales



Figura 21 Entrevista con los moradores del barrio



Figura 22 Levantamiento planimétrico y altimétrico del sistema de agua potable.

FlexTable: Junction Table (Current Time: 0.000 hours) (RED 1.wtg)

ID	Label	Elevation (m)	Pressure (m H2O)	Hydraulic Grade (m)	Demand Collection	Demand (L/s)
694: ND CONDU	694 ND CONDUCT...	2,903.25	28	2,931.38	<Collection:	0.000
75: ND-01	75 ND-01	2,910.00	20	2,930.34	<Collection:	0.075
74: ND-02	74 ND-02	2,902.85	24	2,927.12	<Collection:	0.800
92: ND-03	92 ND-03	2,903.07	24	2,926.79	<Collection:	1.000
40: ND-04	40 ND-04	2,893.34	18	2,911.27	<Collection:	0.300
86: ND-05	86 ND-05	2,903.23	23	2,926.63	<Collection:	0.375
93: ND-06	93 ND-06	2,870.00	12	2,881.65	<Collection:	0.500
87: ND-07	87 ND-07	2,900.00	12	2,912.47	<Collection:	0.300
106: ND-08	106 ND-08	2,876.00	20	2,895.89	<Collection:	0.700
90: ND-09	90 ND-09	2,910.00	19	2,929.25	<Collection:	0.575
89: ND-10	89 ND-10	2,901.31	24	2,925.80	<Collection:	0.225
98: ND-11	98 ND-11	2,906.67	15	2,921.86	<Collection:	0.275
43: ND-12	43 ND-12	2,906.41	15	2,921.59	<Collection:	0.200
95: ND-13	95 ND-13	2,902.55	13	2,915.70	<Collection:	0.250
78: ND-14	78 ND-14	2,902.13	14	2,915.85	<Collection:	0.050
97: ND-15	97 ND-15	2,903.62	10	2,914.10	<Collection:	0.175
71: ND-16	71 ND-16	2,910.00	20	2,930.04	<Collection:	0.125
55: ND-17	55 ND-17	2,903.15	23	2,925.94	<Collection:	0.600
103: ND-18	103 ND-18	2,876.73	34	2,910.35	<Collection:	0.575
102: ND-19	102 ND-19	2,886.51	22	2,908.46	<Collection:	0.250
84: ND-20	84 ND-20	2,909.46	18	2,927.06	<Collection:	0.200
622: ND-21	622 ND-21	2,907.39	16	2,923.12	<Collection:	0.175
625: ND-22	625 ND-22	2,908.14	14	2,922.28	<Collection:	0.075
83: ND-23	83 ND-23	2,906.91	14	2,921.20	<Collection:	0.125
628: ND-24	628 ND-24	2,906.35	18	2,924.33	<Collection:	0.200
81: ND-25	81 ND-25	2,904.45	16	2,920.78	<Collection:	0.725
80: ND-26	80 ND-26	2,898.00	12	2,910.40	<Collection:	0.300
77: ND-27	77 ND-27	2,904.00	14	2,917.98	<Collection:	0.225
631: ND-27	631 ND-27	2,898.85	15	2,914.16	<Collection:	0.500
634: ND-28	634 ND-28	2,896.32	18	2,913.96	<Collection:	0.075
637: ND-29	637 ND-29	2,893.86	20	2,913.79	<Collection:	0.075
640: ND-30	640 ND-30	2,889.96	22	2,912.18	<Collection:	0.150
643: ND-31	643 ND-31	2,886.55	24	2,910.64	<Collection:	0.075
100: ND-32	100 ND-32	2,900.00	9	2,909.11	<Collection:	0.125

34 of 34 elements displayed | SORTED

FlexTable: Junction Table (Current Time: 0.000 hours) (RED 2 OSCAR.wtg)

	ID	Label	Elevation (m)	Pressure (m H2O)	Hydraulic Grade (m)	Demand Collection	Demand (L/s)
383: ND 01	383	ND 01	2,901.84	22	2,923.63	<Collection:	0.795
358: ND 02	358	ND 02	2,881.66	21	2,903.04	<Collection:	1.164
359: ND 03	359	ND 03	2,879.84	15	2,894.91	<Collection:	0.114
373: ND 04	373	ND 04	2,872.69	24	2,896.27	<Collection:	0.369
368: ND 05	368	ND 05	2,871.37	19	2,890.31	<Collection:	0.482
367: ND 06	367	ND 06	2,877.03	11	2,888.20	<Collection:	0.227
361: ND 07	361	ND 07	2,869.98	25	2,895.35	<Collection:	0.085
362: ND 08	362	ND 08	2,866.43	26	2,892.27	<Collection:	0.312
375: ND 09	375	ND 09	2,858.59	33	2,891.44	<Collection:	0.142
370: ND 10	370	ND 10	2,849.17	40	2,889.25	<Collection:	0.312
496: ND 11	496	ND 11	2,861.52	24	2,885.18	<Collection:	0.142
376: ND 12	376	ND 12	2,870.00	13	2,883.19	<Collection:	0.142
371: ND 13	371	ND 13	2,870.00	15	2,885.14	<Collection:	0.170
378: ND 14	378	ND 14	2,855.43	32	2,887.09	<Collection:	0.085
381: ND 15	381	ND 15	2,901.69	21	2,923.23	<Collection:	0.241
364: ND 16	364	ND 16	2,897.78	24	2,921.67	<Collection:	0.908
587: ND 17	587	ND 17	2,895.56	25	2,920.65	<Collection:	0.199
584: ND 18	584	ND 18	2,889.65	28	2,918.12	<Collection:	0.000
365: ND 19	365	ND 19	2,884.66	31	2,916.01	<Collection:	0.227
385: ND 20	385	ND 20	2,856.86	26	2,883.38	<Collection:	0.738
411: ND 21	411	ND 21	2,881.96	34	2,916.12	<Collection:	1.604
380: ND 22	380	ND 22	2,840.00	41	2,880.95	<Collection:	0.284

22 of 22 elements displayed | SORTED

Figura 23 Asignación de parámetros hidráulicos y demandas nodales Red 01 y Red 02

FlexTable: Tank Table (Current Time: 0.000 hours) (RED 1.wtg)

	ID	Label	Zone	Elevation (Base) (m)	Elevation (Minimum) (m)	Elevation (Initial) (m)	Elevation (Maximum) (m)	Volume (Inactive) (ML)	Diameter (m)	Flow (Out net) (L/s)	Hydraulic Grade (m)
677: T-1	677	T-1	<None>	2,930.50	2,930.70	2,930.80	2,935.00	136.00	6.00	7.874	2,930.80

1 of 1 elements displayed

FlexTable: Tank Table (Current Time: 0.000 hours) (RED 2 OSCAR.wtg)

	ID	Label	Zone	Elevation (Base) (m)	Elevation (Minimum) (m)	Elevation (Initial) (m)	Elevation (Maximum) (m)	Volume (Inactive) (ML)	Diameter (m)	Flow (Out net) (L/s)	Hydraulic Grade (m)
539: T-2	539	T-2	<None>	2,923.00	2,923.15	2,925.20	2,927.00	120.00	6.00	5.235	2,925.00

1 of 1 elements displayed

Figura 24 Configuración del tanque 01 y tanque 02 de almacenamiento dentro del modelo hidráulico.



Figura 25 Resultados de presión y velocidad en la red existente.

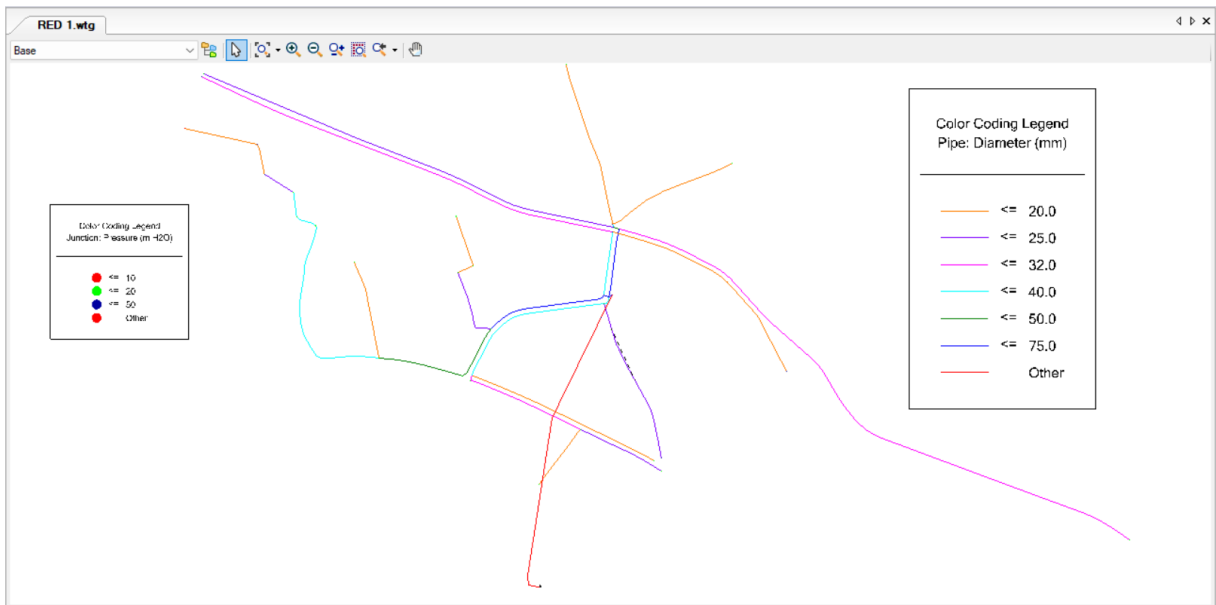




Figura 26 Modelación hidráulica del sistema rediseñado del Barrio Brazales.

## Anexo 2: Entrevista

Universidad Técnica De Cotopaxi

Facultad De Ciencias De La Ingeniería Y Aplicadas

Carrera De Ingeniería hidráulica

**OBJETIVO:** Recopilar testimonios sobre la realidad del servicio actual para justificar el rediseño hidráulico y contrastar los datos técnicos con la experiencia del usuario.

**DIRIGIDO:** Moradores del barrio Brazales

### CUESTIONARIO

1. Sobre la continuidad ¿Con qué frecuencia y en qué horarios suele sufrir cortes de agua en su hogar?

Tabla 29 Respuesta 1 de los moradores

<b>RESPUESTA 1</b>	El servicio es muy irregular. Sufrimos baja presión de agua casi todos los días, especialmente en las horas pico, entre las 9:00 AM y las 4:00 PM. Los fines de semana la situación empeora y a veces pasamos el sábado entero sin agua hasta la noche
<b>RESPUESTA 2</b>	Es cosa de todos los días. A eso de las 10 de la mañana se baja la presión de agua y no regresa hasta la tarde, tipo 5 o 6. Los fines de semana es peor, a veces el domingo amanecemos sin gota de agua y toca ver cómo nos acomodamos con lo que hayamos guardado en tachos el día anterior

2. Sobre la presión ¿En qué momentos del día nota que el agua llega con poca fuerza o presión?

Tabla 30 Respuesta 2de los moradores

<b>RESPUESTA 1</b>	En las mañanas, tipo 6:30 AM a 8:30 AM, el agua llega apenas como un hilo, no alcanza a subir ni a la ducha ni al segundo piso. Toca recoger en baldes a nivel del suelo porque la fuerza no da para más
<b>RESPUESTA 2</b>	Incluso cuando hay agua, llega muy débil. En las mañanas, cuando todos queremos bañarnos para salir, el agua sale apenas un chorrito. Yo tengo la lavadora, pero a veces no la puedo usar porque la

---

presión no alcanza para que se llene, y me toca lavar a mano o esperar hasta la noche a ver si mejora

---

**3. Sobre la calidad ¿Ha notado si el agua llega sucia, con mal olor o sabor extraño en alguna ocasión?**

Tabla 31 Respuesta 3 de los moradores

<b>RESPUESTA 1</b>	Sí, sobre todo cuando regresa el agua después de un corte. Llega turbia, con tierra o sedimentos, y toca dejarla correr un buen rato o hervirla mucho para poder usarla, lo cual nos preocupa por la salud de los niños.
<b>RESPUESTA 2</b>	Sí, viera que cuando recién regresa el agua después de los cortes, sale como chocolate, llena de tierra. Toca dejar la llave abierta un buen rato para que aclare, y eso es un desperdicio, pero no nos queda de otra porque da miedo cocinar con esa agua sucia

**4. Sobre la afectación ¿Qué problemas principales le causa a su familia el servicio actual de agua potable?**

Tabla 32 Respuesta 4 de los moradores

<b>RESPUESTA 1</b>	Nos afecta mucho en la higiene diaria y la salud. No podemos lavar la ropa cuando queremos, sino 'cuando llega el agua'. Además, tenemos que gastar dinero comprando agua de botellón para cocinar porque desconfiamos de la calidad del grifo debido a los cortes constantes
<b>RESPUESTA 2</b>	Es una preocupación constante por la salud, sobre todo por mis hijos pequeños. Además, es muy incómodo no poder hacer las cosas de la casa a la hora que uno quiere. Vivimos pendientes de si hay o no agua para poder limpiar o cocinar

**5. Sobre la infraestructura ¿Conoce algún sector del barrio donde existan fugas de agua frecuentes?**

Tabla 33 Respuesta 4 de los moradores

<b>RESPUESTA 1</b>	Sí, en las calles principales se ven mangueras negras viejas que siempre se rompen cuando pasa algún vehículo pesado. Hay tramos donde la tierra pasa húmeda todo el tiempo; se nota que hay fugas que nadie arregla porque la tubería ya cumplió su vida útil
--------------------	--

---

**RESPUESTA 2**

Sí, bajando por la calle principal he visto que siempre está mojado el pavimento, aunque no haya llovido. Se nota que la tubería de abajo está rota, y da coraje ver cómo se desperdicia el agua ahí mientras a nosotros no nos llega a la casa.

---

## ANEXO 3 Diseño de sistema de Bombeo

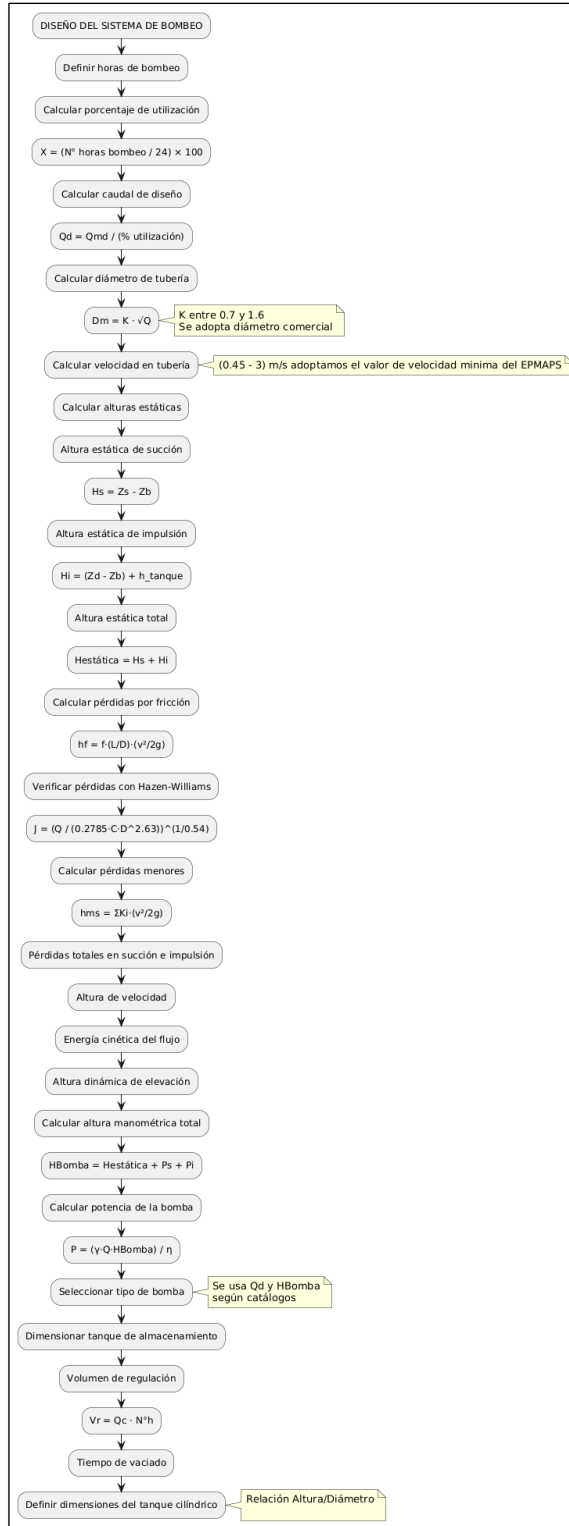


Figura 27 Diseño del sistema de Bombeo general

Elaborado por: Miguel Cruz

## Anexo 4: Cuadro de cantidades tramo 01

Tabla 34 (Sistema de bombeo y red de distribución)

N°	Descripción técnica del material	unidad	cantidad
<b>1</b>	<b>Obras preliminares</b>		
1.1	Excavación mecánica en suelo sin clasificar 0 a 0.50 m de profundidad	m3	1553.88
1.2	Excavación manual en suelo sin clasificar 0 a 0.50 m de profundidad	m3	1676.55
<b>2</b>	<b>Tuberías</b>		
2.1	Tubo GR PVC BL pegable, Ø 1/2"	m	128.46
2.2	Tubo PVC P roscable, Ø 3/4"	m	4.5
2.3	Tubo PVC E/C 1,25 MPA Ø 20 mm	m	1571.18
2.4	Tubo PVC E/C 1,25 MPA Ø 25 mm	m	2042.62
2.5	Tubo PVC E/C 1,25 MPA Ø 32 mm	m	2199.49
2.6	Tubo PVC E/C 1,00 MPA Ø 40 mm	m	907.46
2.7	Tubo PVC E/C 1,00 MPA Ø 50 mm	m	263.2
2.8	Tubo PVC E/C 1,00 MPA Ø 63 mm	m	354.98
2.9	Tubo PVC E/C 1,00 MPA Ø 90 mm	m	604.197
<b>3</b>	<b>Accesorios</b>		
3.1	Adaptador hembra C/R-E/C	u	1
3.2	Adaptador macho C/R-E/C, Ø 90 mm 3"	u	1
3.3	Bushing polipropileno rosca 2" X 3/4"	u	1
3.4	Bushing polipropileno rosca 3" X 2"	u	1
3.5	Bushing polipropileno rosca 3/4" X 1/4"	u	1
3.6	Codo E/C x 45°, Ø 20 mm	u	1
3.7	Codo E/C x 45°, Ø 40 mm	u	1
3.8	Codo E/C x 45°, Ø 90 mm	u	6
3.9	Codo E/C x 90°, Ø 32 mm	u	1
3.1	Codo E/C x 90°, Ø 40 mm	u	2
3.11	Codo E/C x 90°, Ø 90 mm	u	8
3.12	Codo E/C x 90°, Ø 20 mm	u	1
3.13	Codo E/C x 90°, Ø 25 mm	u	1
3.14	Collarín derivación PP Iny 90 mm x 3/4 PN10	u	3
3.15	Cruz E/C Ø 63 mm	u	1
3.16	Manómetro Caja ABS. Tubo bourdon y racor latón UNE-EN 12165. Rosca 1/4" macho (NPT)	u	1
3.17	Neplo bronce 1/4" x 1/4"	u	1
3.18	Reductor buje e/c, Ø 25 mm a 20 mm	u	2
3.19	Reductor buje E/C, Ø 32 mm a 20 mm	u	1
3.2	Reductor buje e/c, Ø 40 mm a 20 mm	u	3
3.21	Reductor buje e/c, Ø 40 mm a 32 mm	u	1
3.22	Reductor buje e/c, Ø 50 mm a 20 mm	u	1
3.23	Reductor buje E/C, Ø 50 mm a 40 mm	u	1
3.24	Reductor buje E/C, Ø 63 mm a 32 mm	u	1
3.25	Reductor buje E/C, Ø 63 mm a 40 mm	u	1
3.26	Reductor buje E/C, Ø 63 mm a 50 mm	u	1
3.27	Tapón hembra E/C, Ø 20 mm	u	5

<b>3.28</b>	Tapón hembra E/C, Ø 25 mm	u	2
<b>3.29</b>	Tapón hembra E/C, Ø 32 mm	u	2
<b>3.3</b>	Tapón hembra E/C, Ø 40 mm	u	1
<b>3.31</b>	Tapón hembra GR PVC BL pagable, Ø 1/2"	u	1
<b>3.32</b>	Tee E/C, Ø 40 mm	u	1
<b>3.33</b>	Tee E/C, Ø 50 mm	u	1
<b>3.34</b>	Tee E/C, Ø 63 mm	u	3
<b>3.35</b>	Tee E/C, Ø 90 mm	u	2
<b>3.36</b>	Tee reductora E/C, Ø 40 mm a 20 mm	u	2
<b>3.37</b>	Tee reductora E/C, Ø 40 mm a 25 mm	u	1
<b>3.38</b>	Tee reductora E/C, Ø 50 mm a 20 mm	u	1
<b>3.39</b>	Tee reductora E/C, Ø 63 mm a 25 mm	u	1
<b>4</b>	<b>Válvulas</b>		
<b>4.1</b>	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 1/2"	u	1
<b>4.2</b>	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 20 mm	u	2
<b>4.3</b>	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 25 mm	u	2
<b>4.4</b>	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 32 mm	u	1
<b>4.5</b>	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 40 mm	u	2
<b>4.6</b>	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 50 mm	u	1
<b>4.7</b>	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 63 mm	u	3
<b>4.8</b>	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 75 mm	u	2
<b>4.9</b>	Válvula esférica 1/4" bronce/latón PN 16	u	1
<b>4.1</b>	Válvula esférica 3" bronce/latón PN 16	u	2
<b>4.11</b>	Válvula aire 3/4" BSP DG-10 triple acción plas PN10 ARI	u	1
<b>4.12</b>	Válvula Check horizontal HF 3" b/b	u	1
<b>4.13</b>	Válvula de pie 3", rosca gruesa NPT	u	1
<b>5</b>	<b>Equipo de bombeo</b>		
<b>5.1</b>	Bomba centrífuga multietapa vertical de 10 HP modelo CR 20, de 10 etapas con una conexión a tubería brida Oval NPT de entrada y salida de 2" y una alimentación 220 V / 3 Φ /60 Hz	u	1
<b>5.2</b>	Tablero para bomba de 10hp arranque directo. Contactor Tripolar. Guardamotor Termomagnético. Minibreaker De Protección Control. Pilotos De Señalización. Selectores De Tres Y Dos Posiciones.	u	1
<b>6</b>	<b>Rehabilitación de aceras y vías intervenidas</b>		
<b>6.1</b>	Material de mejoramiento	m3	3230.43
<b>6.2</b>	hormigón 210 kg/cm3	m3	112.49

## Anexo 5. Cuadro de cantidades tramo 02

Tabla 35 (Sistema de bombeo y red de distribución)

<b>N°</b>	<b>Descripción técnica del material</b>	<b>unidad</b>	<b>cantidad</b>
<b>1</b>	<b>obras preliminares</b>		
<b>1.1</b>	Excavación mecánica en suelo sin clasificar 0 a 0.50 m de profundidad	m3	1816.6

<b>1.2</b>	Excavación manual en suelo sin clasificar 0 a 0.50 m de profundidad	m3	1202.4
<b>2</b>	<b>Tuberías</b>		
<b>2.1</b>	Tubo GR PVC BL pegable, Ø 1/2"	m	205
<b>2.2</b>	Tubo PVC P roscable, Ø 3/4"	m	3
<b>2.3</b>	Tubo PVC E/C 1,25 MPA Ø 20 mm	m	1264
<b>2.4</b>	Tubo PVC E/C 1,25 MPA Ø 25 mm	m	28
<b>2.5</b>	Tubo PVC E/C 1,25 MPA Ø 32 mm	m	1551
<b>2.6</b>	Tubo PVC E/C 1,00 MPA Ø 40 mm	m	222
<b>2.7</b>	Tubo PVC E/C 1,00 MPA Ø 50 mm	m	658
<b>2.8</b>	Tubo PVC E/C 1,00 MPA Ø 63 mm	m	221
<b>2.9</b>	Tubo PVC E/C 1,00 MPA Ø 75 mm	m	34
<b>2.1</b>	Tubo PVC E/C 1,00 MPA Ø 90 mm	m	355.505
<b>3</b>	<b>Accesorios</b>		
<b>3.1</b>	BUSHING POLIPROPILENO ROSCA 2" X 3/4"	u	1
<b>3.2</b>	BUSHING POLIPROPILENO ROSCA 3" X 2"	u	1
<b>3.3</b>	BUSHING POLIPROPILENO ROSCA 3/4" X 1/4"	u	1
<b>3.4</b>	Codo E/C x 45°, Ø 90 mm	u	6
<b>3.5</b>	Codo E/C x 90°, Ø 32 mm	u	1
<b>3.6</b>	Codo E/C x 90°, Ø 63 mm	u	1
<b>3.7</b>	Codo E/C x 90°, Ø 90 mm	u	5
<b>3.8</b>	Codo E/C x 45°, Ø 25 mm	u	1
<b>3.9</b>	Codo E/C x 90°, Ø 20 mm	u	1
<b>3.1</b>	Codo E/C x 90°, Ø 25 mm	u	1
<b>3.11</b>	Codo E/C x 90°, Ø 50 mm	u	1
<b>3.12</b>	Collarín derivación PP Iny 90 mm x 3/4 PN10	u	2
<b>3.13</b>	Manómetro Caja ABS. Tubo bourdon y racor latón UNE-EN 12165. Rosca 1/4" macho (NPT)	u	1
<b>3.14</b>	Neplo bronce 1/4" x 1/4"	u	1
<b>3.15</b>	Reductor buje E/C, Ø 25 mm a 20 mm	u	1
<b>3.16</b>	Reductor buje E/C, Ø 32 mm a 20 mm	u	2
<b>3.17</b>	Reductor buje E/C, Ø 32 mm a 25 mm	u	1
<b>3.18</b>	Reductor buje E/C, Ø 40 mm a 13 mm	u	1
<b>3.19</b>	Reductor buje E/C, Ø 50 mm a 20 mm	u	1
<b>3.2</b>	Reductor buje E/C, Ø 50 mm a 40 mm	u	1
<b>3.21</b>	Reductor buje E/C, Ø 63 mm a 32 mm	u	1
<b>3.22</b>	Reductor buje E/C, Ø 63 mm a 50 mm	u	1
<b>3.23</b>	Reductor buje E/C, Ø 75 mm a 63 mm	u	1
<b>3.24</b>	Tapón hembra E/C, Ø 20 mm	u	4
<b>3.25</b>	Tapón hembra E/C, Ø 25 mm	u	1
<b>3.26</b>	Tapón hembra E/C, Ø 32 mm	u	2
<b>3.27</b>	Tapón hembra GR PVC BL pegable, Ø 1/2"	u	2
<b>3.28</b>	Tee E/C, Ø 90 mm	u	1
<b>3.29</b>	Tee reductora E/C, Ø 32 mm a 20 mm	u	1
<b>3.3</b>	Tee reductora E/C, Ø 40 mm a 32 mm	u	1
<b>3.31</b>	Tee reductora E/C, Ø 50 mm a 25 mm	u	1

<b>3.32</b>	Tee reductora E/C, Ø 50 mm a 32 mm	u	1
<b>3.33</b>	Tee reductora E/C, Ø 63 mm a 25 mm	u	1
<b>3.34</b>	Tee reductora E/C, Ø 63 mm a 50 mm	u	1
<b>3.35</b>	Tee reductora E/C, Ø 75 mm a 63 mm	u	1
<b>4</b>	<b>Válvulas</b>		
<b>4.1</b>	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 1/2"	u	1
<b>4.2</b>	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 20 mm	u	1
<b>4.3</b>	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 25 mm	u	2
<b>4.4</b>	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 32 mm	u	2
<b>4.5</b>	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 63 mm	u	2
<b>4.6</b>	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 75 mm	u	1
<b>4.7</b>	Válvula esférica 1/4" bronce/latón PN 16	u	1
<b>4.8</b>	Válvula esférica 3" bronce/latón PN 16	u	2
<b>4.9</b>	Válvula aire 3/4" BSP DG-10 triple acción plas PN10 ARI	u	2
<b>4.1</b>	Valvula Check horizontal HF 3" b/b	u	1
<b>4.11</b>	Válvula de pie 3", rosca gruesa NPT	u	1
<b>5</b>	<b>Equipo de bombeo</b>		
<b>5.1</b>	Bomba centrífuga multietapa vertical de 10 HP modelo CR 20, de 10 etapas con una conexión a tubería brida Oval NPT de entrada y salida de 2" y una alimentación 220 V / 3 Φ /60 Hz	u	1
<b>5.2</b>	Tablero para bomba de 10hp arranque directo. Contactor Tripolar. Guardamotor Termomagnético. Minibreaker De Protección Control. Pilotos De Señalización. Selectores De Tres Y Dos Posiciones.	u	1
<b>6</b>	<b>Rehabilitación de aceras y vías intervenidas</b>		
<b>6.1</b>	Material de mejoramiento	m3	3019
<b>6.2</b>	Hormigón 210 kg/cm3	m3	240.48



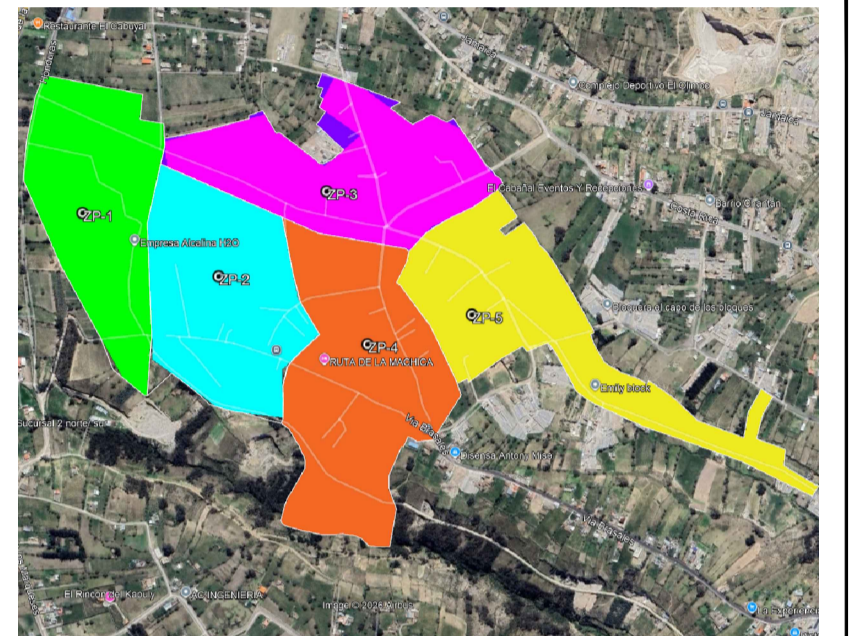
ESCALA: 1:2400



PROYECTO:

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
INGENIERÍA HIDRÁULICA  
REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"

UBICACIÓN:



PROVINCIA: COTOPAXI PARROQUIA: SAN FELIPE CANTÓN: LATACUNGA  
REFERENCIA: 17 M 761632.54 m E 9898114.17 m S

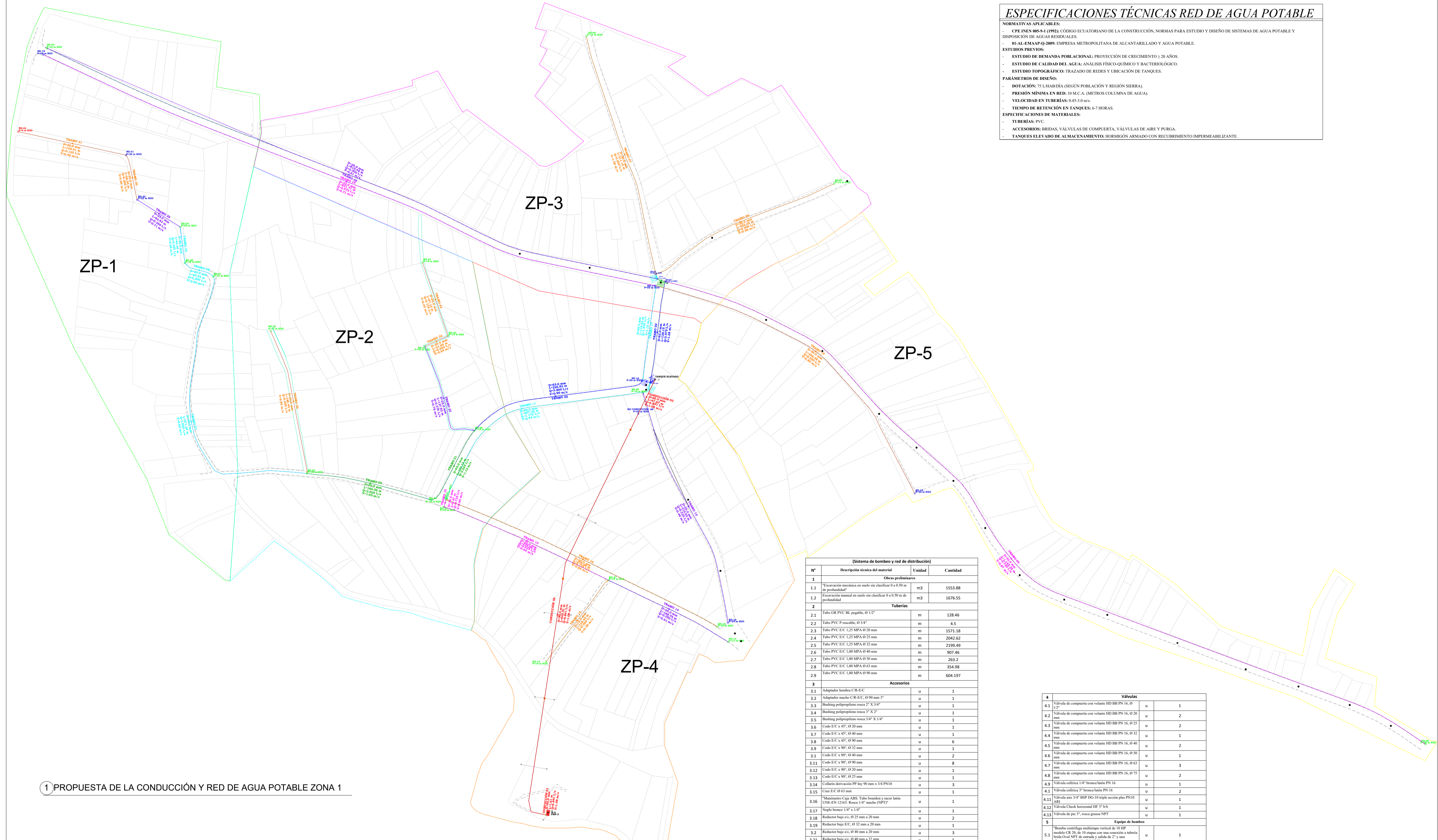
SIMBOLOGÍA

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	CODO EN 45°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RED DE AGUA POTABLE

- NORMATIVAS APLICABLES:**
- CPE INEN 069-11 (1992): CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN, NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES.
  - RESOLUCIÓN 04-2009: EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE.
- ESTUDIOS PREVIOS:**
- ESTUDIO DE DEMANDA POBLACIONAL: PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO 2-20 AÑOS.
  - ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO.
  - ESTUDIO TOPOGRÁFICO: TRAZADO DE REDES Y UBICACIÓN DE TANQUES.
- PARÁMETROS DE DISEÑO:**
- DOTACIÓN: 75 L/HAB/DÍA (SEGÚN POBLACION Y REGION SIERRA).
  - PRESIÓN MÍNIMA EN RED: 10 M.C.A. (METROS COLUMNA DE AGUA).
  - VELOCIDADES EN TUBERÍAS: 1.0-1.5 m/s.
  - TIEMPO DE RETENCIÓN EN TANQUES: 6-7 HORAS.
- ESPECIFICACIONES DE MATERIALES:**
- TUBERÍAS: PVC.
  - ACCESORIOS: BRIDAS, VÁLVULAS DE COMPUERTA, VÁLVULAS DE AIRE Y PURGA.
  - TANQUES ELEVADO DE ALMACENAMIENTO: BORMIGÓN ARMADO CON RECUBRIMIENTO IMPERMEABILIZANTE.



(Sistema de bombeo y red de distribución)

Nº	Descripción técnica del material	Unidad	Cantidad
<b>Obras preliminares</b>			
1.1	Excavación superficial en suelo sin clasificar 0 a 0.50 m de profundidad	m <sup>3</sup>	1553.88
1.2	Excavación manual en suelo sin clasificar 0 a 0.50 m de profundidad	m <sup>3</sup>	1676.55
<b>Tuberías</b>			
2.1	Tubo GR PVC BI, rígido, Ø 12"	m	128.46
2.2	Tubo PVC P, flexible, Ø 3"	m	4.5
2.3	Tubo PVC E.C. 1.25 MPa Ø 20 mm	m	1571.18
2.4	Tubo PVC E.C. 1.25 MPa Ø 25 mm	m	2042.62
2.5	Tubo PVC E.C. 1.25 MPa Ø 32 mm	m	2199.49
2.6	Tubo PVC E.C. 1.00 MPa Ø 40 mm	m	907.46
2.7	Tubo PVC E.C. 1.00 MPa Ø 50 mm	m	282.2
2.8	Tubo PVC E.C. 1.00 MPa Ø 63 mm	m	354.98
2.9	Tubo PVC E.C. 1.00 MPa Ø 90 mm	m	604.197
<b>Accesorios</b>			
3.1	Adaptador bombas C.R. 6" x 6"	u	1
3.2	Adaptador bombas C.R. 6" x 6" Ø 90 mm 2"	u	1
3.3	Briding polipropileno mosca 2" x 2"	u	1
3.4	Briding polipropileno mosca 3" x 2"	u	1
3.5	Briding polipropileno mosca 3" x 1 1/2"	u	1
3.6	Codo E.C. x 45°, Ø 20 mm	u	8
3.7	Codo E.C. x 45°, Ø 40 mm	u	1
3.8	Codo E.C. x 45°, Ø 50 mm	u	6
3.9	Codo E.C. x 90°, Ø 20 mm	u	1
3.10	Codo E.C. x 90°, Ø 40 mm	u	2
3.11	Codo E.C. x 90°, Ø 50 mm	u	8
3.12	Codo E.C. x 90°, Ø 20 mm	u	1
3.13	Codo E.C. x 90°, Ø 25 mm	u	1
3.14	Collares de aluminio PP 90 mm x 3/4" PN10	u	3
3.15	Cruz E.C. Ø 40 mm	u	1
3.16	Mantenedor Caja ABS, tubo horizontal y vertical (Ø 100 x 125) - Mosca 1/2" macho (NPT)	u	1
3.17	Nipple bronce 1/4" x 1/4"	u	1
3.18	Reductor brzo. e/c. Ø 25 mm x 20 mm	u	2
3.19	Reductor brzo. E.C. Ø 32 mm x 20 mm	u	1
3.20	Reductor brzo. e/c. Ø 40 mm x 20 mm	u	3
3.21	Reductor brzo. e/c. Ø 40 mm x 25 mm	u	1
3.22	Reductor brzo. e/c. Ø 50 mm x 20 mm	u	1
3.23	Reductor brzo. E.C. Ø 63 mm x 40 mm	u	1
3.24	Reductor brzo. E.C. Ø 63 mm x 50 mm	u	1
3.25	Reductor brzo. E.C. Ø 63 mm x 40 mm	u	1
3.26	Reductor brzo. E.C. Ø 63 mm x 50 mm	u	1
3.27	Tapón bombas E.C. Ø 20 mm	u	5
3.28	Tapón bombas E.C. Ø 25 mm	u	2
3.29	Tapón bombas E.C. Ø 32 mm	u	2
3.30	Tapón bombas E.C. Ø 40 mm	u	1
3.31	Tapón bombas GR PVC BI, rígido, Ø 12"	u	1
3.32	Tee E.C. Ø 40 mm	u	1
3.33	Tee E.C. Ø 50 mm	u	1
3.34	Tee E.C. Ø 63 mm	u	3
3.35	Tee E.C. Ø 90 mm	u	2
3.36	Tee reductor E.C. Ø 40 mm x 20 mm	u	2
3.37	Tee reductor E.C. Ø 40 mm x 25 mm	u	1
3.38	Tee reductor E.C. Ø 50 mm x 20 mm	u	1
3.39	Tee reductor E.C. Ø 63 mm x 25 mm	u	1

**Válvulas**

4.1	Válvula de compuerta con volante HD 800 PN 16, Ø 12"	u	1
4.2	Válvula de compuerta con volante HD 800 PN 16, Ø 20 mm	u	2
4.3	Válvula de compuerta con volante HD 800 PN 16, Ø 25 mm	u	2
4.4	Válvula de compuerta con volante HD 800 PN 16, Ø 32 mm	u	1
4.5	Válvula de compuerta con volante HD 800 PN 16, Ø 40 mm	u	2
4.6	Válvula de compuerta con volante HD 800 PN 16, Ø 50 mm	u	1
4.7	Válvula de compuerta con volante HD 800 PN 16, Ø 63 mm	u	3
4.8	Válvula de compuerta con volante HD 800 PN 16, Ø 75 mm	u	2
4.9	Válvula esférica 1/4" bronce/latón PN 16	u	1
4.10	Válvula esférica 1/2" bronce/latón PN 16	u	2
4.11	Válvula aire 3/4" BPP DSG-10 triple acción plus PN10 180°	u	1
4.12	Válvula Check horizontal HP 3" h	u	1
4.13	Válvula de pie 3", mosca gruesa NPT	u	1

**Equipos de bombeo**

5.1	Bomba centrífuga multietapas vertical de 10 HP modelo CR 20, de 10 etapas con una conexión a tubería horizontal NPT, de 10 etapas y salida de 2" y conexión horizontal 20"	u	1
-----	--	---	---

**Rehabilitación de arena y sus interruptores**

6.1	Material de reemplazamiento	m <sup>3</sup>	3230.43
6.2	homogéneo 210 kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	112.49

1 PROPUESTA DE LA CONDUCCIÓN Y RED DE AGUA POTABLE ZONA 1

2 CUADRO DE CANTIDADES TRAMO 01

ELABORADO POR:  
ESTUDIANTE  
OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

REVISADO POR:  
INGENIERA HIDRÁULICA  
ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

APROBADO POR:  
PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
MSC. WILSON CHASILÓA

CONTIENE:  
Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 1

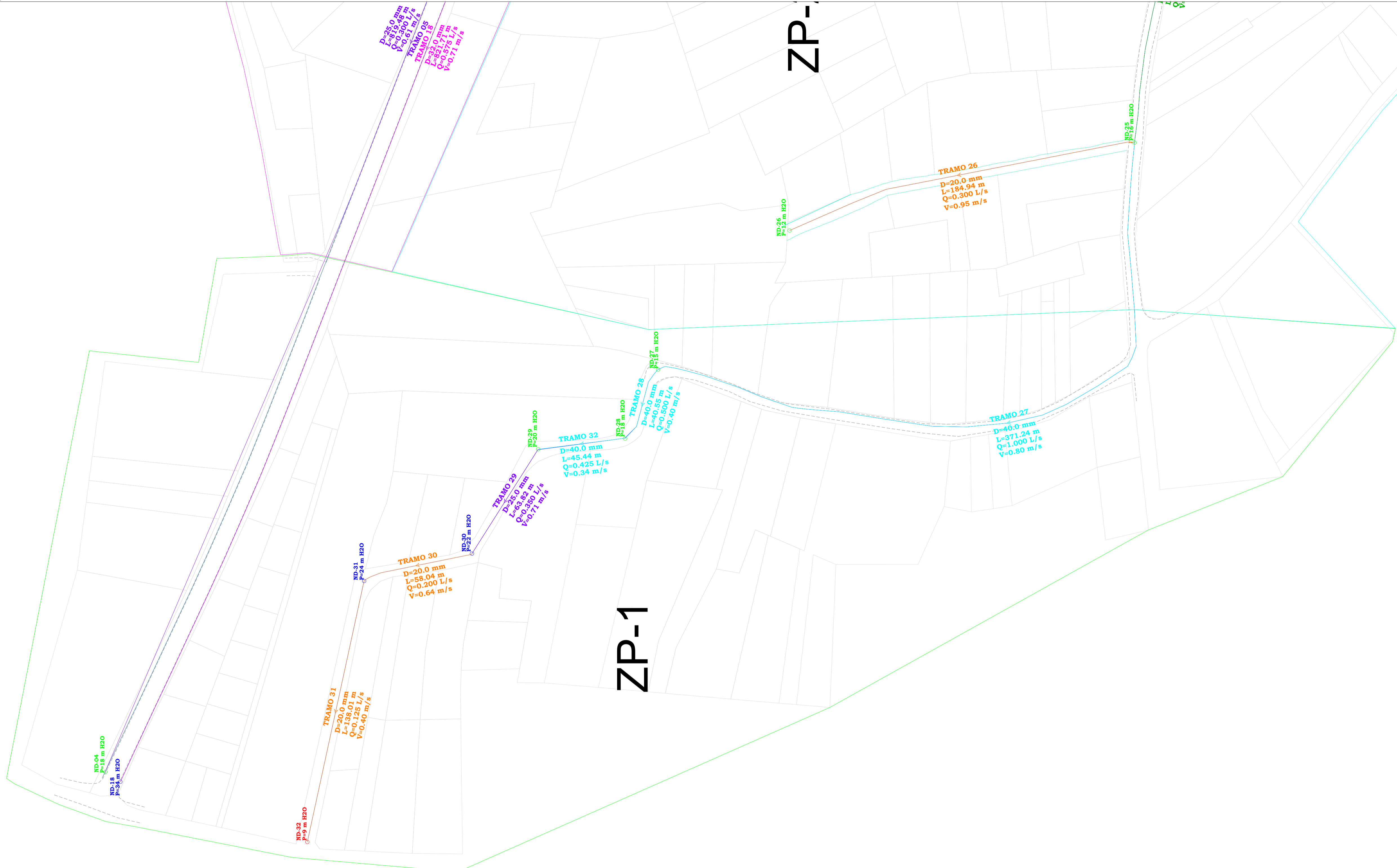
DIBUJO: OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA  
ESCALA: INDICADA  
FECHA: MARZO, 2026  
INDICADA

ACOTACIÓN: METROS  
FORMATO: A.POT.  
LÁMINA: A.POT. 01/23

ARCHIVO: CONDUCCION Y RED\_01\_PROPUESTA 01.dwg



ESCALA: 1:2400



ZP-

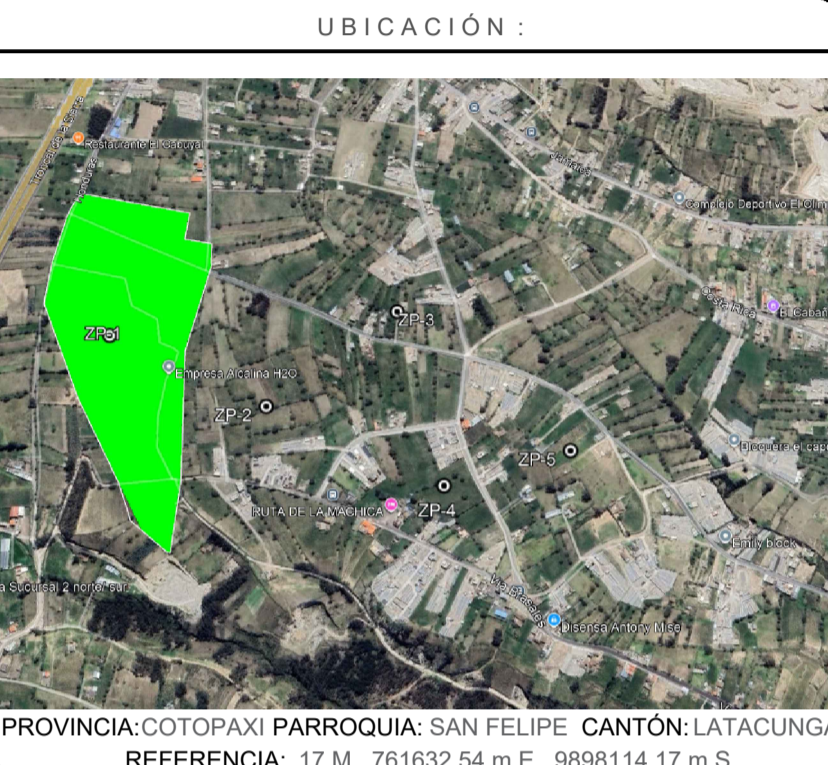
ZP-1



PROYECTO:

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 INGENIERÍA HIDRÁULICA

REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"



SIMBOLOGÍA

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO

ELABORADO POR:

ESTUDIANTE  
 OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

REVISADO POR:

INGENIERA HIDRÁULICA  
 ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

APROBADO POR:

PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
 MSC. WILSON CHASILOA

CONTIENE:

Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 1 ZP-1

3 CONDUCCIÓN Y RED DE AGUA POTABLE ZONA 1 ZP-1

DIBUJO: OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA	ACOTACIÓN: METROS	LÁMINA: A.POT.
ESCALA: INDICADA	FECHA: MAYO 2026	FORMATO: 02/23
ARCHIVO: CONDUCCION Y RED 01_PROPUUESTA 01.dwg		

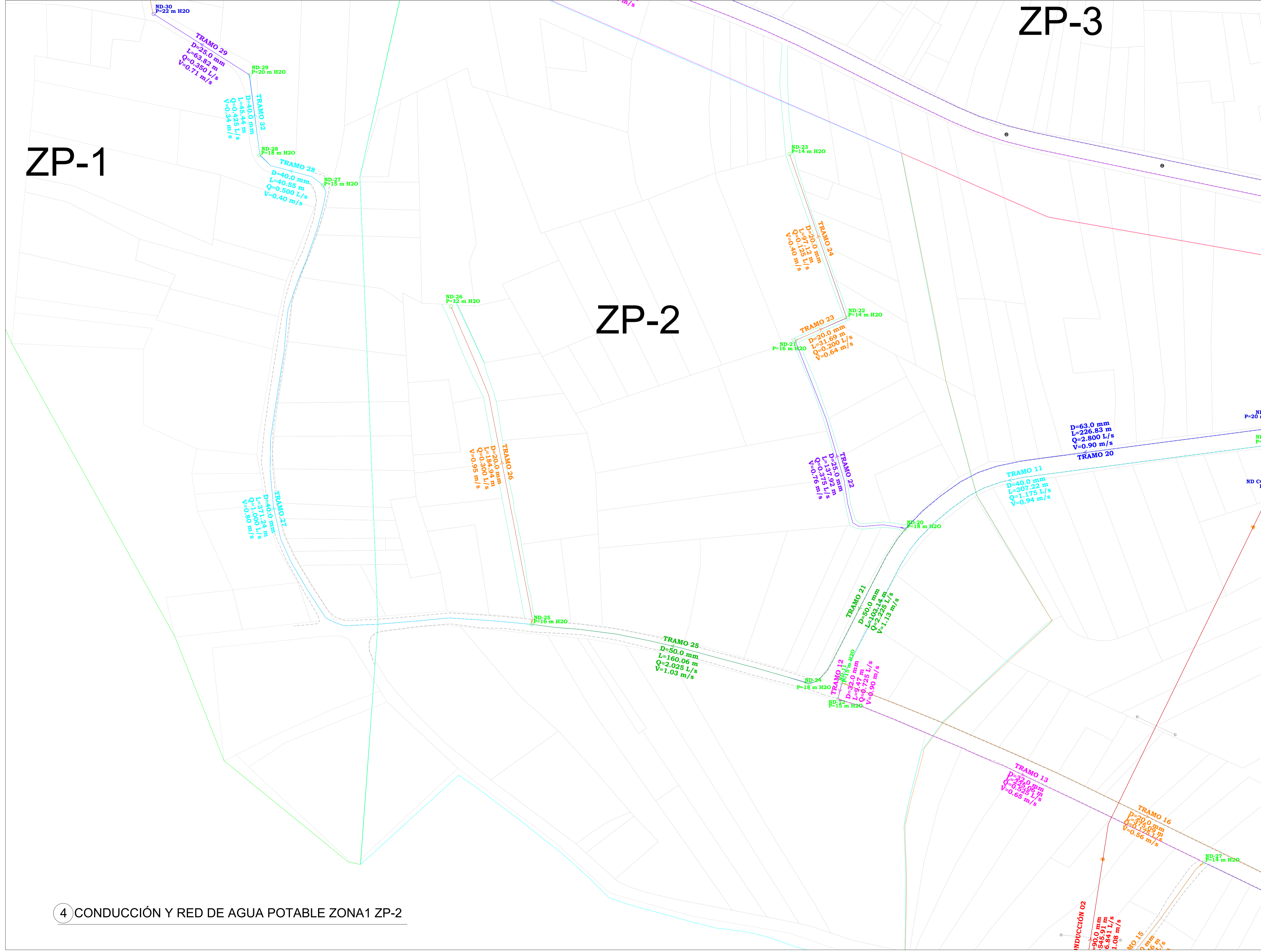


ESCALA: 1:2400

# ZP-1

# ZP-3

# ZP-2



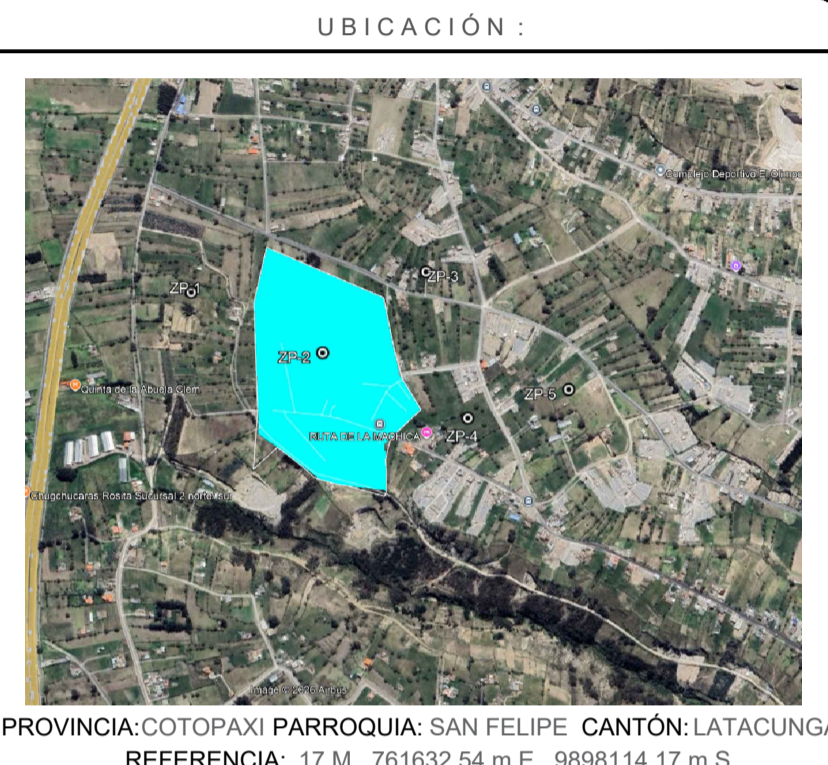
4 CONDUCCIÓN Y RED DE AGUA POTABLE ZONA1 ZP-2



PROYECTO:

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 INGENIERÍA HIDRÁULICA

REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"



SIMBOLOGÍA

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO

ELABORADO POR:

ESTUDIANTE  
OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

REVISADO POR:

INGENIERA HIDRÁULICA  
ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

APROBADO POR:

PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
MSC. WILSON CHASILOA

CONTIENE:

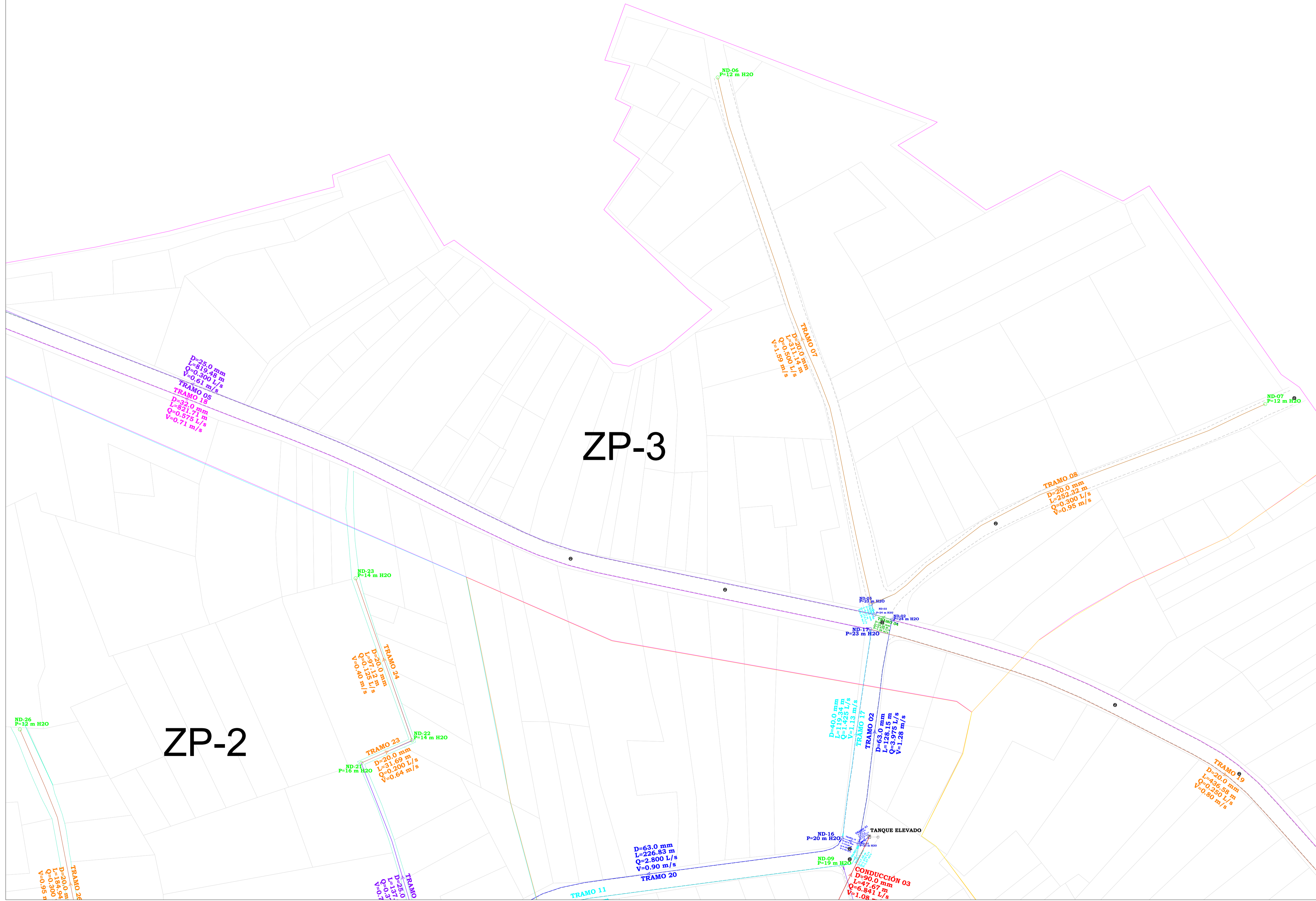
Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 1 ZP-2

DIBUJO: OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA ACOTACIÓN: METROS LÁMINA: A.POT.  
 ESCALA: INDICADA FECHA: MARZO 2026 FORMATO: 41 03/23  
 ARCHIVO: CONDUCCION Y RED 01\_PROPIUESTA 01.dwg



ESCALA: 1:2400

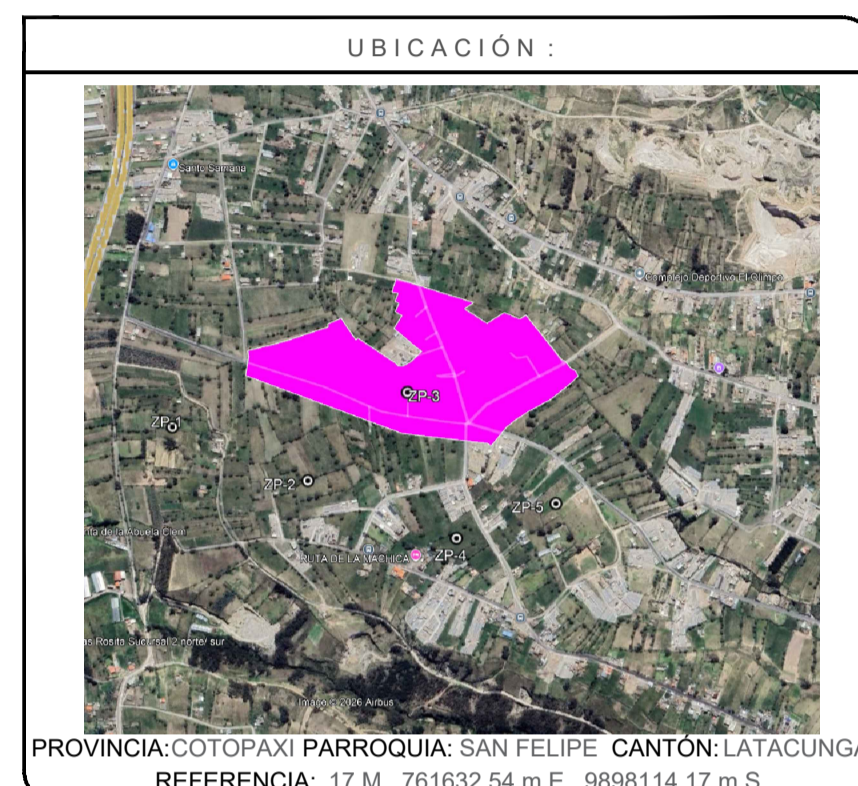
### 5 CONDUCCIÓN Y RED DE AGUA POTABLE ZONA 1 ZP-3



**PROYECTO :**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
INGENIERÍA HIDRÁULICA

REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"



**SIMBOLOGÍA**

**LEYENDA RED DE AGUA POTABLE**

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO

**ELABORADO POR:**

ESTUDIANTE  
OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

**REVISADO POR:**

INGENIERA HIDRÁULICA  
ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

**APROBADO POR:**

PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
MSC. WILSON CHASILOA

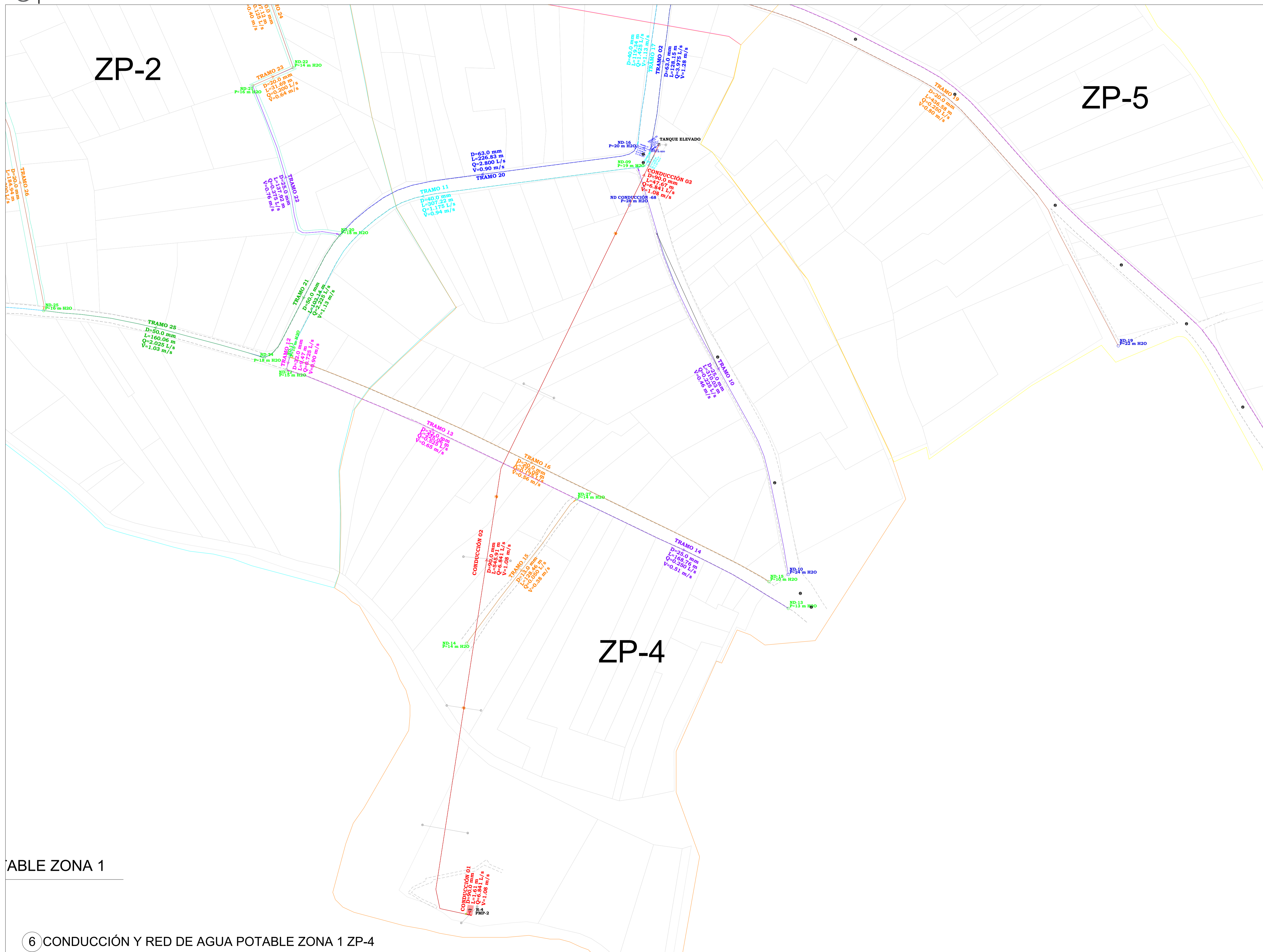
**CONTIENE :**

Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 1 ZP-3

<b>DIBUJO :</b> OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA	<b>ACOTACIÓN :</b> METROS	<b>LÁMINA :</b> A.POT.
<b>ESCALA :</b> INDICADA	<b>FECHA :</b> MAYO 2026	<b>FORMATO :</b> A4
<b>ARCHIVO :</b> CONDUCCION Y RED 01_PROPOSTA 01.dwg		<b>NÚMERO :</b> 04/23



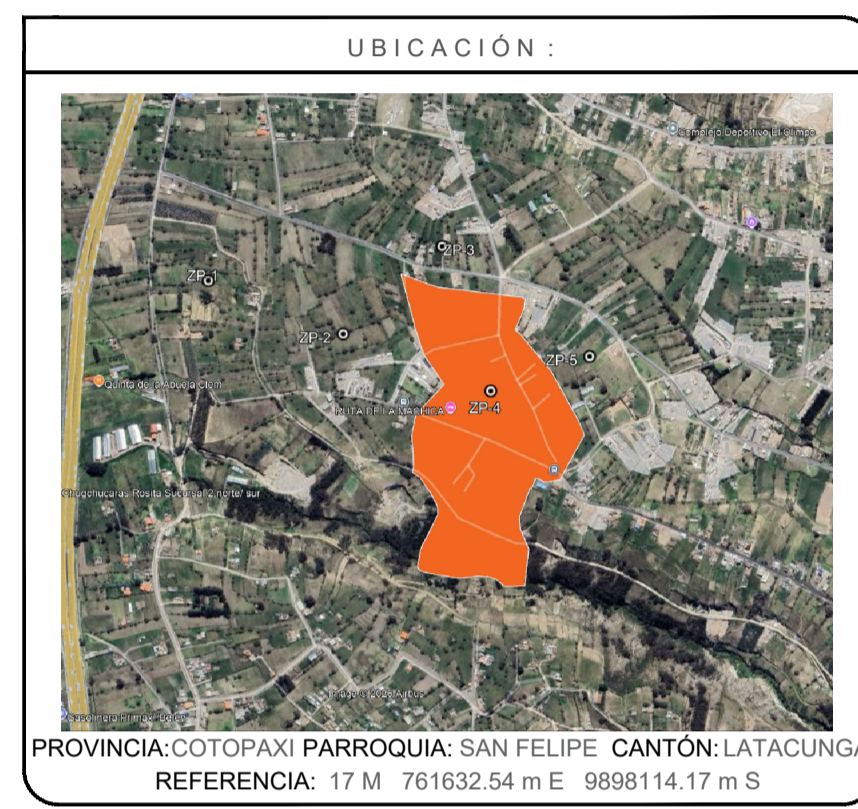
ESCALA: 1:2400



PROYECTO:

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 INGENIERÍA HIDRÁULICA

REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"



SIMBOLOGÍA

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO

ELABORADO POR:

ESTUDIANTE  
 OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

REVISADO POR:

INGENIERA HIDRÁULICA  
 ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

APROBADO POR:

PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
 MSC. WILSON CHASILLOA

CONTIENE:

Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona1 ZP-4

ABLE ZONA 1

6 CONDUCCIÓN Y RED DE AGUA POTABLE ZONA 1 ZP-4

DIBUJO: OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA ACOTACIÓN: METROS LÁMINA: A.POT.  
 ESCALA: INDICADA FECHA: MARZO, 2026 FORMATO: 05/23  
 ARCHIVO: CONDUCCION Y RED 01\_PROPUUESTA 01.dwg



ESCALA: 1:2400

ZP-5

TRAMO 09  
L=210 m  
D=100 mm  
V=0.80 l/s  
V=0.80 m/s

RB-19  
222 m H2O

TRAMO 08  
L=210 m  
D=100 mm  
V=0.80 l/s  
V=0.80 m/s

RB-14  
244 m H2O

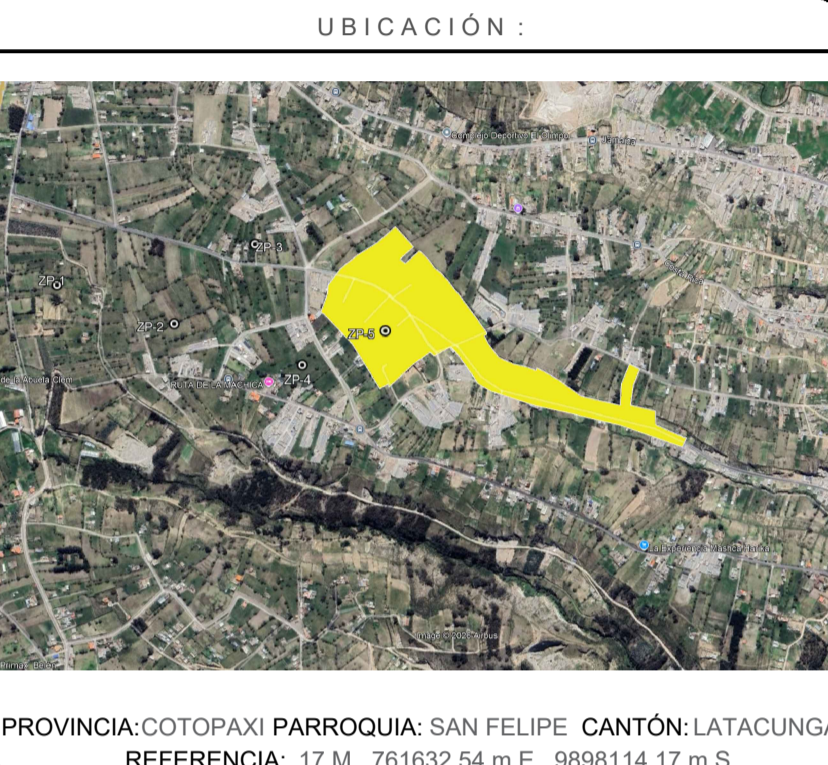
RB-13  
213 m H2O



PROYECTO:

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
INGENIERÍA HIDRÁULICA

REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"



SIMBOLOGÍA

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO

ELABORADO POR:

ESTUDIANTE  
OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

REVISADO POR:

INGENIERA HIDRÁULICA  
ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

APROBADO POR:

PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
MSc. WILSON CHASILOA

CONTIENE:

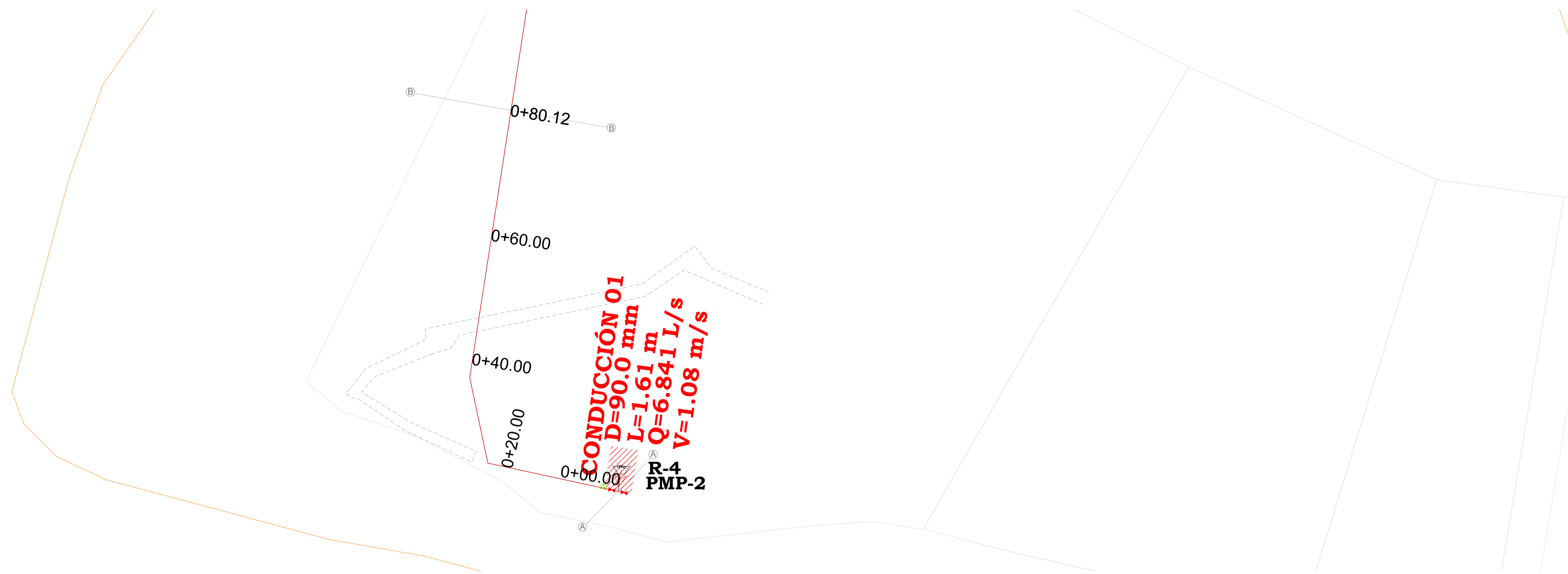
Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 1 ZP-5

7 CONDUCCIÓN Y RED DE AGUA POTABLE ZONA 1 ZP-5

DIBUJO: OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA	ACOTACIÓN: METROS	LÁMINA: A.POT.
ESCALA: INDICADA	FECHA: MAYO 2026	FORMATO: A1
ARCHIVO: CONDUCCION Y RED 01_PROPUUESTA 01.dwg		06/23



ESCALA: INDICADAS



8 VISTA EN PLANTA CONDUCCIÓN (PERFIL 1) ZONA 1

ESCALA 1:400



9 PERFIL LONGITUDINAL 1 CONDUCCIÓN ZONA 1

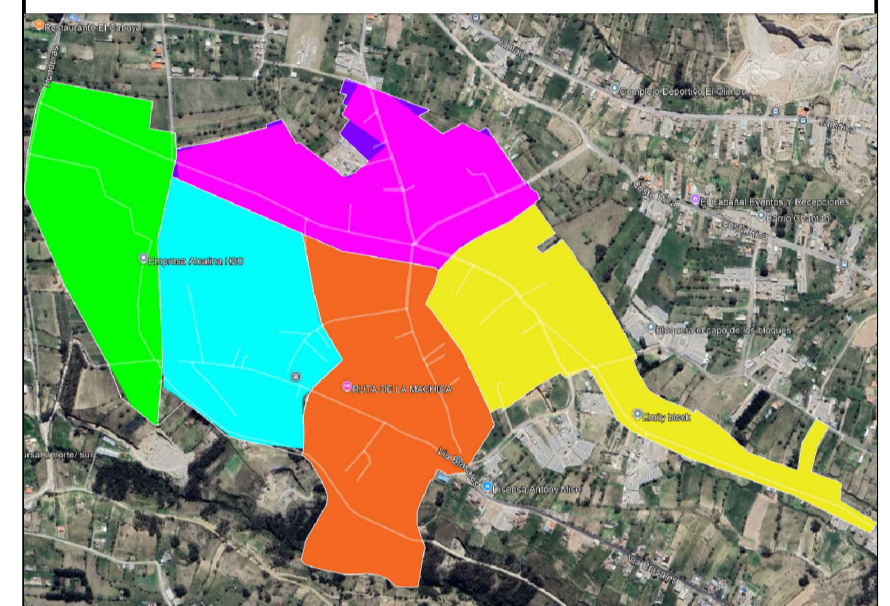
ESCALA 1:200



PROYECTO:

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 INGENIERÍA HIDRÁULICA  
 REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"

UBICACIÓN:



PROVINCIA: COTOPAXI PARROQUIA: SAN FELIPE CANTÓN: LATACUNGA  
 REFERENCIA: 17 M 761632.54 m E 9898114.17 m S

SIMBOLOGÍA

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE

SIMBOLO	DESCRIPCION
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VÁLVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO

ELABORADO POR:

ESTUDIANTE  
 OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

REVISADO POR:

INGENIERA HIDRÁULICA  
 ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

APROBADO POR:

PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
 MSC. WILSON CHASILOA

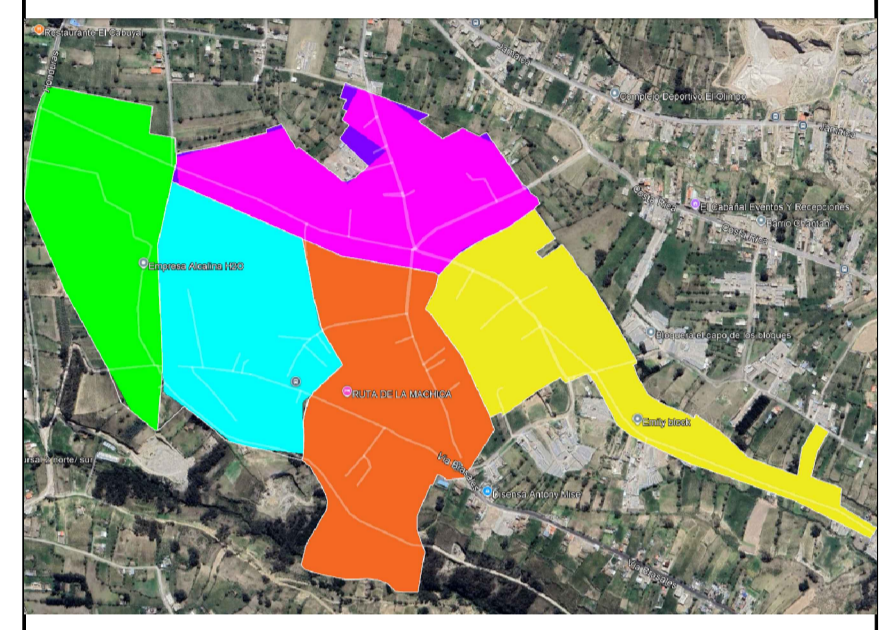
CONTIENE:

Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 1 Perfil 1

DIBUJO: OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA	ACOTACIÓN: METROS	LÁMINA: A.POT.
ESCALA: INDICADA	FECHA: MAYO 2026	FORMATO: A1
ARCHIVO: CONDUCCION Y RED 01_PROPOSTA 01.dwg		07/23

PROYECTO:  
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 INGENIERÍA HIDRÁULICA  
 REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"

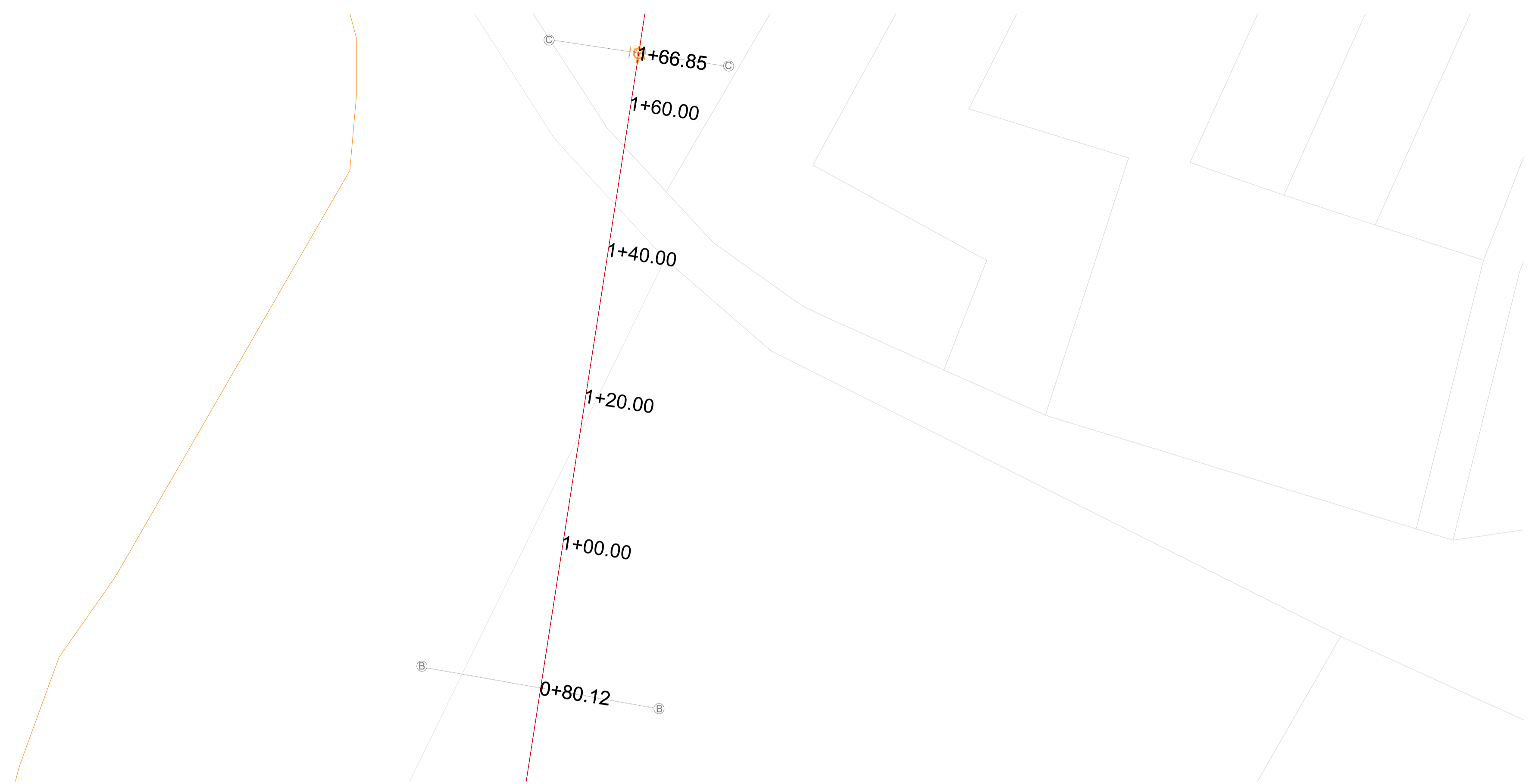
UBICACIÓN:



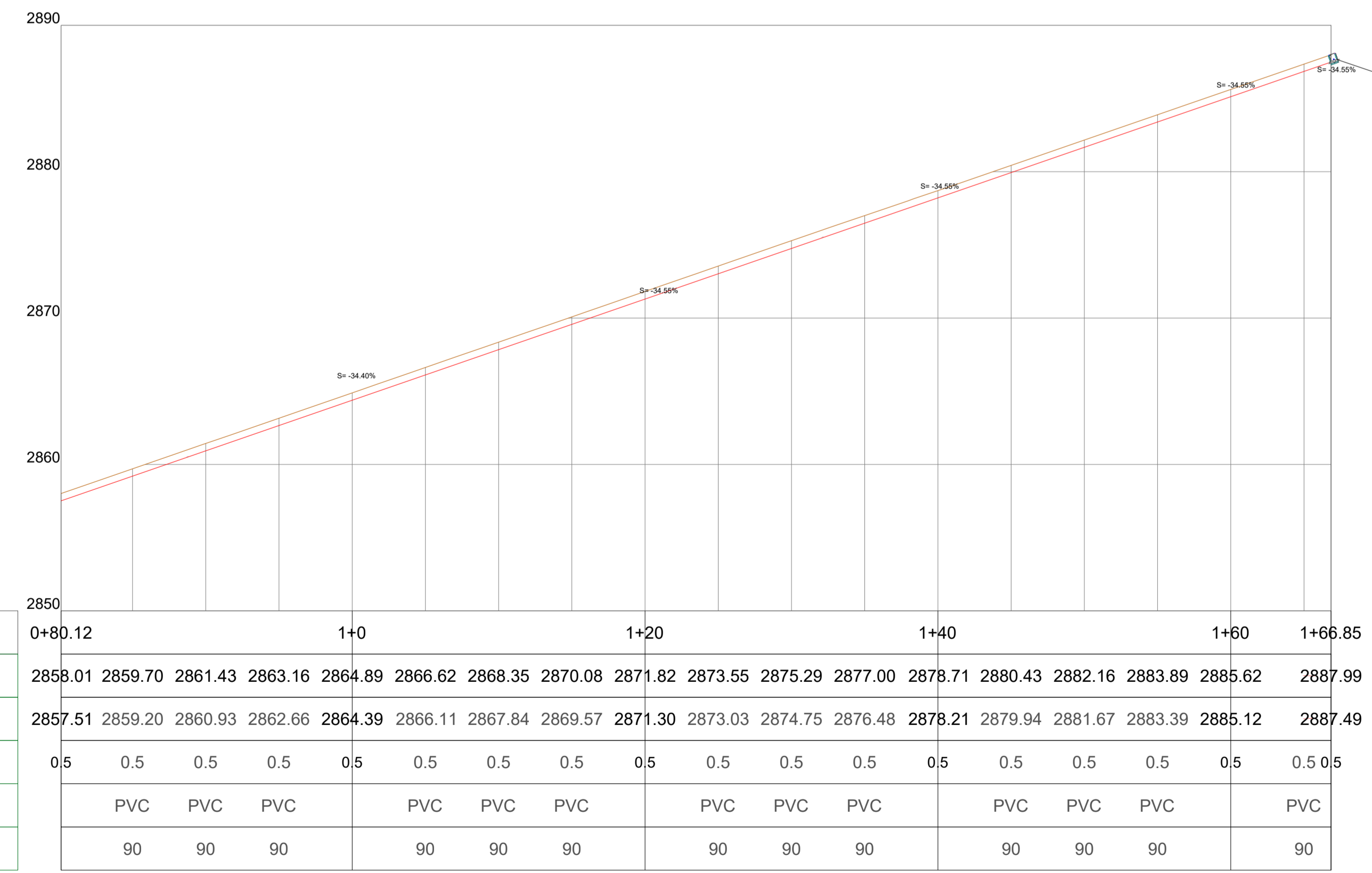
PROVINCIA: COTOPAXI PARROQUIA: SAN FELIPE CANTÓN: LATACUNGA  
 REFERENCIA: 17 M 761632.54 m E 9898114.17 m S

SIMBOLOGÍA

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO



10 VISTA EN PLANTA CONDUCCIÓN (PERFIL 2) ZONA 1  
 ESCALA 1:400



CAJA PARA VÁLVULA DE AIRE

ABSCISAS (m)	0+80.12																1+0	1+20			1+40			1+60			1+66.85											
COTA TERRENO (m.s.n.m.)	2858.01	2859.70	2861.43	2863.16	2864.89	2866.62	2868.35	2870.08	2871.82	2873.55	2875.29	2877.00	2878.71	2880.43	2882.16	2883.89	2885.62	2887.99	2857.51	2859.20	2860.93	2862.66	2864.39	2866.11	2867.84	2869.57	2871.30	2873.03	2874.75	2876.48	2878.21	2879.94	2881.67	2883.39	2885.12	2887.49		
COTA PROYECTO (m.s.n.m.)	2857.51	2859.20	2860.93	2862.66	2864.39	2866.11	2867.84	2869.57	2871.30	2873.03	2874.75	2876.48	2878.21	2879.94	2881.67	2883.39	2885.12	2887.49	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
PROFUNDIDAD (m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	
MATERIAL																			90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90		
DIÁMETRO TUB. (mm)																																						

11 PERFIL LONGITUDINAL 2 DE CONDUCCIÓN ZONA 1  
 ESCALA 1:250

ELABORADO POR:  
 ESTUDIANTE  
 OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

REVISADO POR:  
 INGENIERA HIDRÁULICA  
 ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

APROBADO POR:  
 PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
 MSC. WILSON CHASILOA

CONTIENE:  
 Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 1 Perfil 2

PROYECTO:  
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 INGENIERÍA HIDRÁULICA  
 REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"

UBICACIÓN:  
  
 PROVINCIA: COTOPAXI PARROQUIA: SAN FELIPE CANTÓN: LATACUNGA  
 REFERENCIA: 17 M 761632.54 m E 9898114.17 m S

SIMBOLOGÍA

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE

SIMBOLO	DESCRIPCION
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO

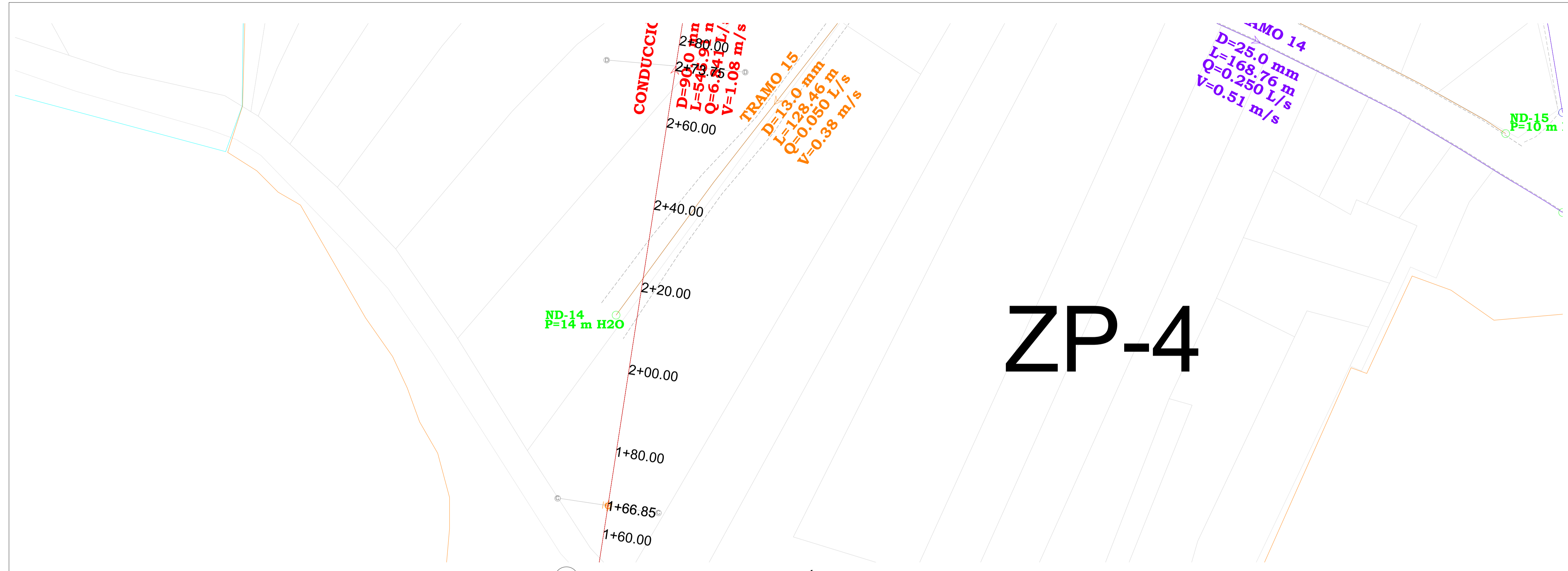
ELABORADO POR:  
 ESTUDIANTE  
 OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

REVISADO POR:  
 INGENIERA HIDRÁULICA  
 ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

APROBADO POR:  
 PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
 MSC. WILSON CHASILOA

CONTIENE:  
 Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 1 Perfil 3

DIBUJO: OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA ACOTACIÓN: METROS LÁMINA: A.POT.  
 ESCALA: INDICADA FECHA: MARZO 2026 FORMATO: 09/23  
 ARCHIVO: CONDUCCION Y RED 01\_PROPUUESTA 01.dwg

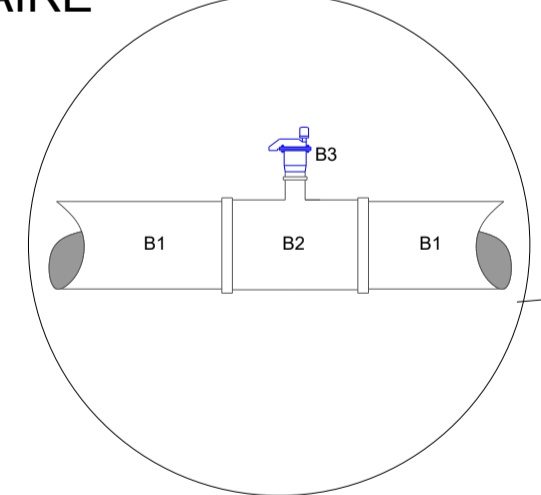


# ZP-4

12 VISTA EN PLANTA CONDUCCIÓN (PERFIL 3) ZONA 1  
 ESCALA 1:500



CAJA PARA VÁLVULA DE AIRE



ABSCISAS (m)	1+80		2+0				2+20				2+40				2+60				2+73.75				
COTA TERRENO (m.s.n.m.)	2887.99	2889.08	2890.80	2892.53	2894.26	2895.99	2897.71	2899.36	2900.94	2901.78	2902.04	2902.05	2902.33	2902.62	2902.86	2902.94	2903.04	2903.18	2903.32	2903.44	2903.60	2903.76	2903.91
COTA PROYECTO (m.s.n.m.)	2888.57	2890.28	2891.99	2893.70	2895.41	2897.12	2898.83	2900.44	2901.32	2901.52	2901.55	2901.83	2902.12	2902.35	2902.45	2902.55	2902.68	2902.82	2902.96	2903.10	2903.26	2903.41	2903.41
PROFUNDIDAD (m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
MATERIAL	PVC	PVC		PVC	PVC	PVC		PVC	PVC	PVC		PVC	PVC	PVC		PVC	PVC	PVC		PVC	PVC		PVC
DIÁMETRO TUB. (mm)	90	90		90	90	90		90	90	90		90	90	90		90	90	90		90	90		90

13 PERFIL LONGITUDINAL 3 DE CONDUCCIÓN ZONA 1  
 ESCALA 1:200

PROYECTO:  
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 INGENIERÍA HIDRÁULICA  
 REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"

UBICACIÓN:  
  
 PROVINCIA: COTOPAXI PARROQUIA: SAN FELIPE CANTÓN: LATACUNGA  
 REFERENCIA: 17 M 761632.54 m E 9898114.17 m S

SIMBOLOGÍA

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO

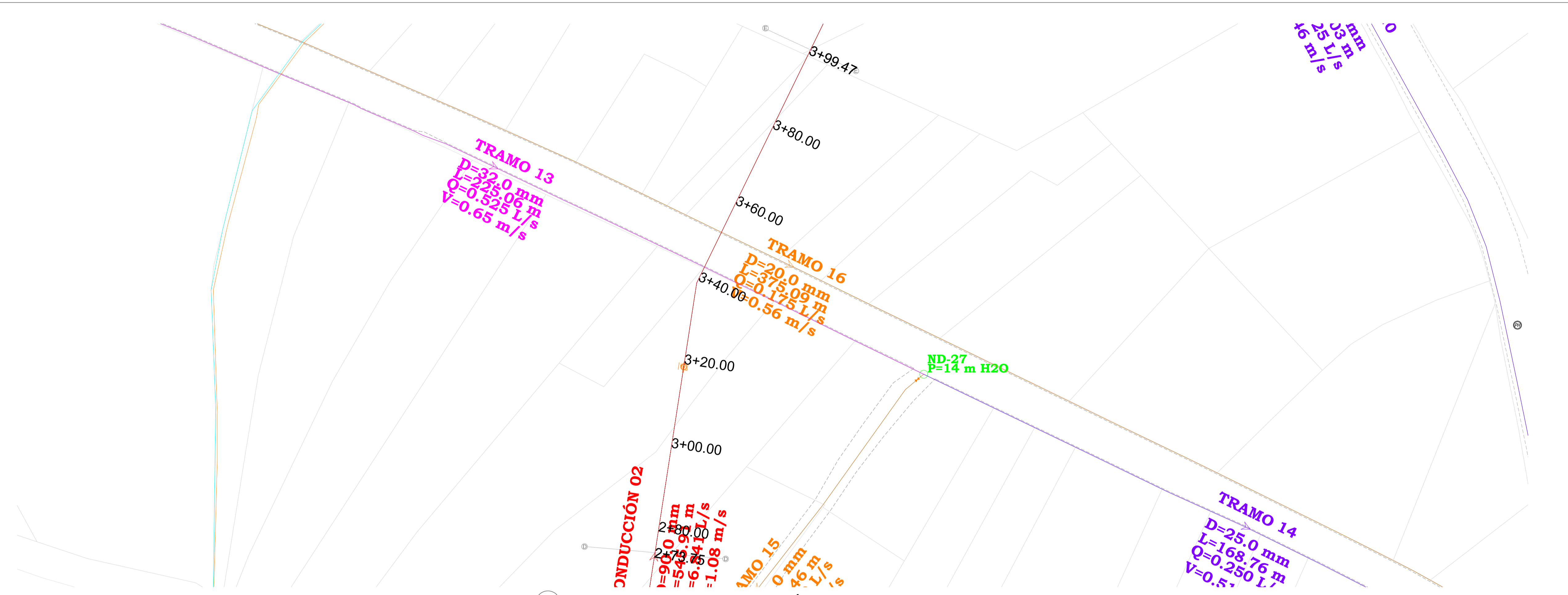
ELABORADO POR:  
 ESTUDIANTE  
 OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

REVISADO POR:  
 INGENIERA HIDRÁULICA  
 ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

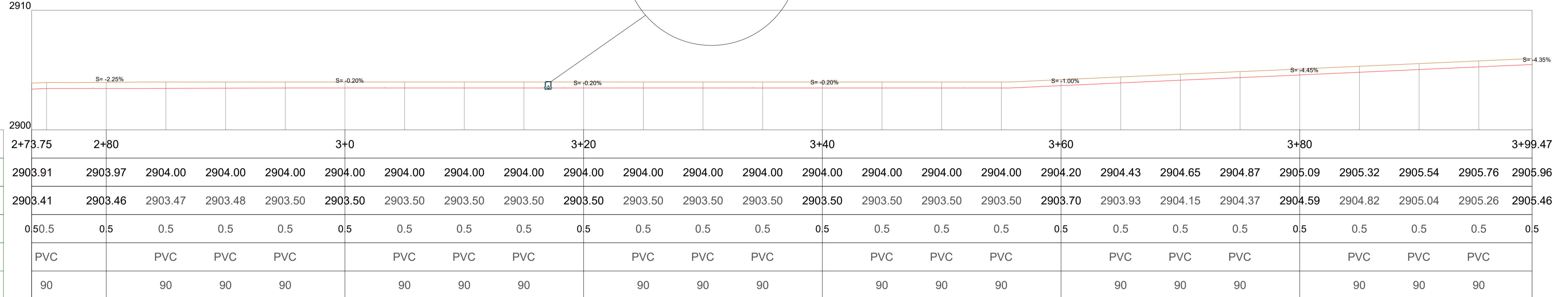
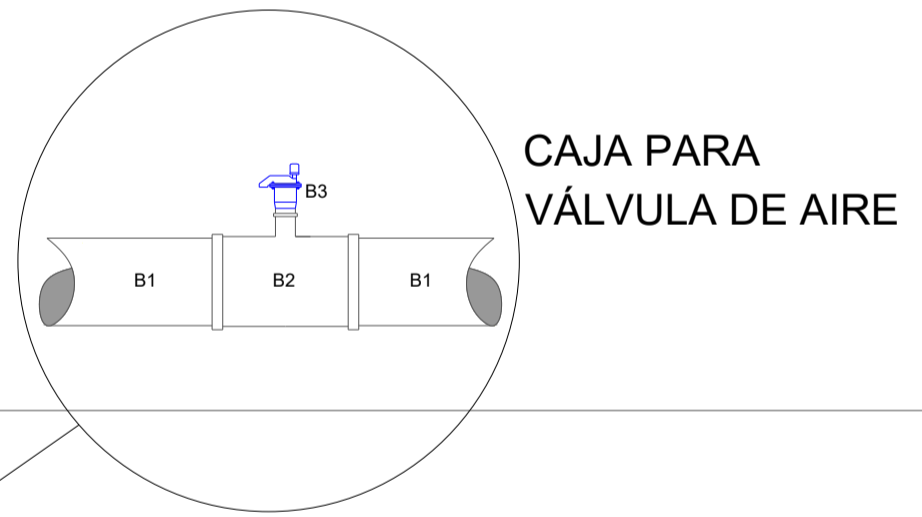
APROBADO POR:  
 PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
 MSC. WILSON CHASILOA

CONTIENE:  
 Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 1 Perfil 4

DIBUJO: OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA ACOTACIÓN: METROS LÁMINA: A.POT.  
 ESCALA: INDICADA FECHA: MARZO 2026 FORMATO: 10/23  
 ARCHIVO: CONDUCCION Y RED 01\_PROPUUESTA 01.dwg



14 VISTA EN PLANTA CONDUCCIÓN (PERFIL 4) ZONA 1  
 ESCALA 1:500



15 PERFIL LONGITUDINAL 4 DE CONDUCCIÓN ZONA 1  
 ESCALA 1:200

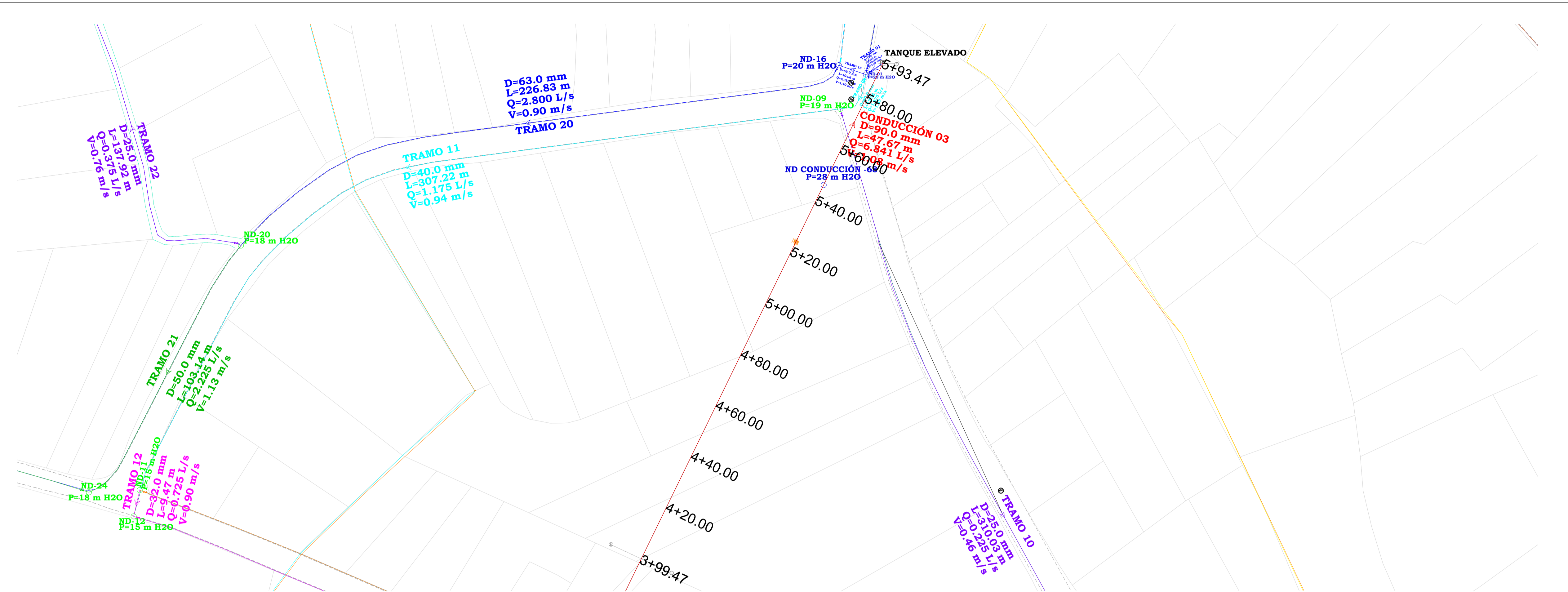
PROYECTO:  
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 INGENIERÍA HIDRÁULICA  
 REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"

UBICACIÓN:  
  
 PROVINCIA: COTOPAXI PARROQUIA: SAN FELIPE CANTÓN: LATACUNGA  
 REFERENCIA: 17 M 761632.54 m E 9898114.17 m S

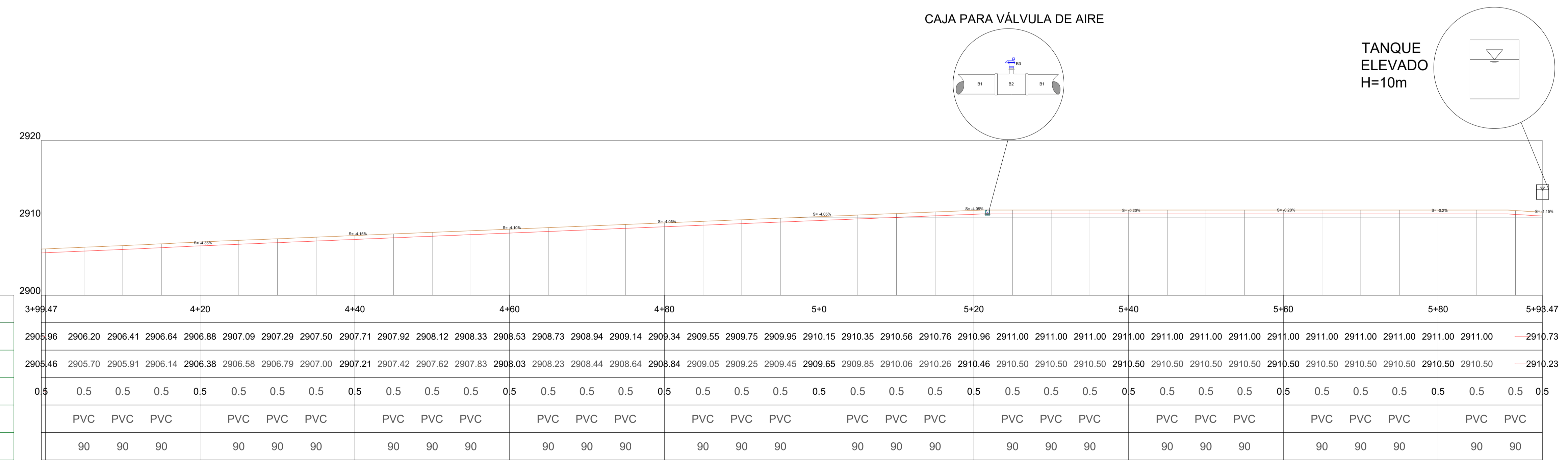
SIMBOLOGÍA

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE

SIMBOLO	DESCRIPCION
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO



16 VISTA EN PLANTA CONDUCCIÓN (PERFIL 5) ZONA 1  
 ESCALA 1:750



17 PERFIL LONGITUDINAL 5 DE CONDUCCIÓN ZONA 1  
 ESCALA 1:300

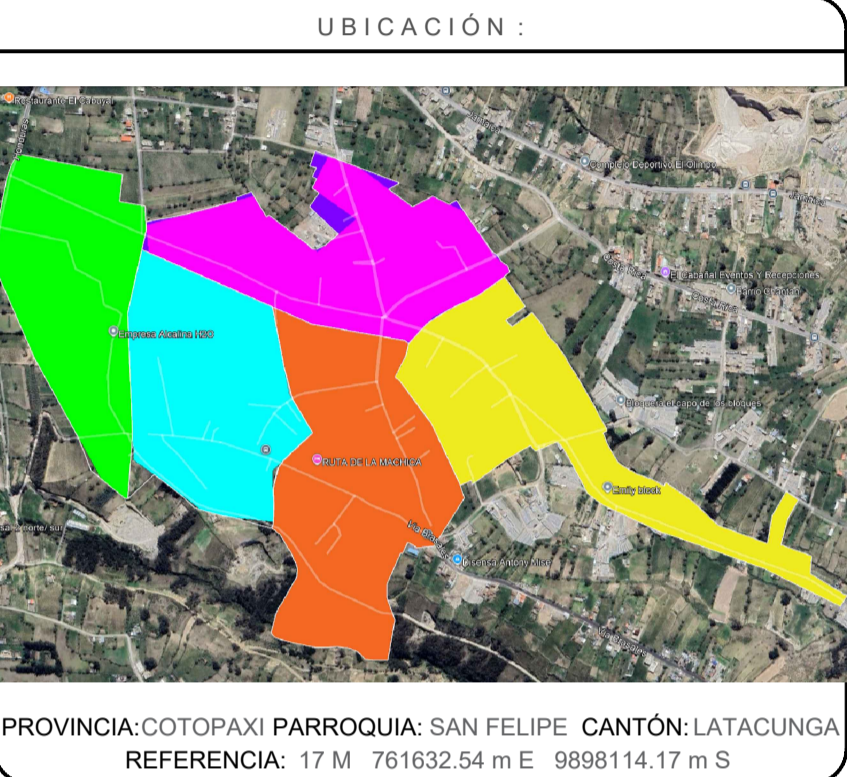
ELABORADO POR:  
 ESTUDIANTE  
 OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

REVISADO POR:  
 INGENIERA HIDRÁULICA  
 ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

APROBADO POR:  
 PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
 MSC. WILSON CHASILOA

CONTIENE:  
 Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 1 Perfil 5

PROYECTO:  
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 INGENIERÍA HIDRÁULICA  
 REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"



SIMBOLOGÍA

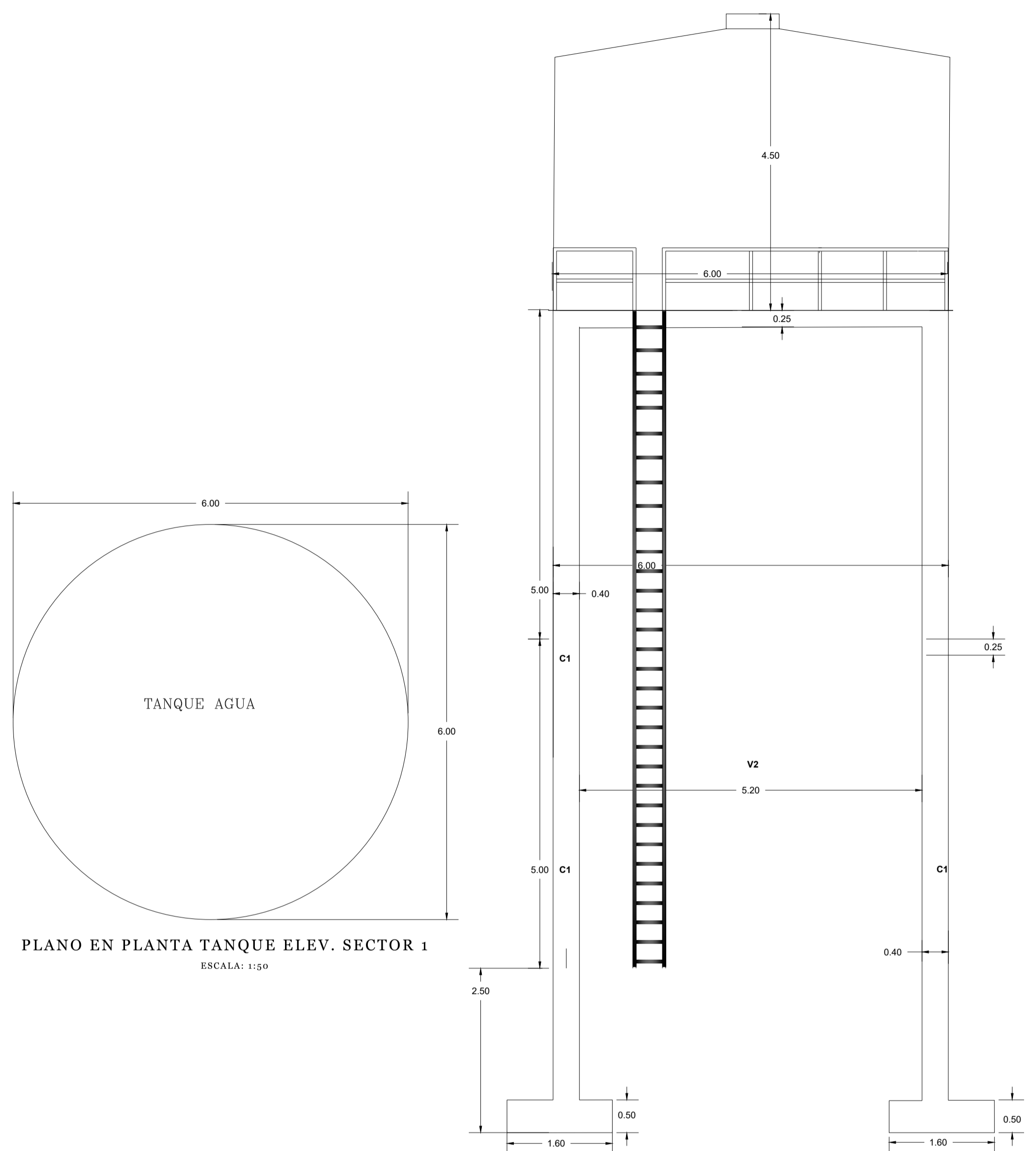
LEYENDA RED DE AGUA POTABLE	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO

ELABORADO POR:  
 ESTUDIANTE  
 OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

REVISADO POR:  
 INGENIERA HIDRÁULICA  
 ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

APROBADO POR:  
 PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
 MSC. WILSON CHASILOA

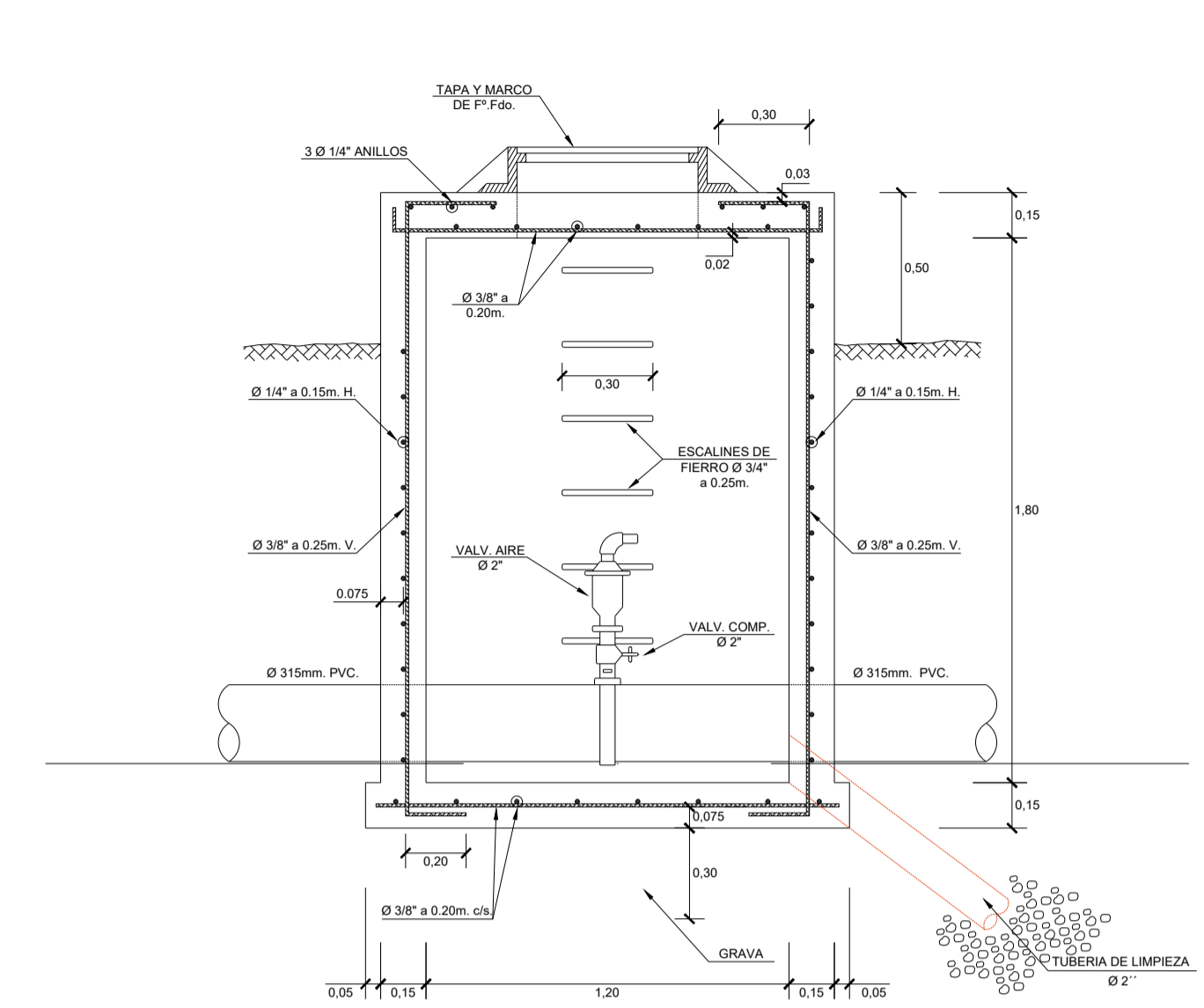
CONTIENE:  
 Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 1 Detalles



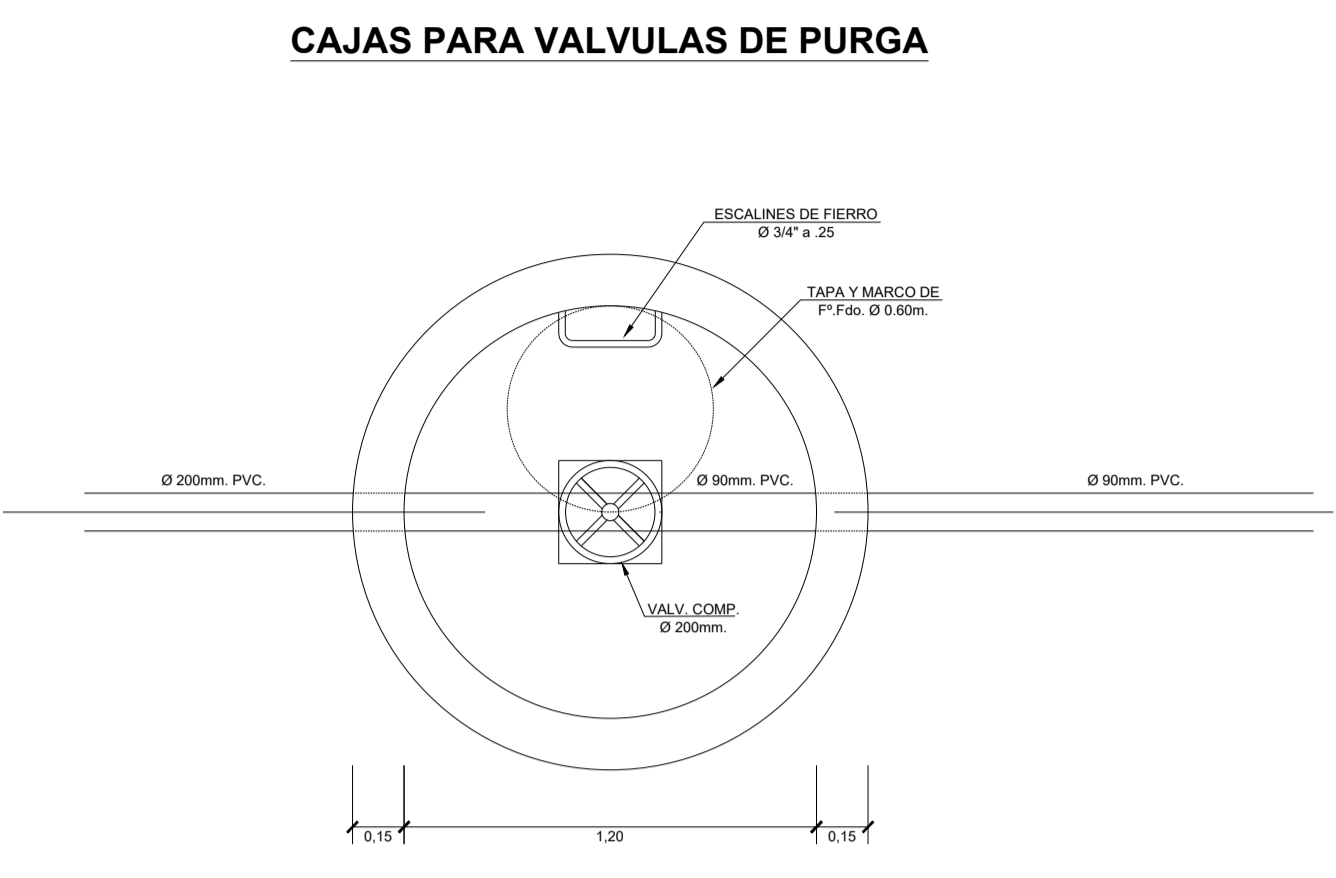
PLANO EN PLANTA TANQUE ELEV. SECTOR 1  
 ESCALA: 1:50

PLANO ELEVACIÓN TANQUE ELEV. SECTOR 1  
 ESCALA: 1:50

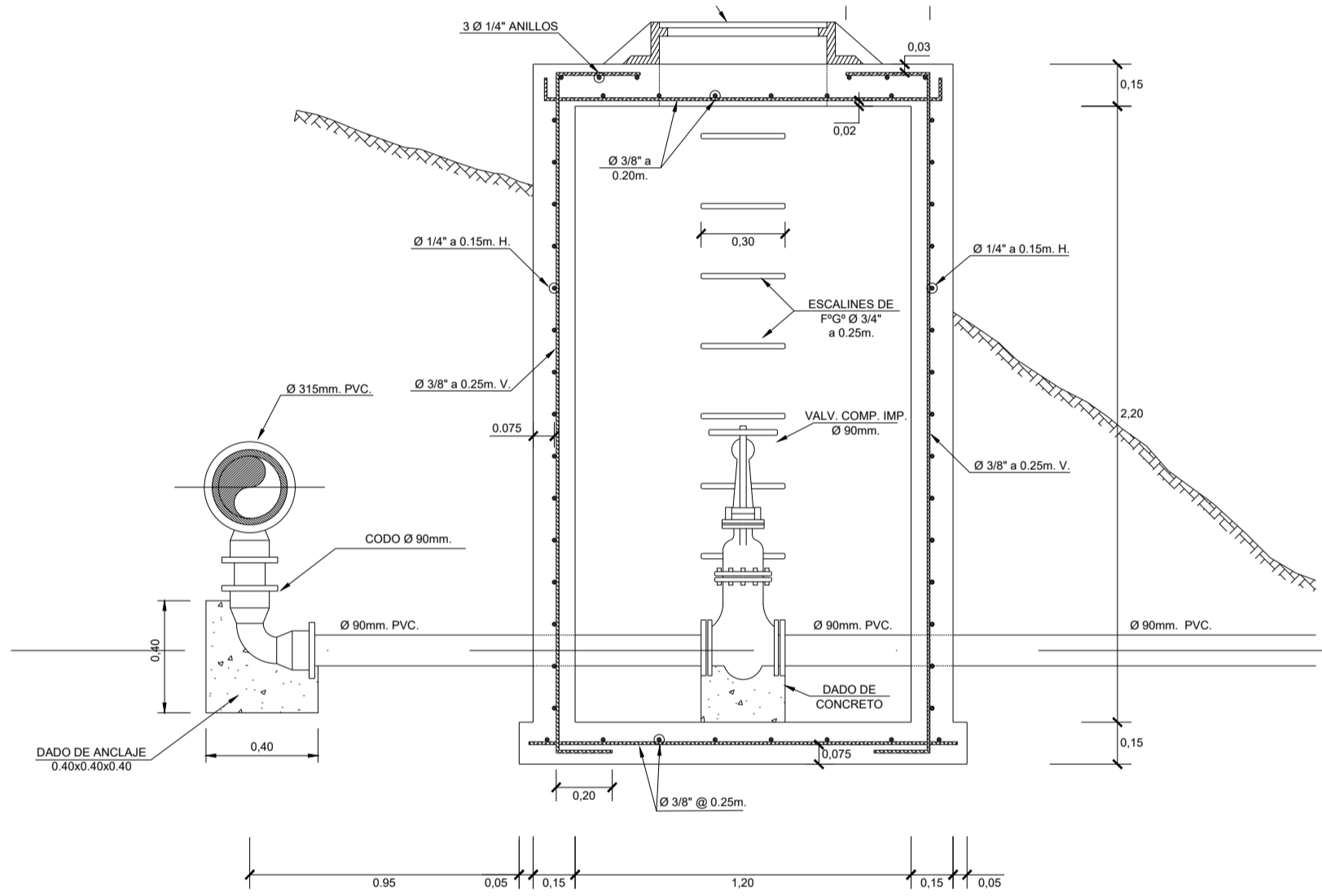
VISTA EN PLANTA  
 ESCALA: 1:25



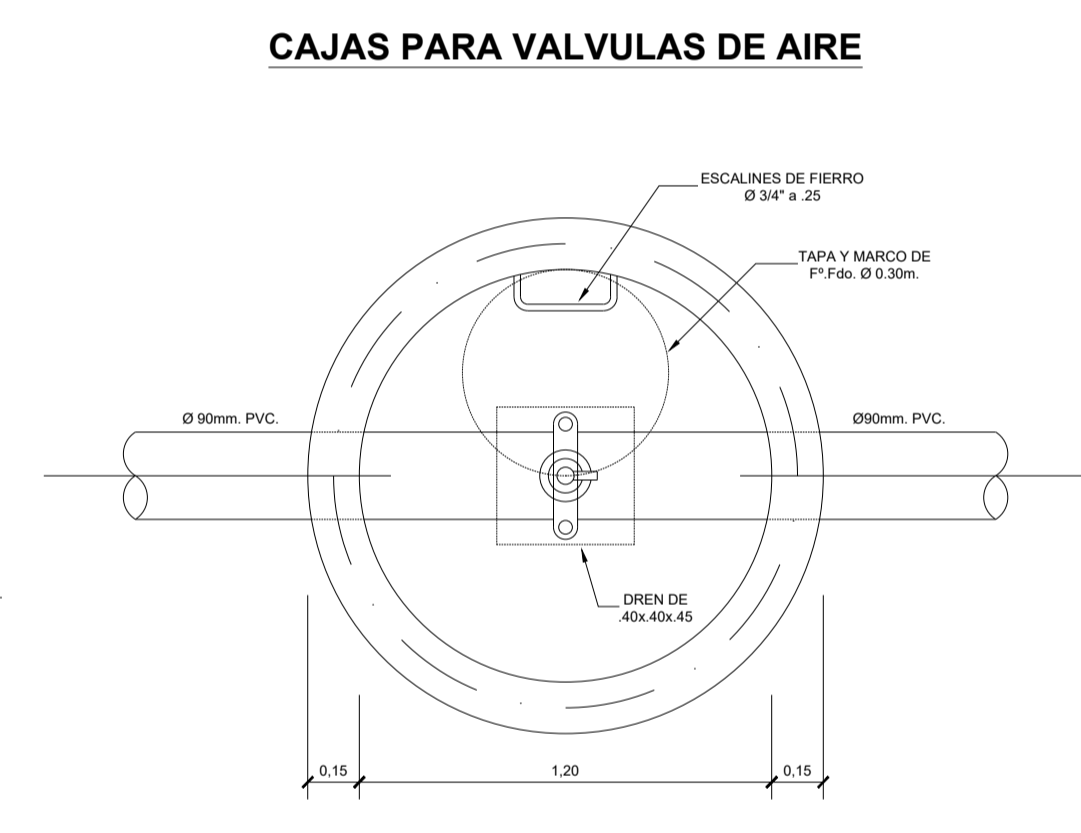
SECCION TRANSVERSAL  
 (ESC. = 1:20)



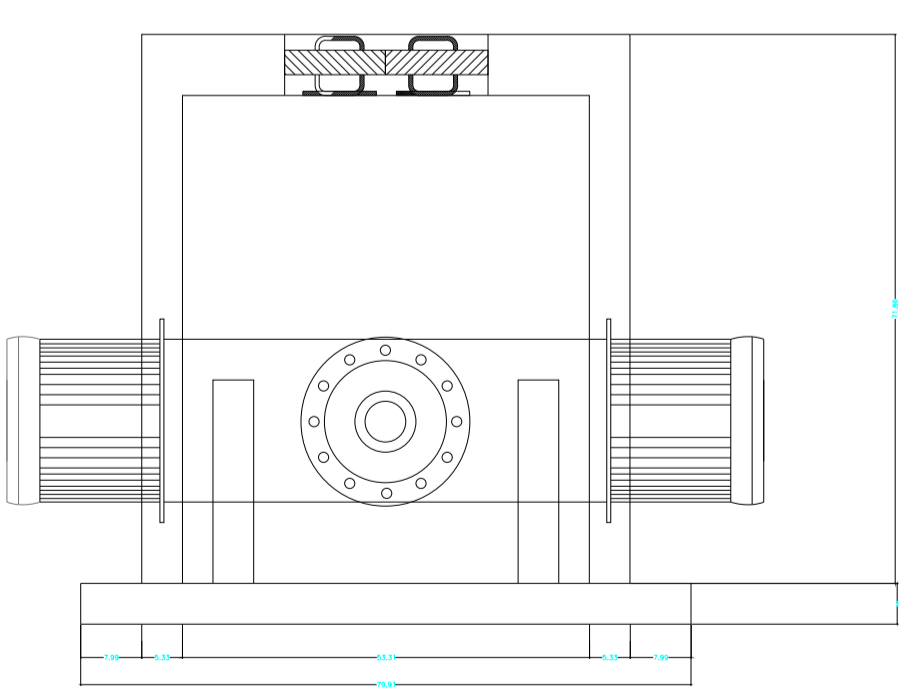
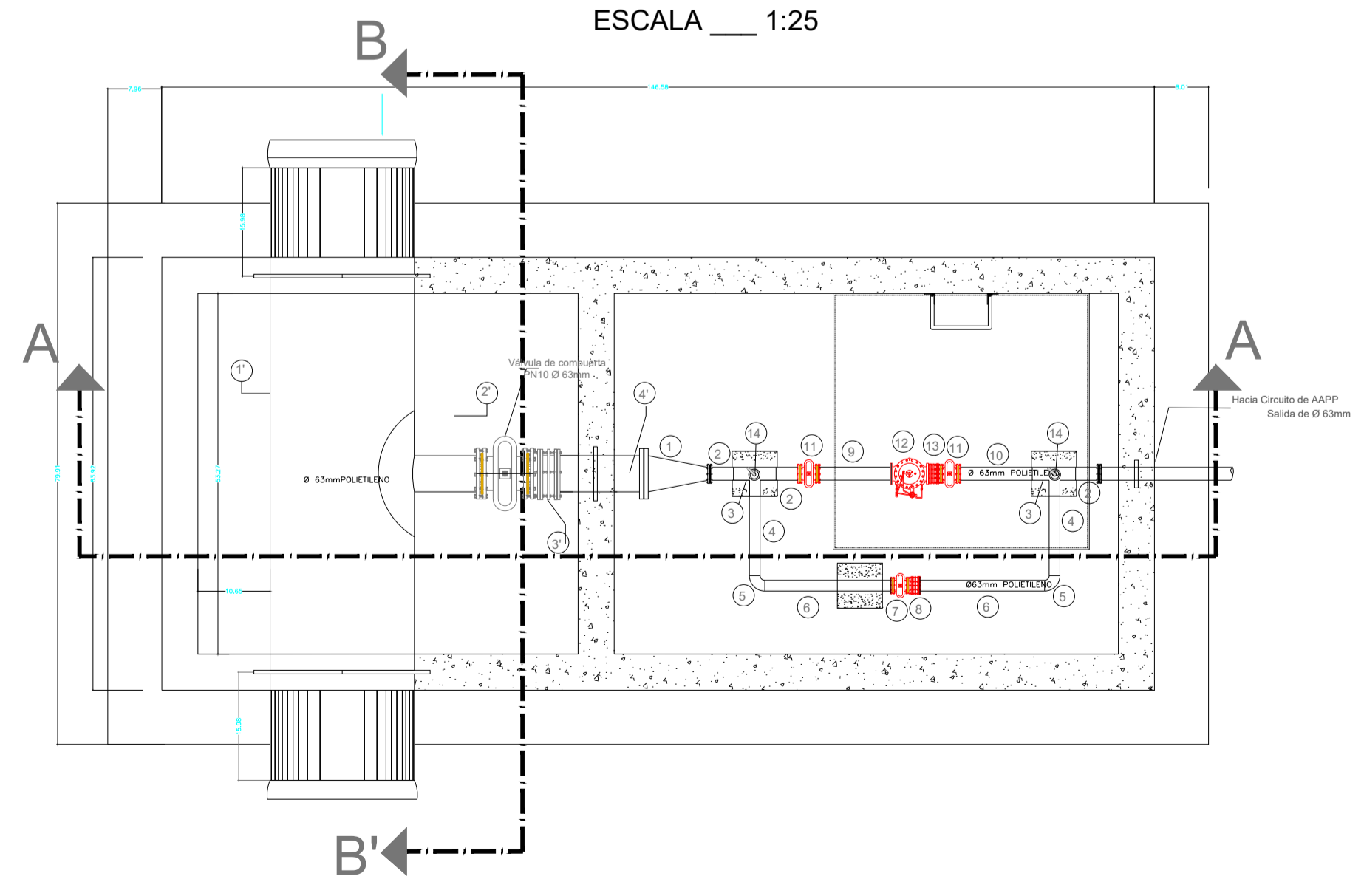
PLANTA  
 (ESC. = 1:20)



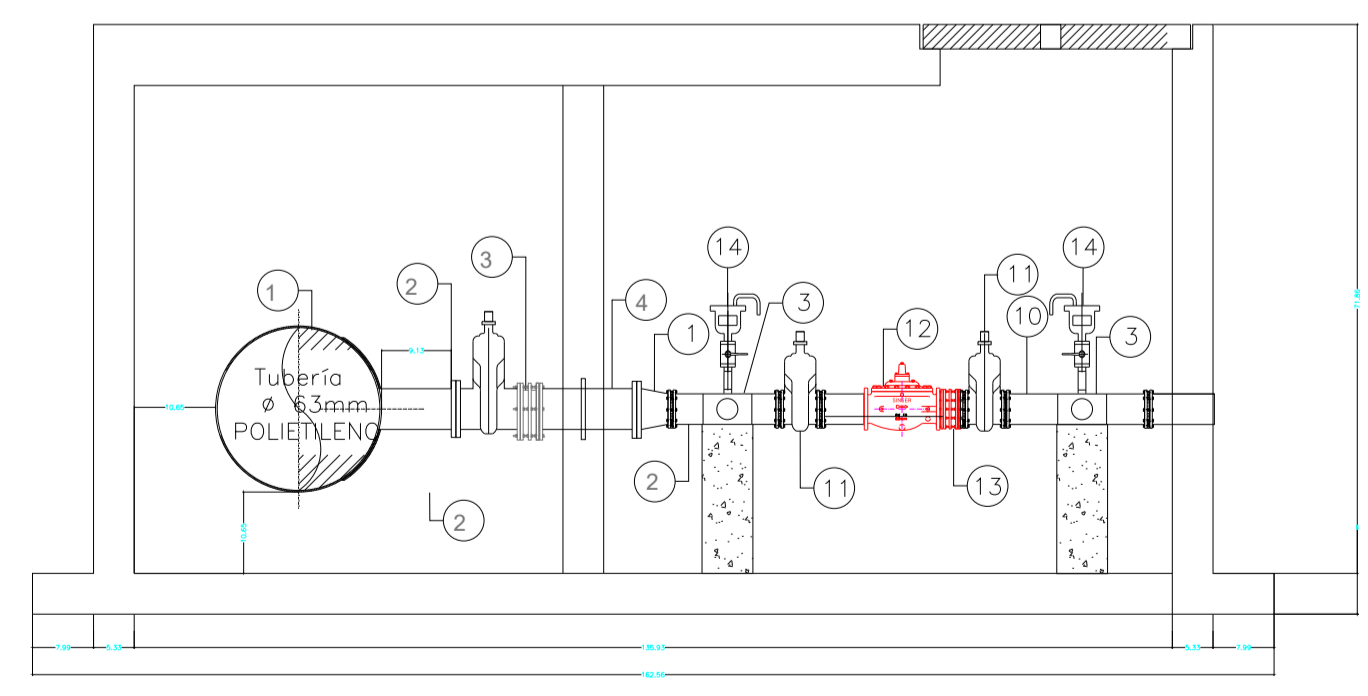
SECCION TRANSVERSAL  
 (ESC. = 1:20)



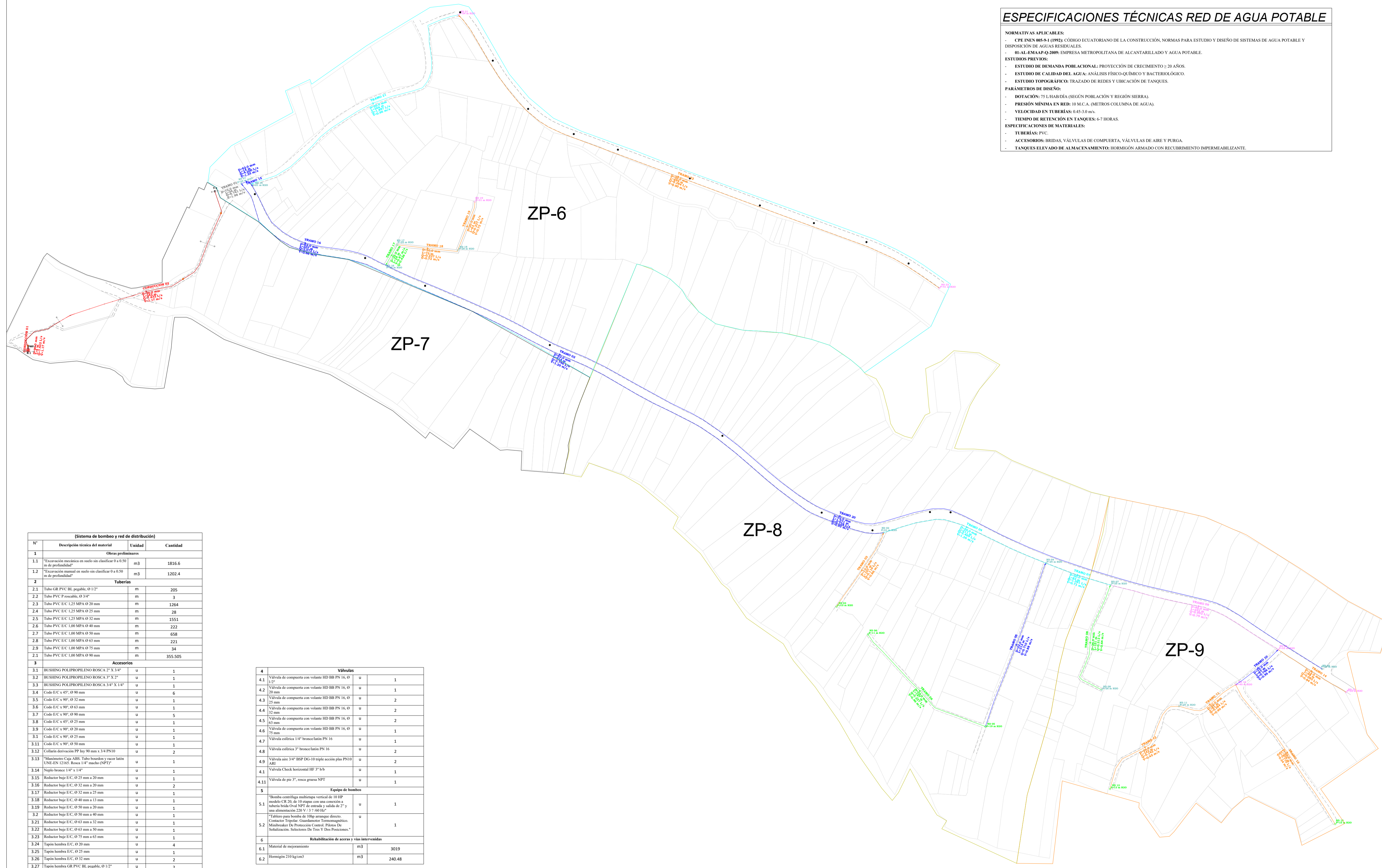
PLANTA  
 (ESC. = 1:20)



CORTE B-B'  
 ESCALA: 1:25



CORTE A-A'  
 ESCALA: 1:25



### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS RED DE AGUA POTABLE

**NORMATIVAS APLICABLES:**

- CPE INEN 008-9-1 (1992): CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN, NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES.
- REAL-ENAMAP-0389: EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE.

**ESTUDIOS PREVIOS:**

- ESTUDIO DE DEMANDA POBLACIONAL: PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO ≥ 20 AÑOS.
- ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA: ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO.
- ESTUDIO TOPOGRÁFICO: TRAZADO DE REDES Y UBICACIÓN DE TANQUES.

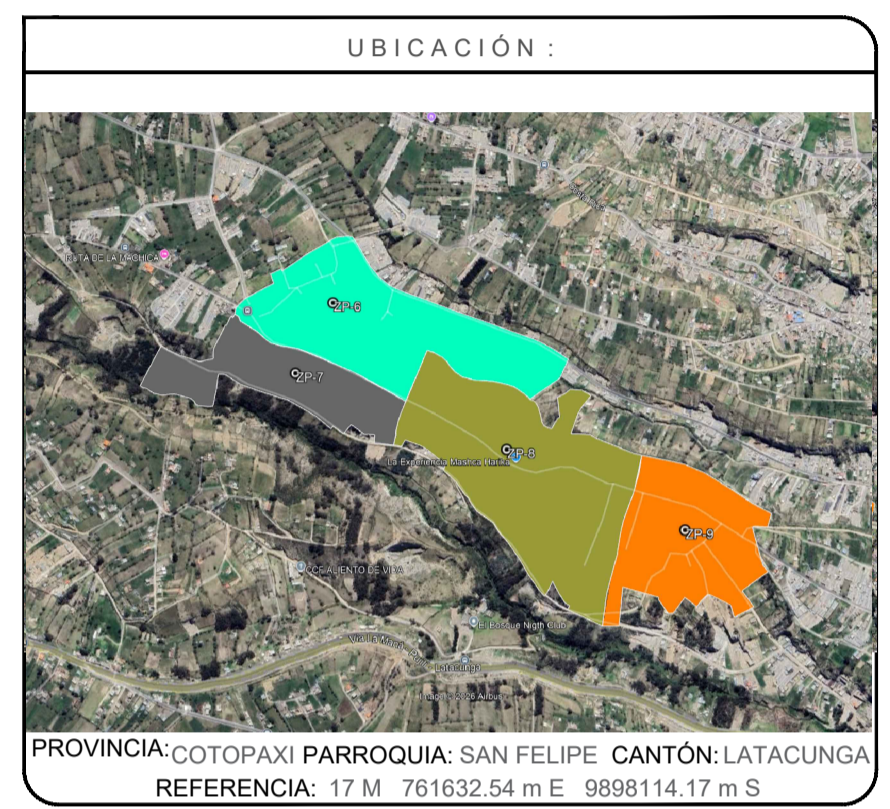
**PARÁMETROS DE DISEÑO:**

- DOTACIÓN: 75 L/HAB/DÍA (SEGÚN POBLACIÓN Y REGIÓN SIERRA).
- PRESIÓN MÍNIMA EN RED: 10 M.C.A. (METROS COLUMNA DE AGUA).
- VELOCIDAD EN TUBERÍAS: 0.45-3.0 m/s.
- TIEMPO DE RETENCIÓN EN TANQUES: 6-7 HORAS.

**ESPECIFICACIONES DE MATERIALES:**

- TUBERÍAS: PVC.
- ACCESORIOS: BRIDAS, VALVULAS DE COMPUERTA, VALVULAS DE AIRE Y PURGA.
- TANQUES ELEVADO DE ALMACENAMIENTO: HORMIGÓN ARMADO CON RECUBRIMIENTO IMPERMEABILIZANTE.

**PROYECTO:**  
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 INGENIERÍA HIDRÁULICA  
 REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"



**SIMBOLOGÍA**

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO

**(Sistema de bombeo y red de distribución)**

N°	Descripción técnica del material	Unidad	Cantidad
<b>Obras preliminares</b>			
1.1	"Excavación mecánica en suelo sin clasificar 0 a 0.50 m de profundidad"	m <sup>3</sup>	1816.6
1.2	"Excavación manual en suelo sin clasificar 0 a 0.50 m de profundidad"	m <sup>3</sup>	1202.4
<b>Tuberías</b>			
2.1	Tubo GR PVC HI. pegable, Ø 12"	m	205
2.2	Tubo PVC P. asamblea, Ø 3/4"	m	3
2.3	Tubo PVC E.C. 1.25 MPA Ø 20 mm	m	1264
2.4	Tubo PVC E.C. 1.25 MPA Ø 25 mm	m	28
2.5	Tubo PVC E.C. 1.25 MPA Ø 32 mm	m	1551
2.6	Tubo PVC E.C. 1.00 MPA Ø 40 mm	m	222
2.7	Tubo PVC E.C. 1.00 MPA Ø 50 mm	m	658
2.8	Tubo PVC E.C. 1.00 MPA Ø 63 mm	m	221
2.9	Tubo PVC E.C. 1.00 MPA Ø 75 mm	m	34
2.11	Tubo PVC E.C. 1.00 MPA Ø 90 mm	m	355.505
<b>Accesorios</b>			
3.1	BUSHING POLIPROPILENO ROSCA 2" X 3/4"	u	1
3.2	BUSHING POLIPROPILENO ROSCA 3" X 2"	u	1
3.3	BUSHING POLIPROPILENO ROSCA 3/4" X 1/4"	u	1
3.4	Codo E.C. 45°, Ø 90 mm	u	6
3.5	Codo E.C. 90°, Ø 32 mm	u	1
3.6	Codo E.C. 90°, Ø 63 mm	u	1
3.7	Codo E.C. 90°, Ø 90 mm	u	5
3.8	Codo E.C. 45°, Ø 25 mm	u	1
3.9	Codo E.C. 90°, Ø 20 mm	u	1
3.11	Codo E.C. 90°, Ø 25 mm	u	1
3.11	Codo E.C. 90°, Ø 50 mm	u	1
3.12	Collante derivación PP 90 mm x 3/4 PN10	u	2
3.13	"Mantenimiento Caja ABS. Tubo hombre y rotor latón UNIBEN 12160. Rosca 1/4" macho (NPT)"	u	1
3.14	Nepel-bronce 1/4" x 1/4"	u	1
3.15	Reductor hsp E.C. Ø 25 mm x 20 mm	u	1
3.16	Reductor hsp E.C. Ø 32 mm x 20 mm	u	2
3.17	Reductor hsp E.C. Ø 32 mm x 25 mm	u	1
3.18	Reductor hsp E.C. Ø 40 mm x 25 mm	u	1
3.19	Reductor hsp E.C. Ø 50 mm x 20 mm	u	1
3.2	Reductor hsp E.C. Ø 50 mm x 40 mm	u	1
3.21	Reductor hsp E.C. Ø 63 mm x 25 mm	u	1
3.22	Reductor hsp E.C. Ø 63 mm x 50 mm	u	1
3.23	Reductor hsp E.C. Ø 75 mm x 63 mm	u	1
3.24	Tapón hombre E.C. Ø 20 mm	u	4
3.25	Tapón hombre E.C. Ø 25 mm	u	1
3.26	Tapón hombre E.C. Ø 32 mm	u	2
3.27	Tapón hombre E.C. PVC HI. pegable, Ø 12"	u	2
3.28	Tee E.C. Ø 90 mm	u	1
3.29	Tee reductores E.C. Ø 32 mm x 20 mm	u	1
3.3	Tee reductores E.C. Ø 40 mm x 25 mm	u	1
3.31	Tee reductores E.C. Ø 50 mm x 25 mm	u	1
3.32	Tee reductores E.C. Ø 50 mm x 50 mm	u	1
3.33	Tee reductores E.C. Ø 63 mm x 25 mm	u	1
3.34	Tee reductores E.C. Ø 63 mm x 50 mm	u	1
3.35	Tee reductores E.C. Ø 75 mm x 63 mm	u	1

Válvulas			
4.1	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 12"	u	1
4.2	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 20 mm	u	1
4.3	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 25 mm	u	2
4.4	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 32 mm	u	2
4.5	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 40 mm	u	2
4.6	Válvula de compuerta con volante HD BB PN 16, Ø 50 mm	u	1
4.7	Válvula esférica 1/4" bronce latón PN 16	u	1
4.8	Válvula esférica 3/4" bronce latón PN 16	u	2
4.9	Válvula aire 3/4" BSP DG-10 triple acción plus PN10 ABS	u	2
4.11	Válvula Check horizontal HP 3" h/b	u	1
4.11	Válvula de pie 3", rosca gruesa NPT	u	1
Equipo de bombeo			
5.1	Bomba centrifuga multietapas vertical de 10 HP modelo CP 20, de 10 etapas con una conexión a tubería brida Ø=63 NPT de entrada y salida de 2" y una dimensión 220 x 17 x 4016"	u	1
5.2	"Fabrico para bomba de 10HP arranque directo. Controlador Speed Controller Electromagnético. Manómetro De Protección Control. Placa De Señalización. Selector De Tercer Día Posiciones."	u	1
Rehabilitación de accesos y sus intervenciones			
6.1	Material de revoque	m <sup>2</sup>	3019
6.2	Hormigón 210 kg/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	240.48

1 PROPUESTA DE LA CONDUCCIÓN Y RED DE AGUA POTABLE ZONA 2

2 CUADRO DE CANTIDADES RED 02

ELABORADO POR:  
 ESTUDIANTE  
 OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

REVISADO POR:  
 INGENIERA HIDRÁULICA  
 ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

APROBADO POR:  
 PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
 MSC. WILSON CHASILOA

**CONTIENE:**  
 Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 2

DIBUJO: OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA  
 ESCALA: INDICADA  
 ARCHIVO: CONDUCCION Y RED 02 PROPUESTA 01.dwg

ACOTACIÓN: METROS  
 FECHA: MARZO, 2026  
 FORMATO: A4

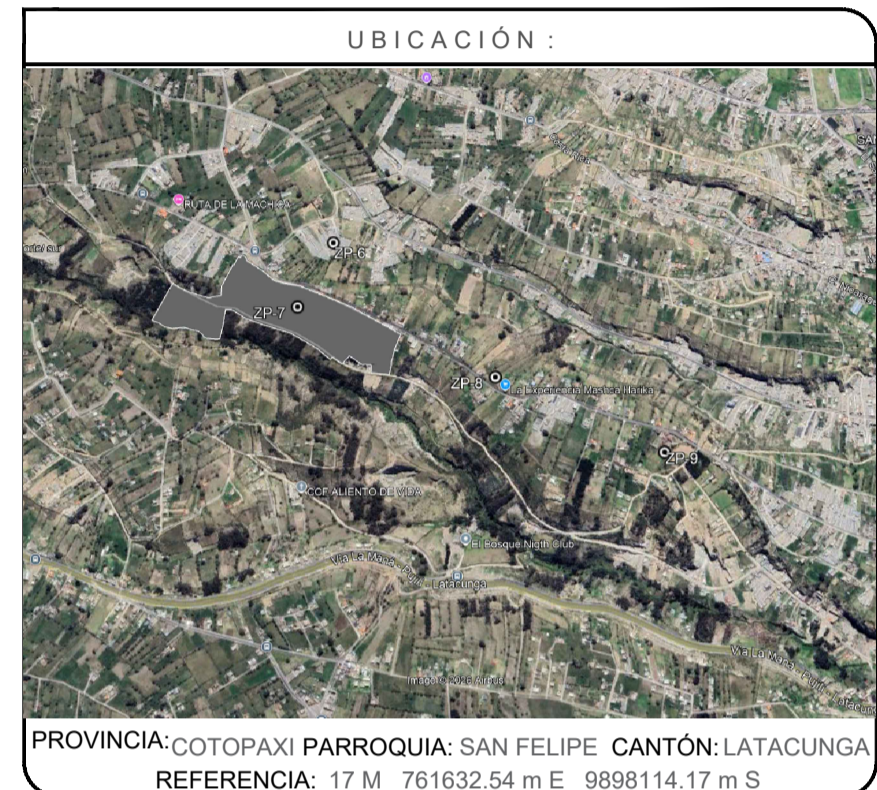
LÁMINA: A.POT.  
 13/23



ESCALA: 1:1250



PROYECTO:  
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 INGENIERÍA HIDRÁULICA  
 REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"



SIMBOLOGÍA

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO

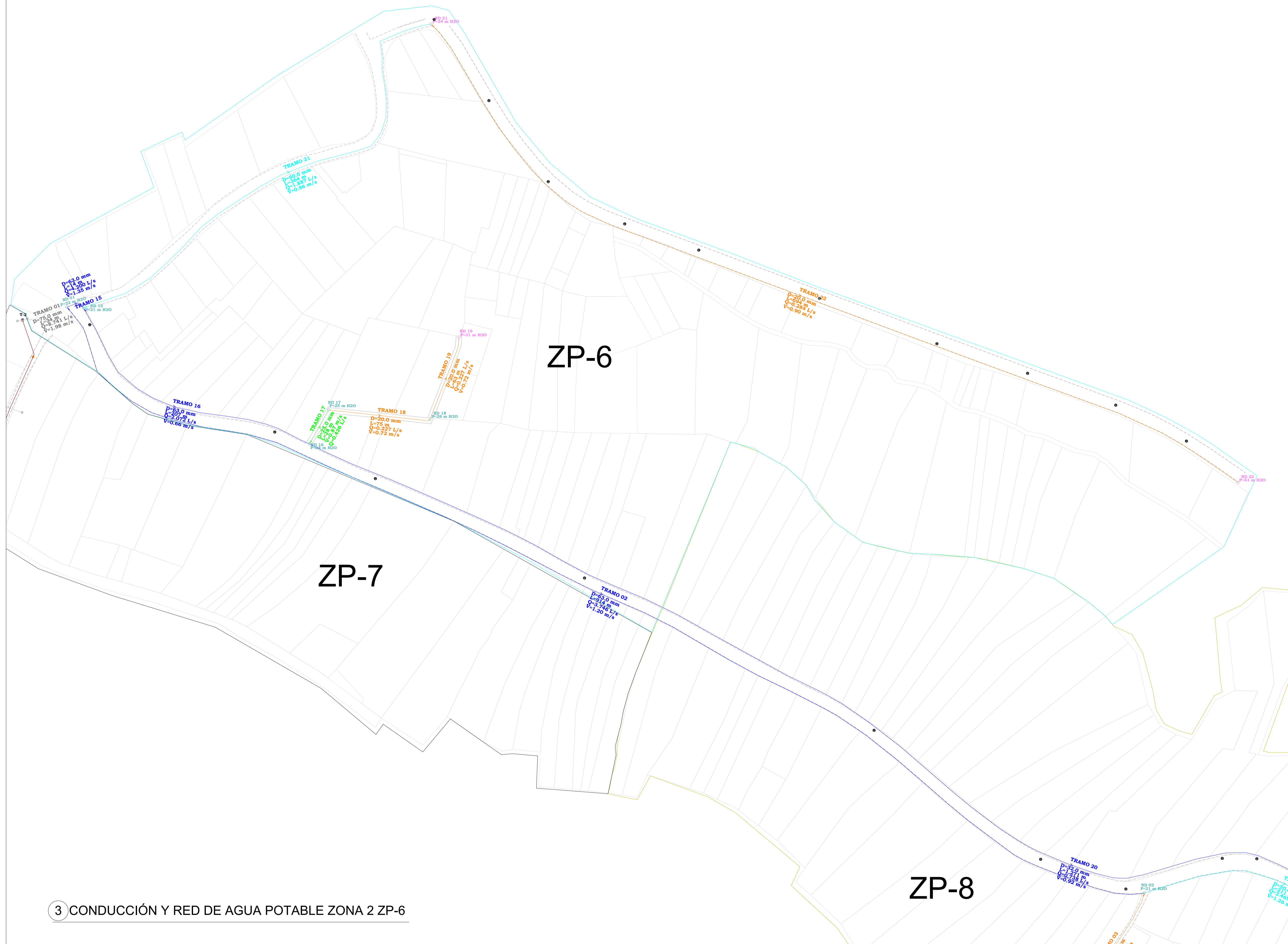
ELABORADO POR:  
 ESTUDIANTE  
 OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

REVISADO POR:  
 INGENIERA HIDRÁULICA  
 ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

APROBADO POR:  
 PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
 MSC. WILSON CHASILLOA

CONTIENE:  
 Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 2 ZP-6

DIBUJO: OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA ACOTACIÓN: METROS LÁMINA: A.POT.  
 ESCALA: INDICADA FECHA: MARZO 2026 FORMATO: 14/23  
 ARCHIVO: CONDUCCION Y RED 02 PROPUESTA 01.dwg



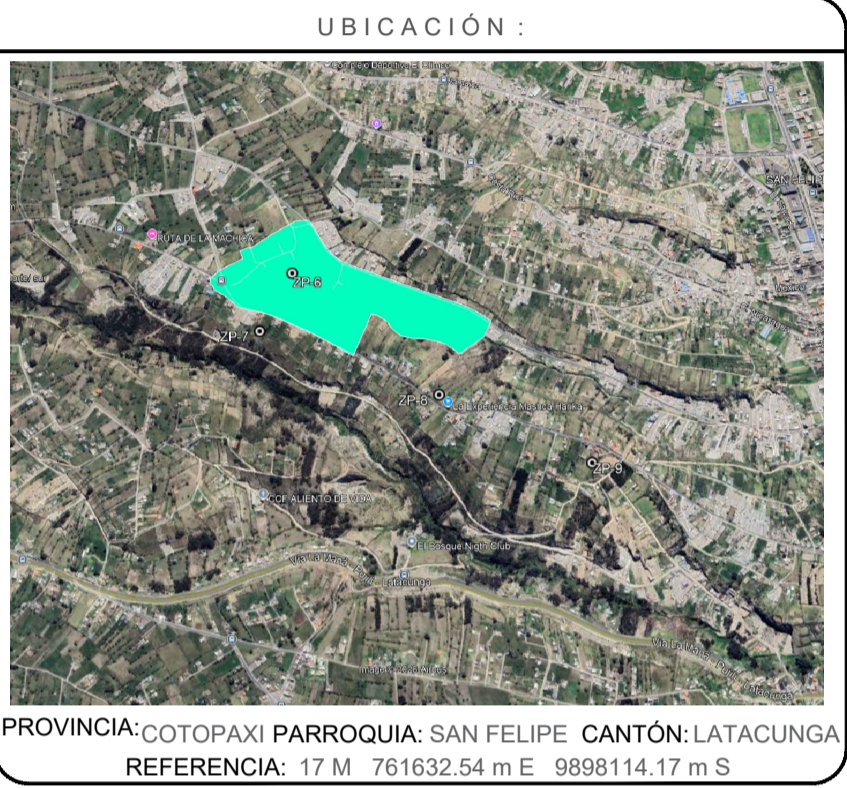
3 CONDUCCIÓN Y RED DE AGUA POTABLE ZONA 2 ZP-6



ESCALA: 1:900



PROYECTO:  
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 INGENIERÍA HIDRÁULICA  
 REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"



SIMBOLOGÍA

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO

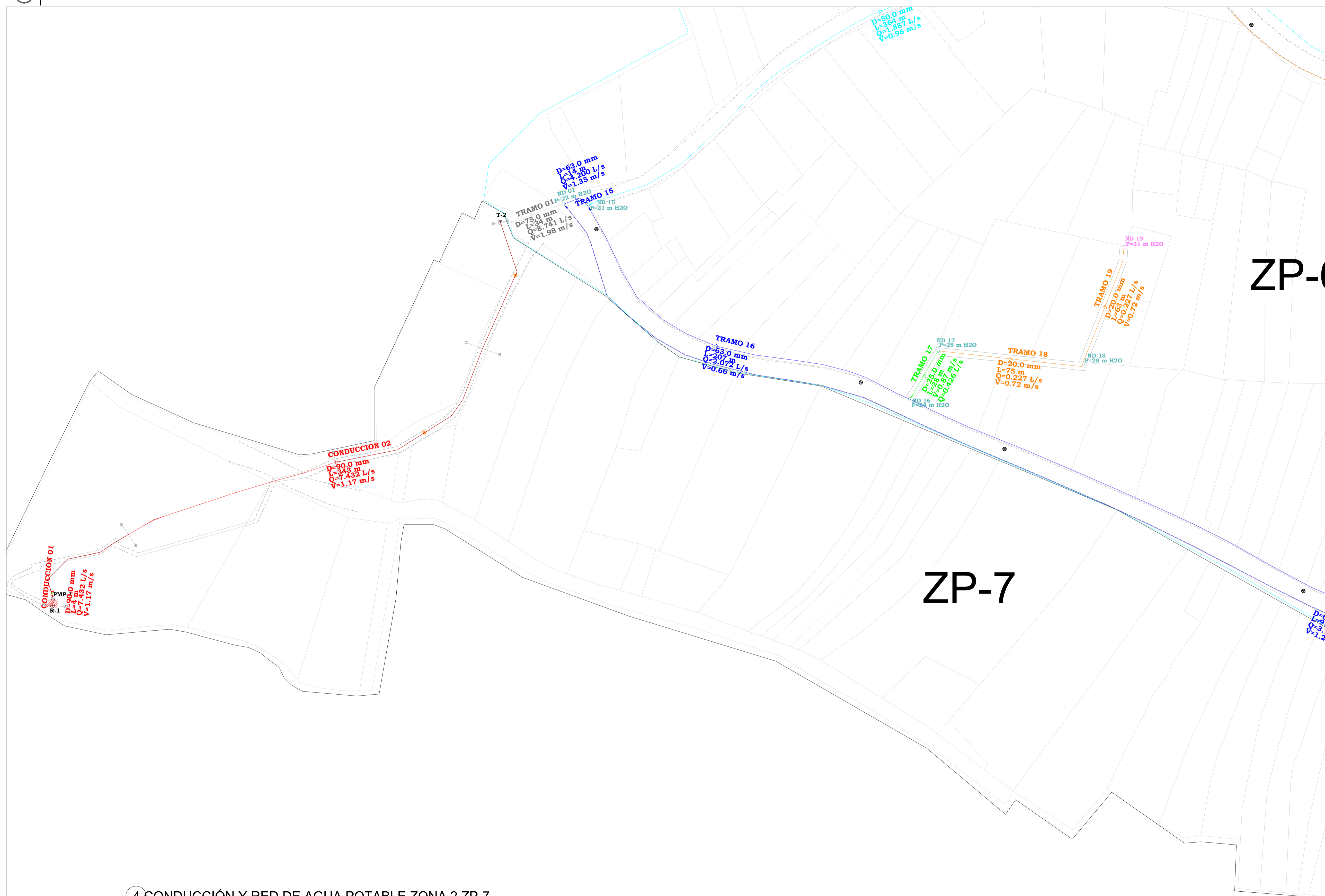
ELABORADO POR:  
 ESTUDIANTE  
 OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

REVISADO POR:  
 INGENIERA HIDRÁULICA  
 ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

APROBADO POR:  
 PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
 MSC. WILSON CHASILOA

CONTIENE:  
 Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 2 ZP-7

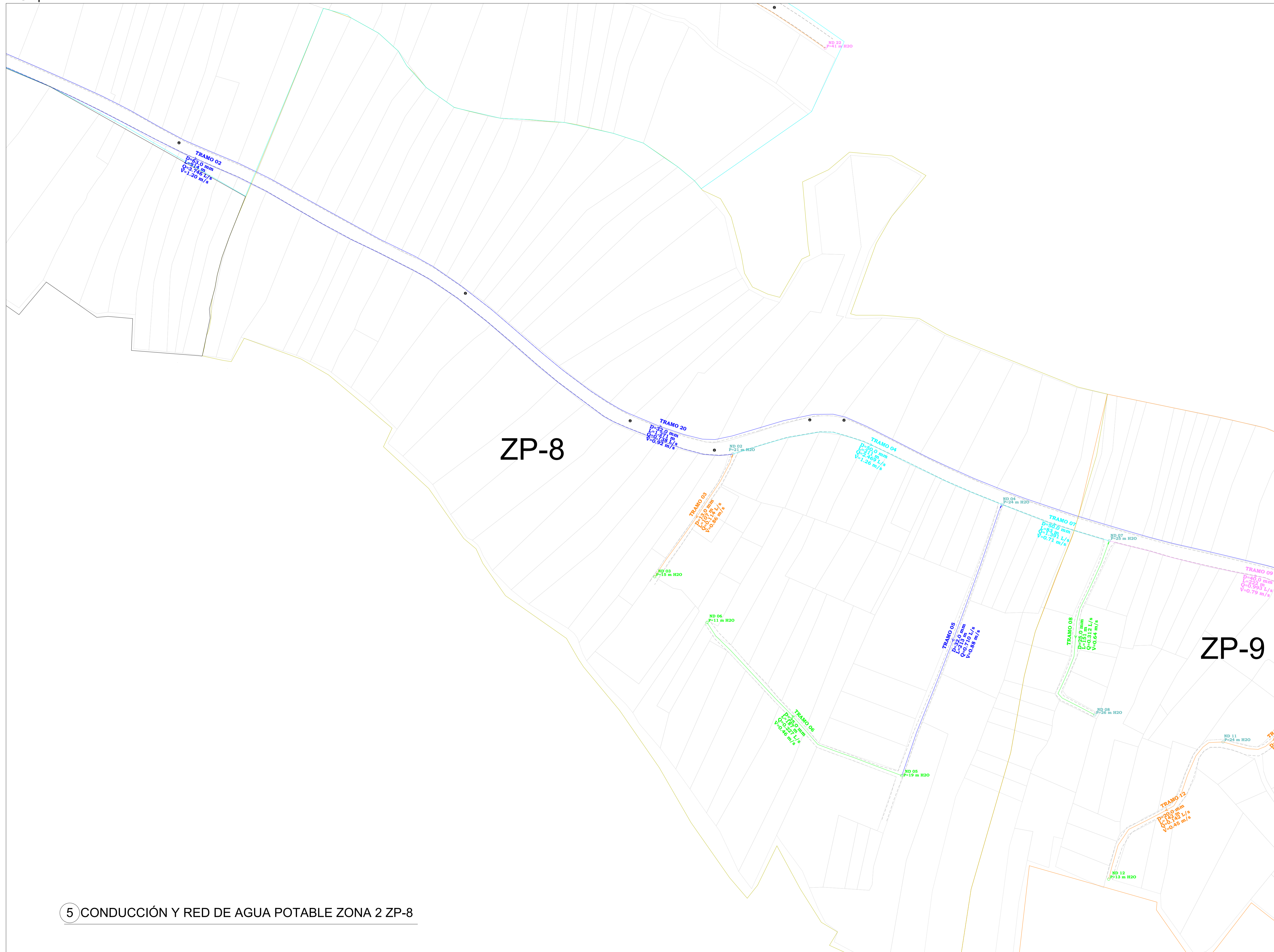
DIBUJO: OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA	ACOTACIÓN: METROS	LÁMINA: A.POT.
ESCALA: INDICADA	FECHA: MAYO 2026	FORMATO: 15/23
ARCHIVO: CONDUCCION Y RED 02 PROPUESTA 01.dwg		



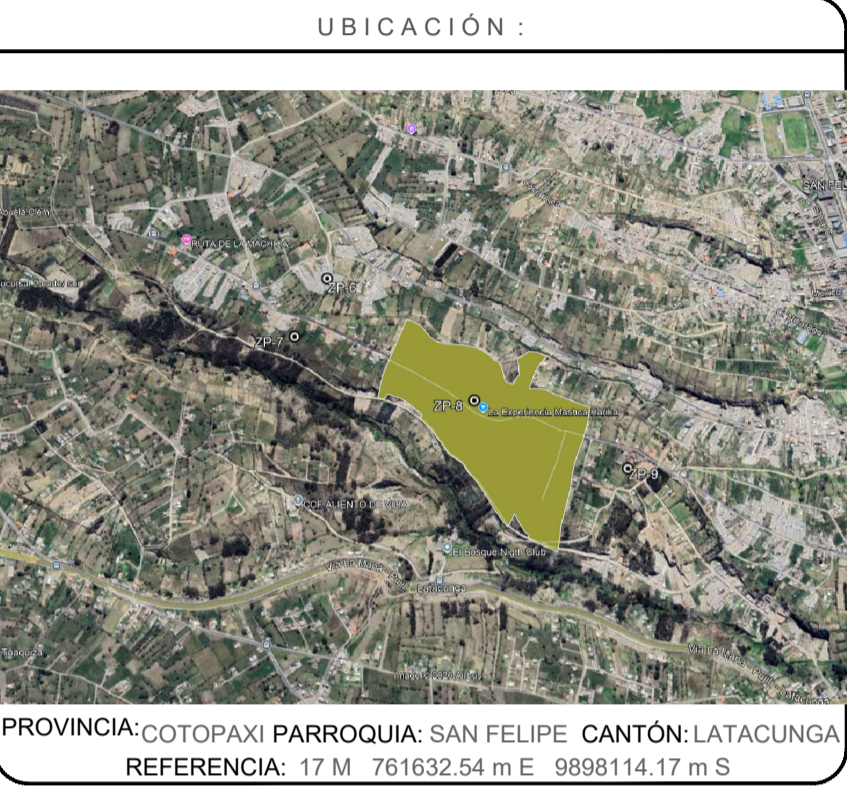
4 CONDUCCIÓN Y RED DE AGUA POTABLE ZONA 2 ZP-7



ESCALA: 1:1250



**PROYECTO:**  
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 INGENIERÍA HIDRÁULICA  
 REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"



**SIMBOLOGÍA**

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO

**ELABORADO POR:**  
 ESTUDIANTE  
 OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

**REVISADO POR:**  
 INGENIERA HIDRÁULICA  
 ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

**APROBADO POR:**  
 PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
 MSC. WILSON CHASILOA

**CONTIENE:**  
 Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 2 ZP-8

**5 CONDUCCIÓN Y RED DE AGUA POTABLE ZONA 2 ZP-8**

**DIBUJO:** OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA  
**ACOTACIÓN:** METROS  
**LÁMINA:** A.POT. 16/23  
**ESCALA:** INDICADA  
**FECHA:** MARZO 2026  
**FORMATO:** A1  
**ARCHIVO:** CONDUCCION Y RED 02 PROPUESTA 01.dwg

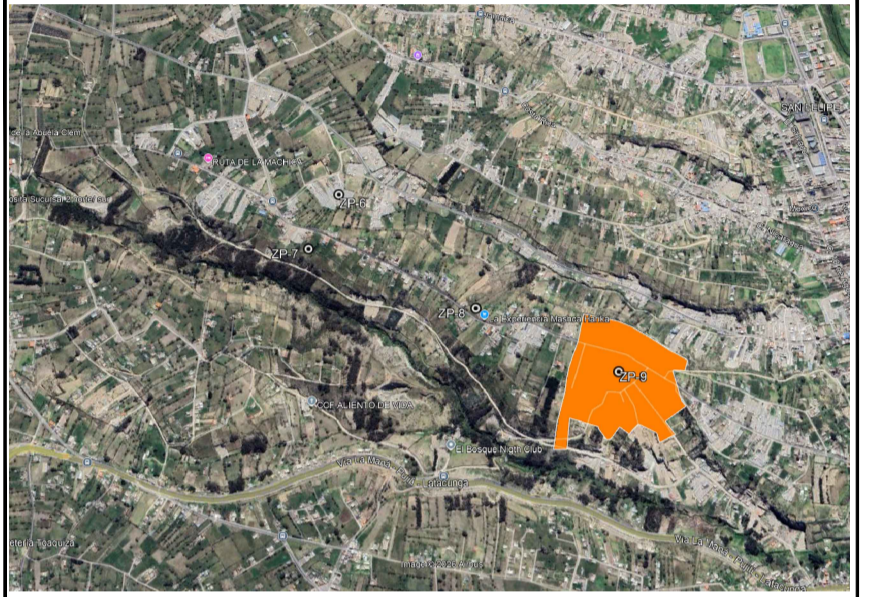


ESCALA: 1:750



PROYECTO:  
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 INGENIERÍA HIDRÁULICA  
 REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"

UBICACIÓN:



PROVINCIA: COTOPAXI PARROQUIA: SAN FELIPE CANTÓN: LATACUNGA  
 REFERENCIA: 17 M 761632.54 m E 9896114.17 m S

SIMBOLOGÍA

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO

ELABORADO POR:

ESTUDIANTE  
OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

REVISADO POR:

INGENIERA HIDRÁULICA  
ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

APROBADO POR:

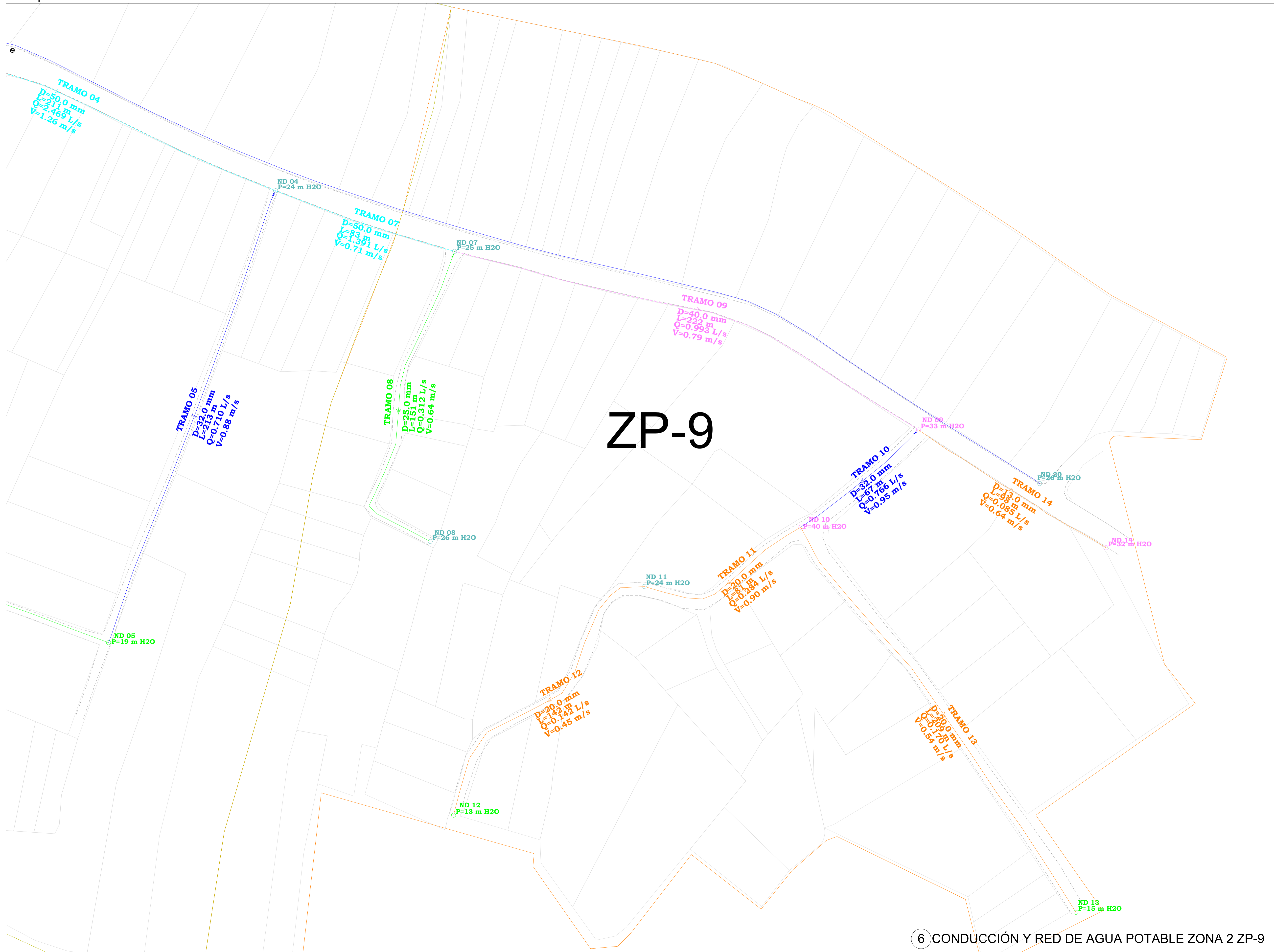
PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
MSC. WILSON CHASILOA

CONTIENE:

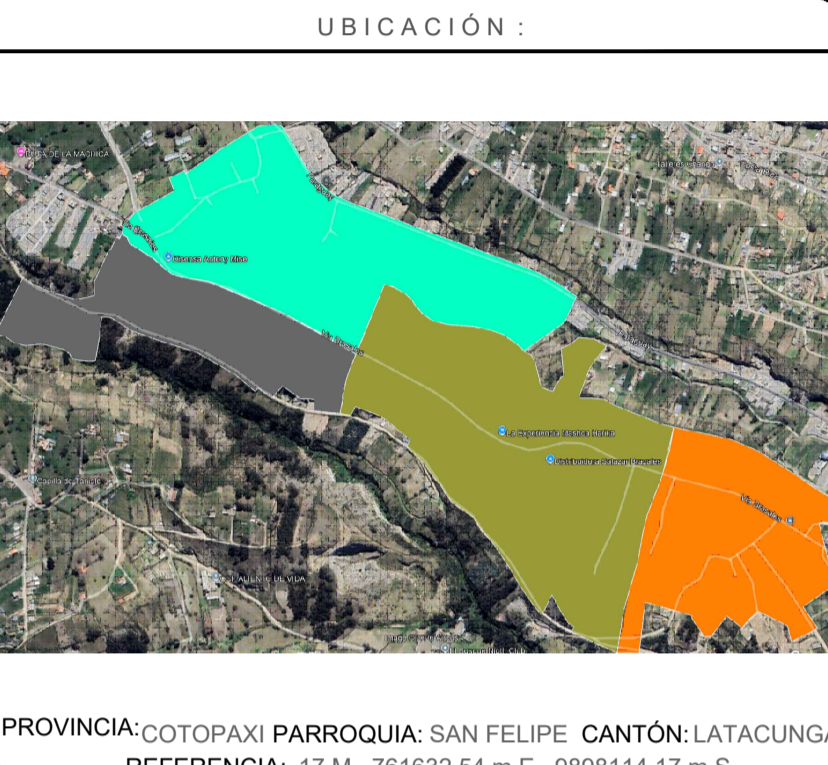
Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 2 ZP-9

6 CONDUCCIÓN Y RED DE AGUA POTABLE ZONA 2 ZP-9

DIBUJO: OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA	ACOTACIÓN: METROS	LÁMINA: A.POT.
ESCALA: INDICADA	FECHA: MAYO 2026	FORMATO: A1
ARCHIVO: CONDUCCION Y RED 02 PROPUESTA 01.dwg		17/23

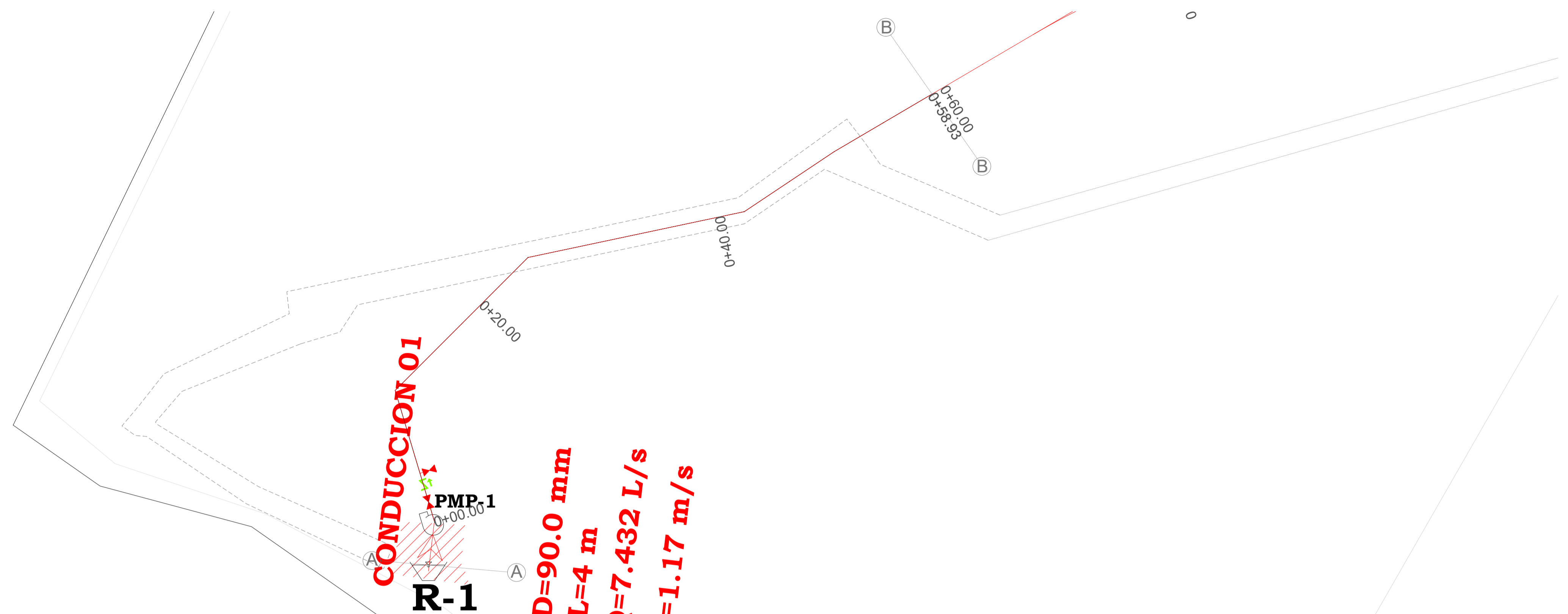


**PROYECTO:**  
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 INGENIERÍA HIDRÁULICA  
 REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"

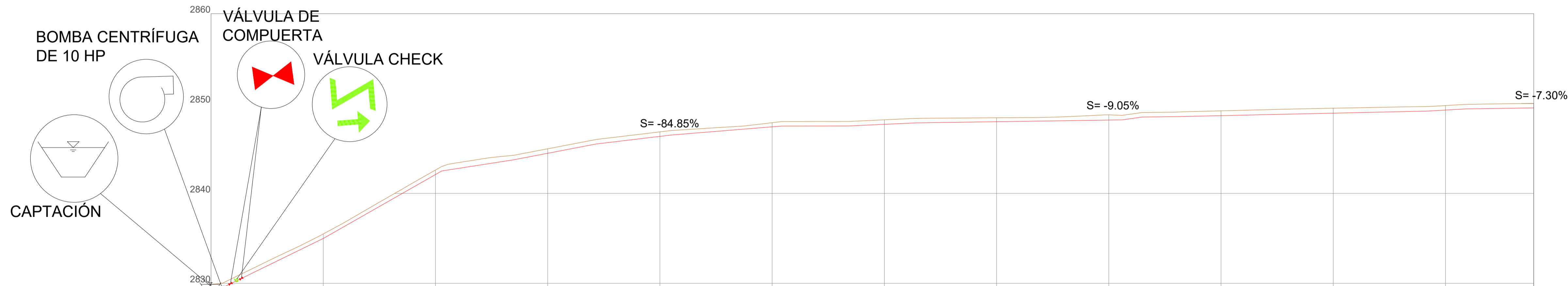


**SIMBOLOGÍA**

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO



7 VISTA EN PLANTA CONDUCCIÓN (PERFIL 1) ZONA 2  
 ESCALA 1:200



ABSCISAS (m)	0+0				0+20				0+40				0+58.93
COTA TERRENO (m.s.n.m.)	2829.88	2835.49	2842.61	2844.97	2846.85	2847.87	2848.19	2848.42	2848.75	2849.19	2849.48	2849.78	2850.02
COTA PROYECTO (m.s.n.m.)	2829.38	2834.99	2842.11	2844.47	2846.35	2847.41	2847.69	2847.98	2848.16	2848.66	2848.93	2849.28	2849.52
PROFUNDIDAD (m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
MATERIAL		PVC	PVC	PVC		PVC	PVC	PVC		PVC	PVC	PVC	
DIÁMETRO TUB. (mm)		90	90	90		90	90	90		90	90	90	

8 PERFIL LONGITUDINAL 1 DE CONDUCCIÓN ZONA 2  
 ESCALA 1:100

**ELABORADO POR:**  
 ESTUDIANTE  
 OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

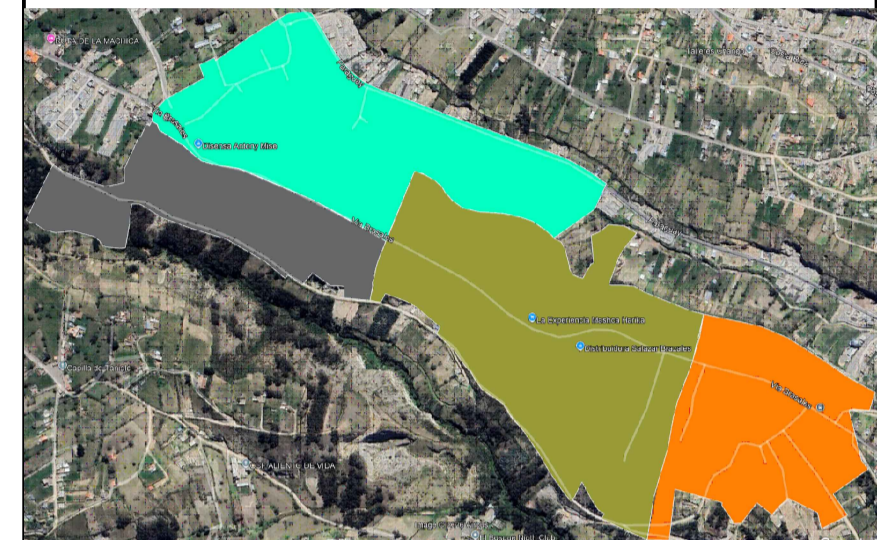
**REVISADO POR:**  
 INGENIERA HIDRÁULICA  
 ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

**APROBADO POR:**  
 PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
 MSC. WILSON CHASILOA

**CONTIENE:**  
 Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 2 Perfil 1

**PROYECTO:**  
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 INGENIERÍA HIDRÁULICA  
 REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"

**UBICACIÓN:**

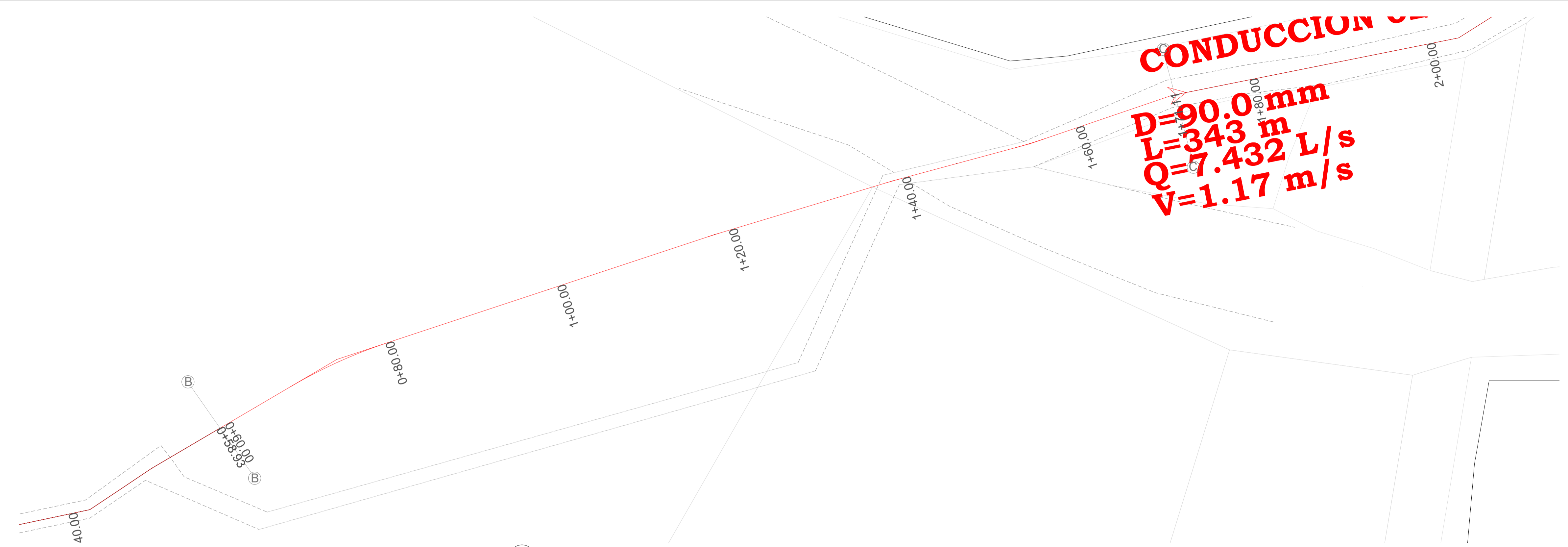


PROVINCIA: COTOPAXI PARROQUIA: SAN FELIPE CANTÓN: LATACUNGA  
 REFERENCIA: 17 M 761632.54 m E 9896114.17 m S

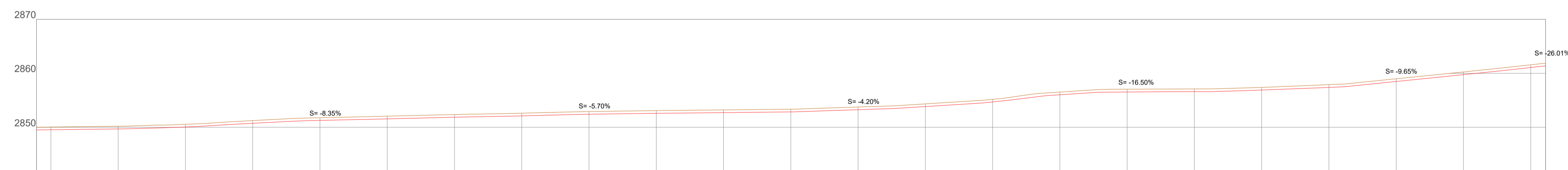
**SIMBOLOGÍA**

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO

**CONDUCCION**  
**D=90.0 mm**  
**L=343 m**  
**Q=7.432 L/s**  
**V=1.17 m/s**



**9 VISTA EN PLANTA CONDUCCIÓN (PERFIL 2) ZONA 2**  
 ESCALA 1:250



ABSCISAS (m)	0+53.93																		0+80		1+0			1+20			1+40			1+60			1+71.11	
COTA TERRENO (m.s.n.m.)	2850.02	2850.19	2850.56	2851.24	2851.78	2852.06	2852.37	2852.61	2852.92	2853.09	2853.22	2853.35	2853.76	2854.34	2855.18	2856.53	2857.06	2857.11	2857.40	2857.91	2858.99	2860.25	2861.88											
COTA PROYECTO (m.s.n.m.)	2849.52	2849.69	2850.06	2850.74	2851.28	2851.56	2851.87	2852.11	2852.42	2852.59	2852.72	2852.85	2853.26	2853.84	2854.70	2856.03	2856.54	2856.61	2856.91	2857.39	2858.49	2859.76	2861.38											
PROFUNDIDAD (m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.505											
MATERIAL	PVC	PVC	PVC	PVC		PVC	PVC	PVC		PVC	PVC	PVC		PVC	PVC	PVC		PVC	PVC	PVC		PVC	PVC											
DIÁMETRO TUB. (mm)	90	90	90	90		90	90	90		90	90	90		90	90	90		90	90	90		90	90											

**10 PERFIL LONGITUDINAL 2 DE CONDUCCIÓN ZONA 2**  
 ESCALA 1:175

**ELABORADO POR:**  
 ESTUDIANTE  
 OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

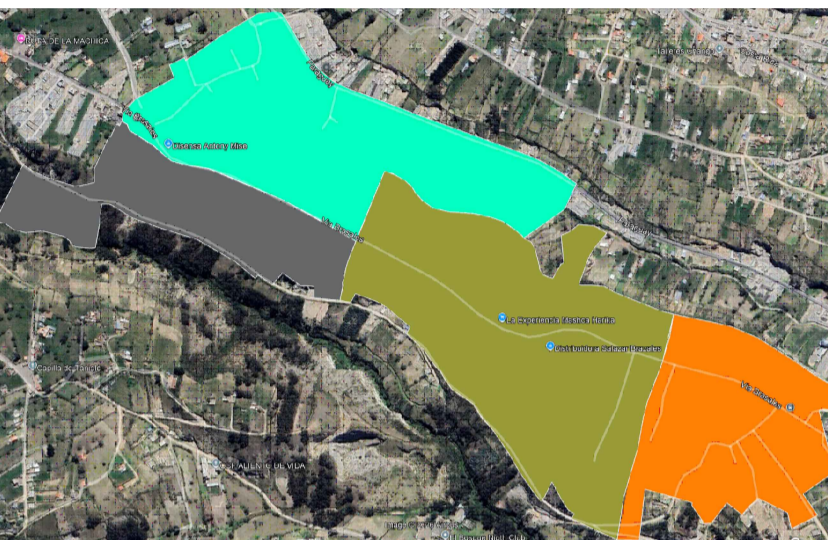
**REVISADO POR:**  
 INGENIERA HIDRÁULICA  
 ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

**APROBADO POR:**  
 PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
 MSC. WILSON CHASILOA

**CONTIENE:**  
 Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 2 Perfil 2

**PROYECTO:**  
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 INGENIERÍA HIDRÁULICA  
 REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"

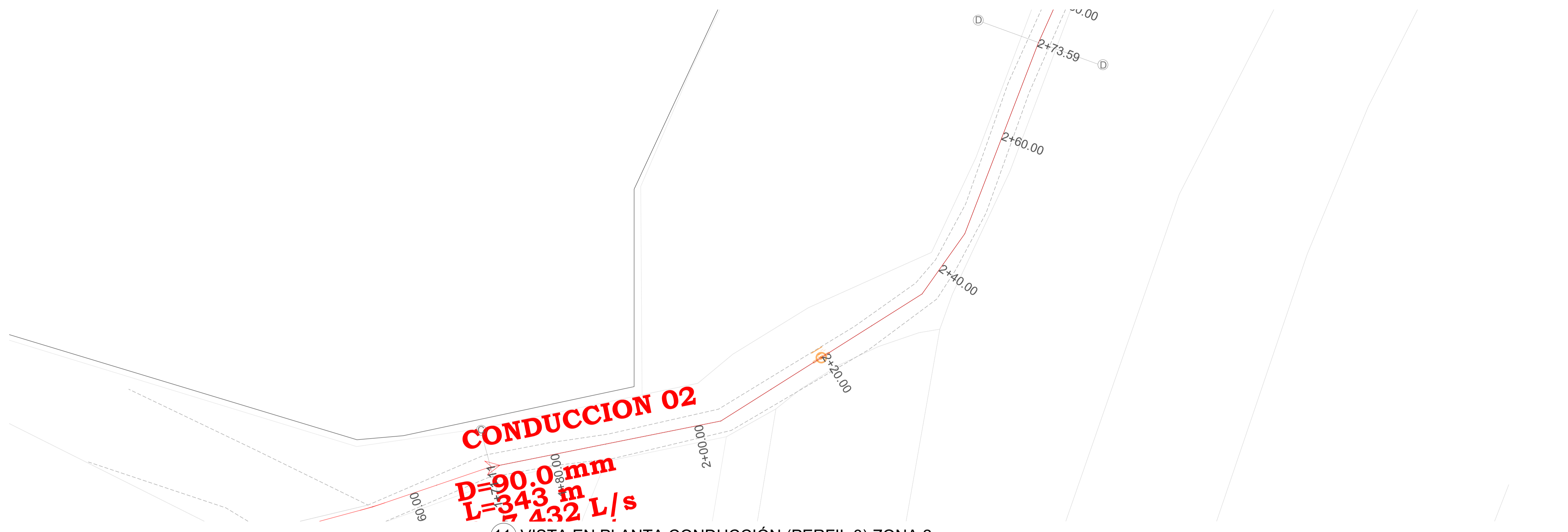
**UBICACIÓN:**



PROVINCIA: COTOPAXI PARROQUIA: SAN FELIPE CANTÓN: LATACUNGA  
 REFERENCIA: 17 M 761632.54 m E 9896114.17 m S

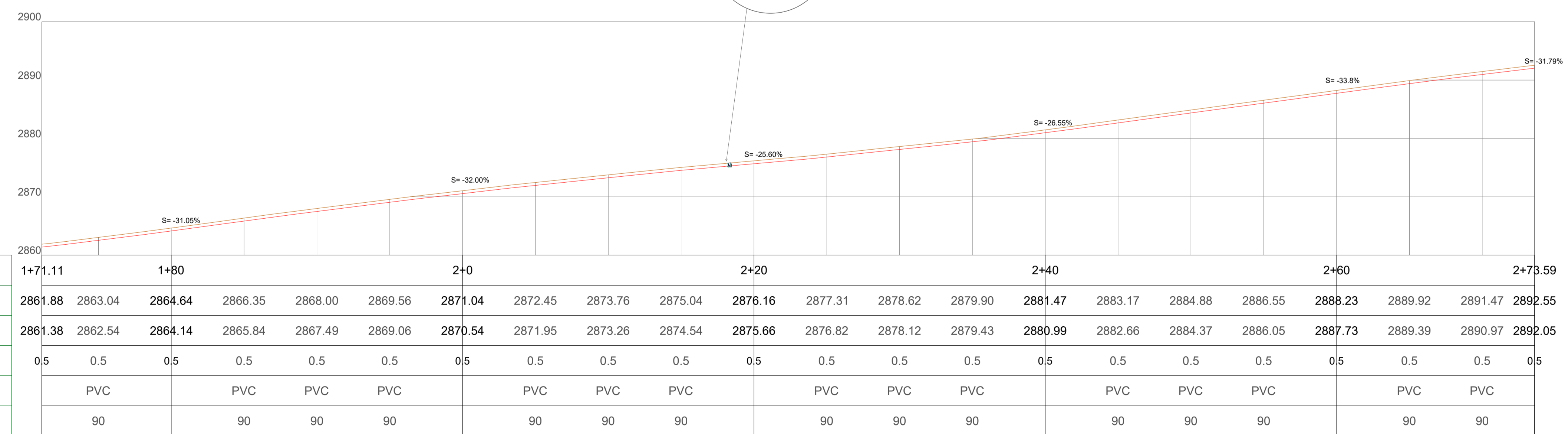
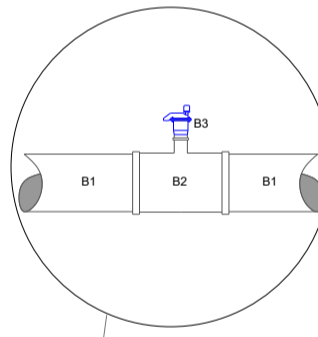
**SIMBOLOGÍA**

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO



**11 VISTA EN PLANTA CONDUCCIÓN (PERFIL 3) ZONA 2**  
 ESCALA 1:200

CAJA PARA VÁLVULA DE AIRE



ABSCISAS (m)	1+71.11	1+80	2+0	2+20	2+40	2+60	2+73.59															
COTA TERRENO (m.s.n.m.)	2861.88	2863.04	2864.64	2866.35	2868.00	2869.56	2871.04	2872.45	2873.76	2875.04	2876.16	2877.31	2878.62	2879.90	2881.47	2883.17	2884.88	2886.55	2888.23	2889.92	2891.47	2892.55
COTA PROYECTO (m.s.n.m.)	2861.38	2862.54	2864.14	2865.84	2867.49	2869.06	2870.54	2871.95	2873.26	2874.54	2875.66	2876.82	2878.12	2879.43	2880.99	2882.66	2884.37	2886.05	2887.73	2889.39	2890.97	2892.05
PROFUNDIDAD (m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
MATERIAL	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC	PVC
DIÁMETRO TUB. (mm)	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	

**12 PERFIL LONGITUDINAL 3 DE CONDUCCIÓN ZONA 2**  
 ESCALA 1:175

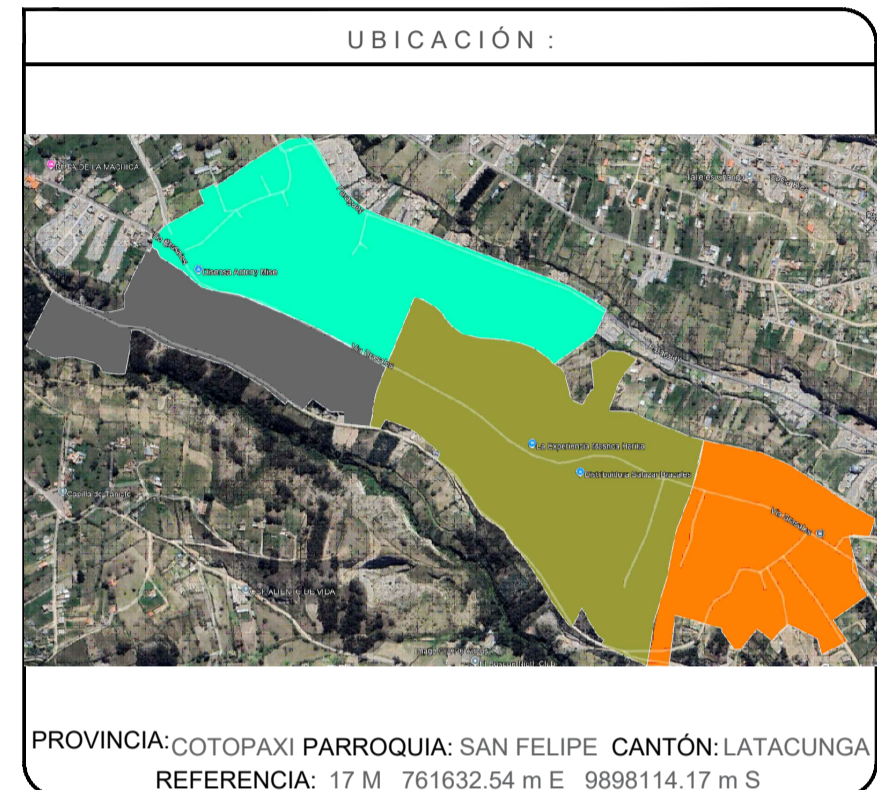
**ELABORADO POR:**  
 ESTUDIANTE  
 OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

**REVISADO POR:**  
 INGENIERA HIDRÁULICA  
 ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

**APROBADO POR:**  
 PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
 MSC. WILSON CHASILOA

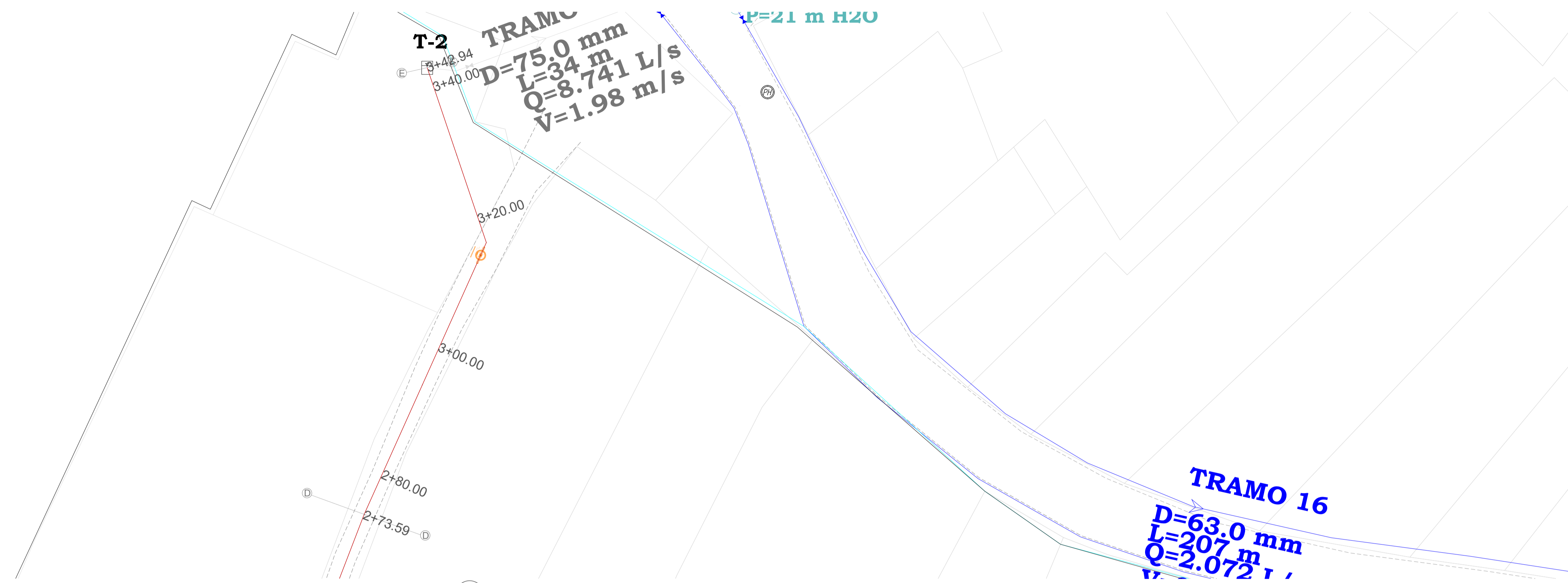
**C O N T I E N E :**  
 Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 2 Perfil 3

PROYECTO:  
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 INGENIERÍA HIDRÁULICA  
 REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"

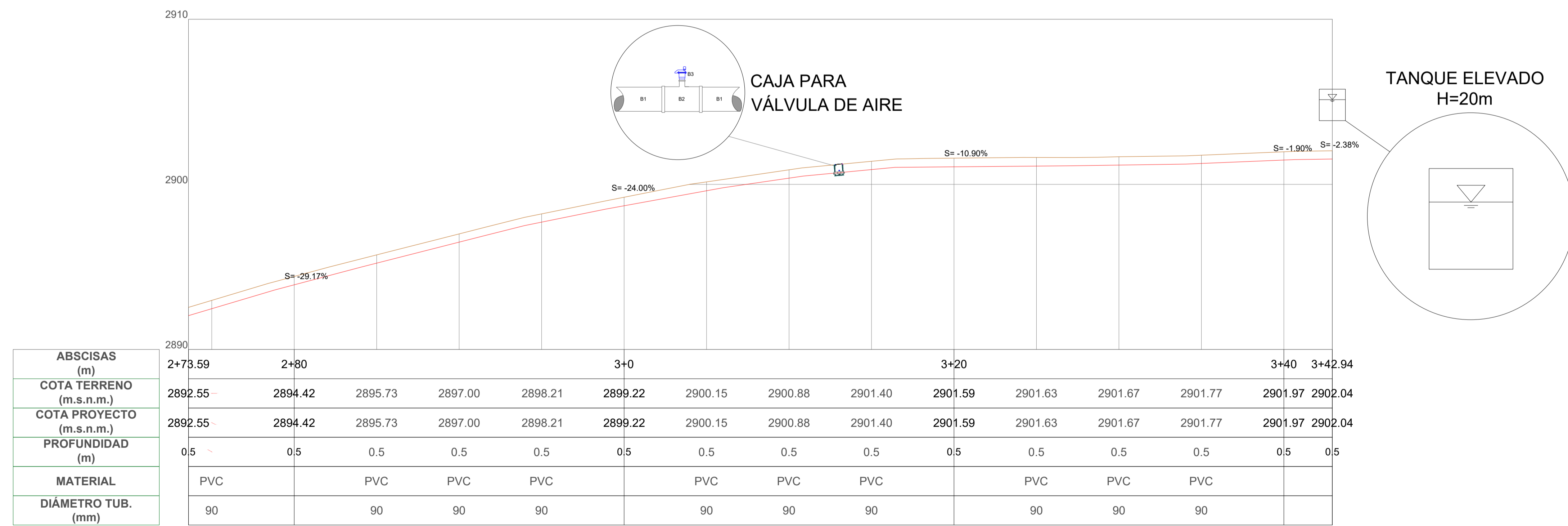


SIMBOLOGÍA

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO



13 VISTA EN PLANTA CONDUCCIÓN (PERFIL 4) ZONA 2  
 ESCALA 1:350



14 PERFIL LONGITUDINAL 4 DE CONDUCCIÓN ZONA 2  
 ESCALA 1:150

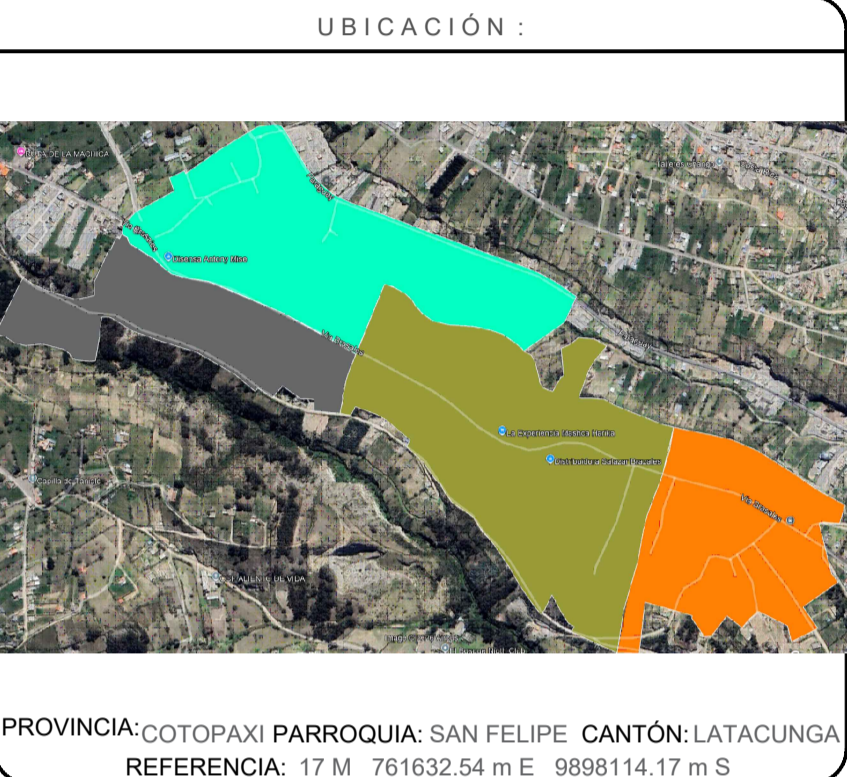
ELABORADO POR:  
 ESTUDIANTE  
 OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

REVISADO POR:  
 INGENIERA HIDRÁULICA  
 ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

APROBADO POR:  
 PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
 MSC. WILSON CHASILOA

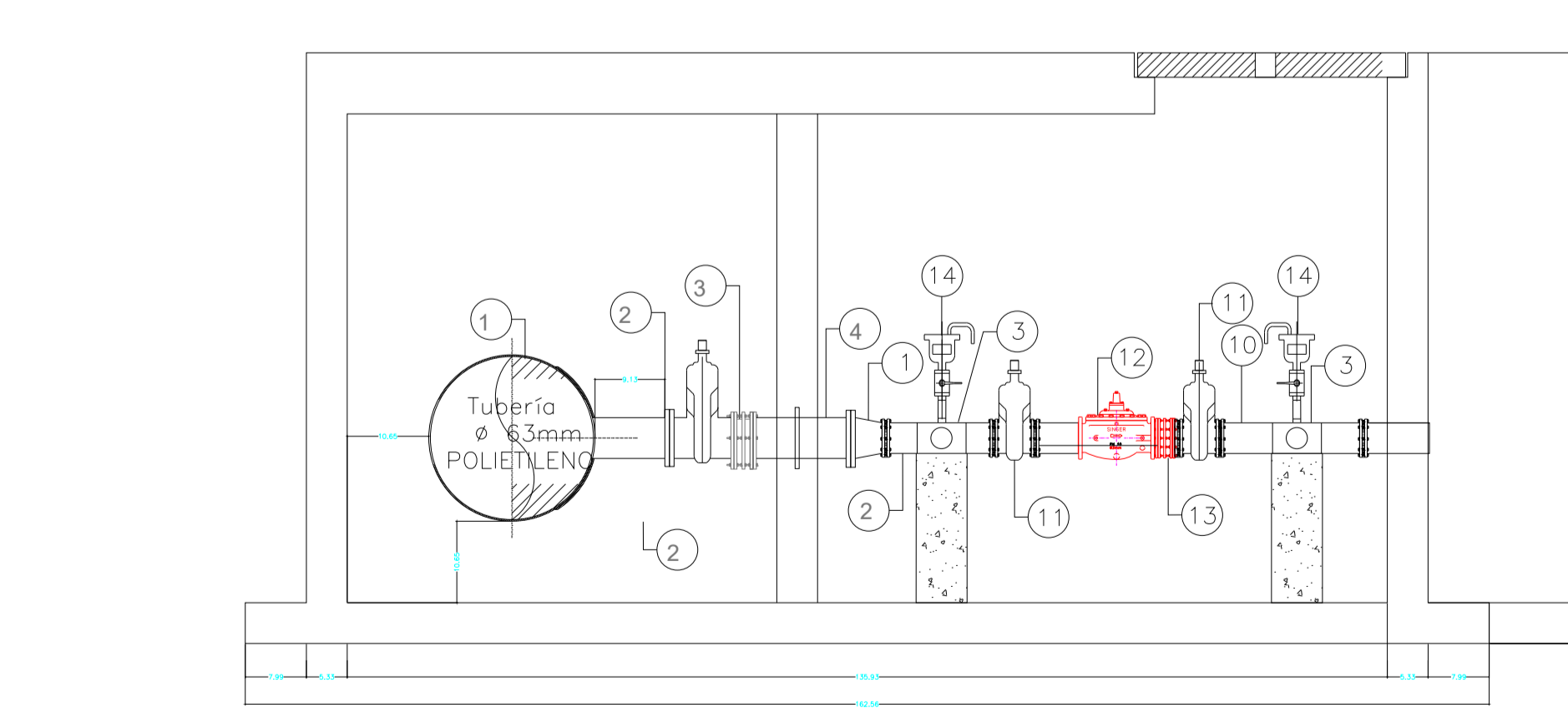
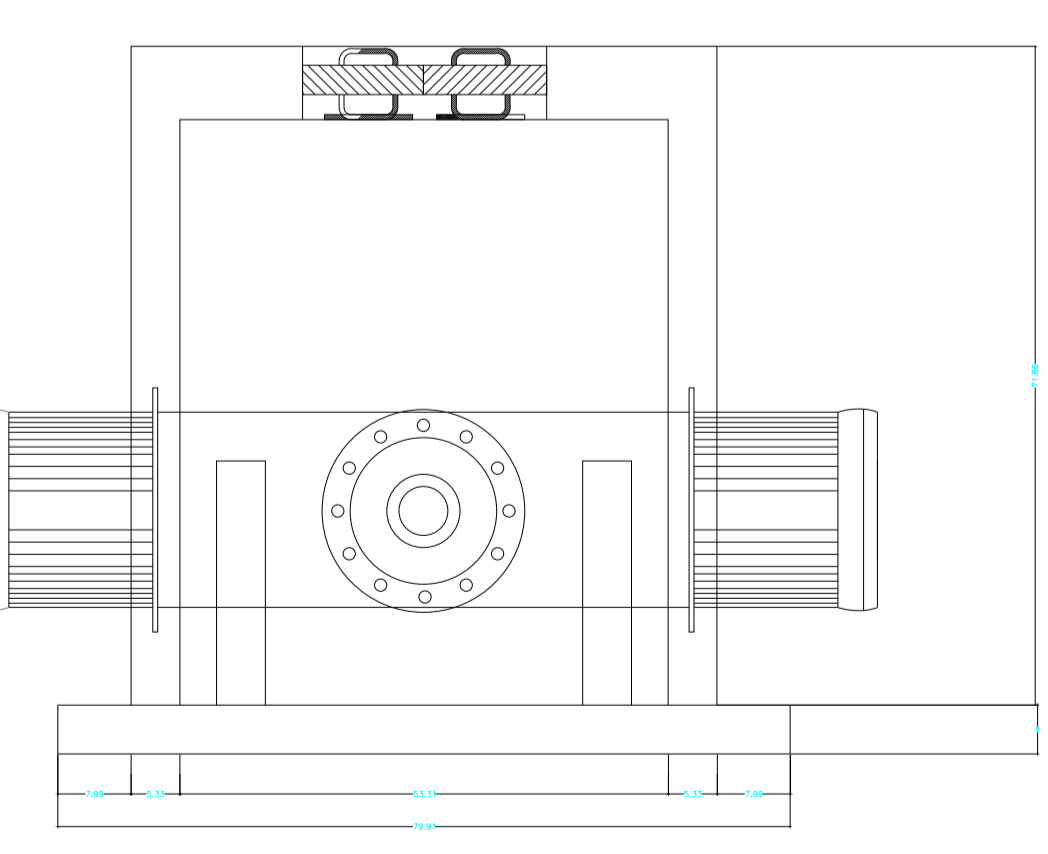
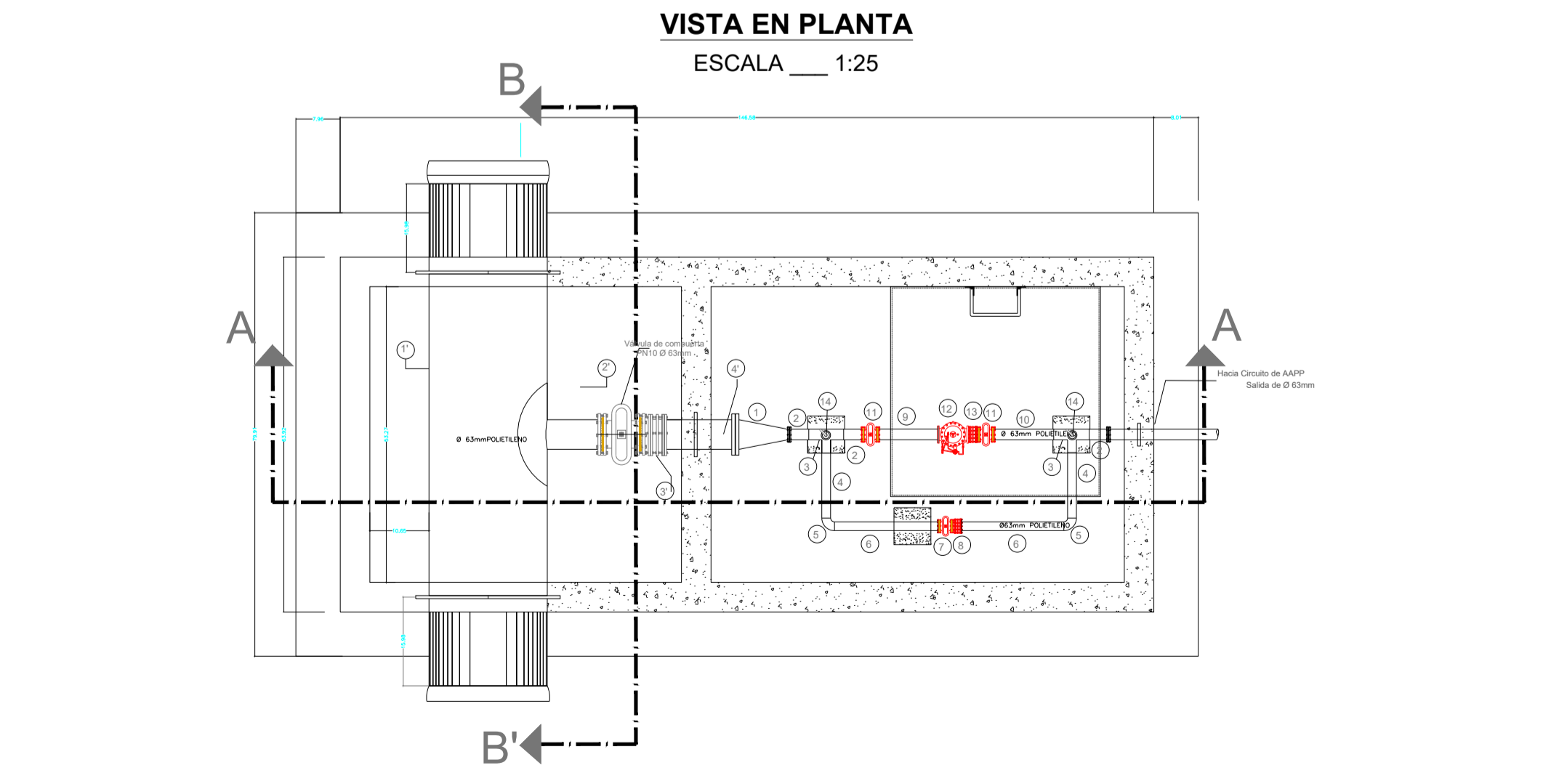
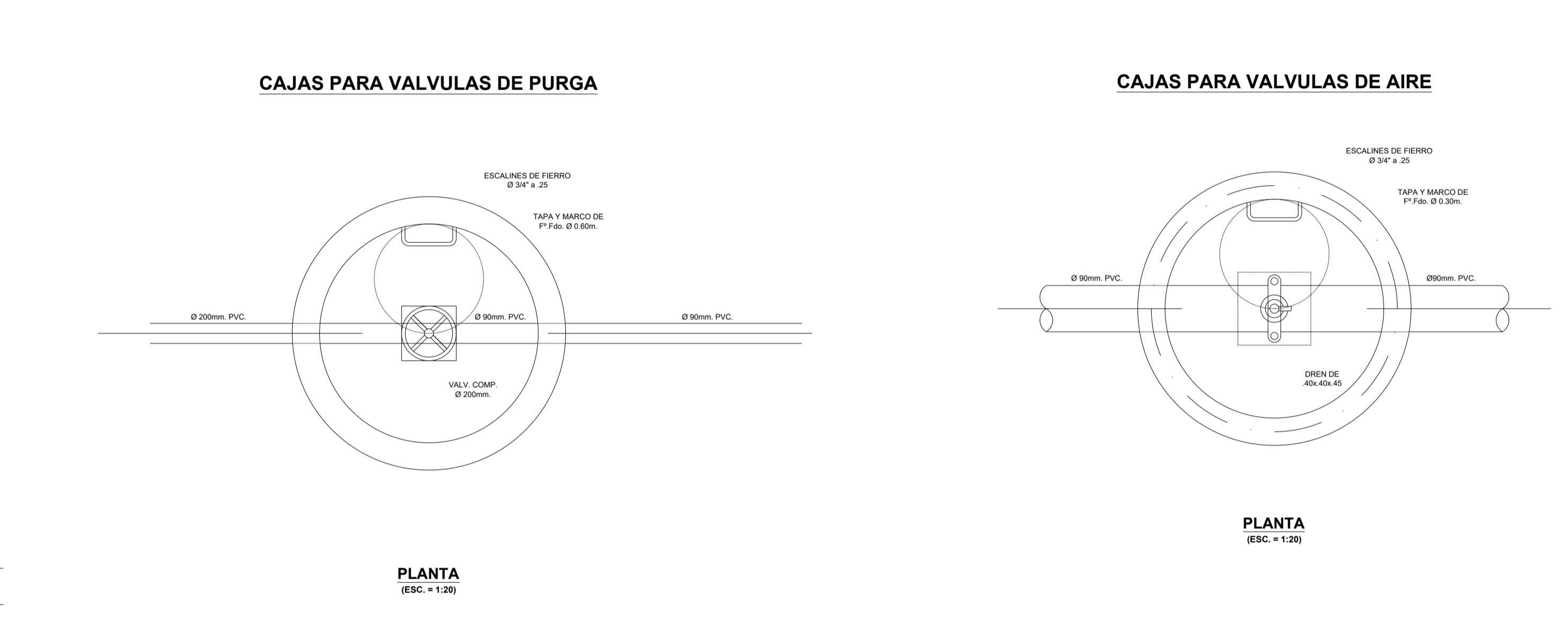
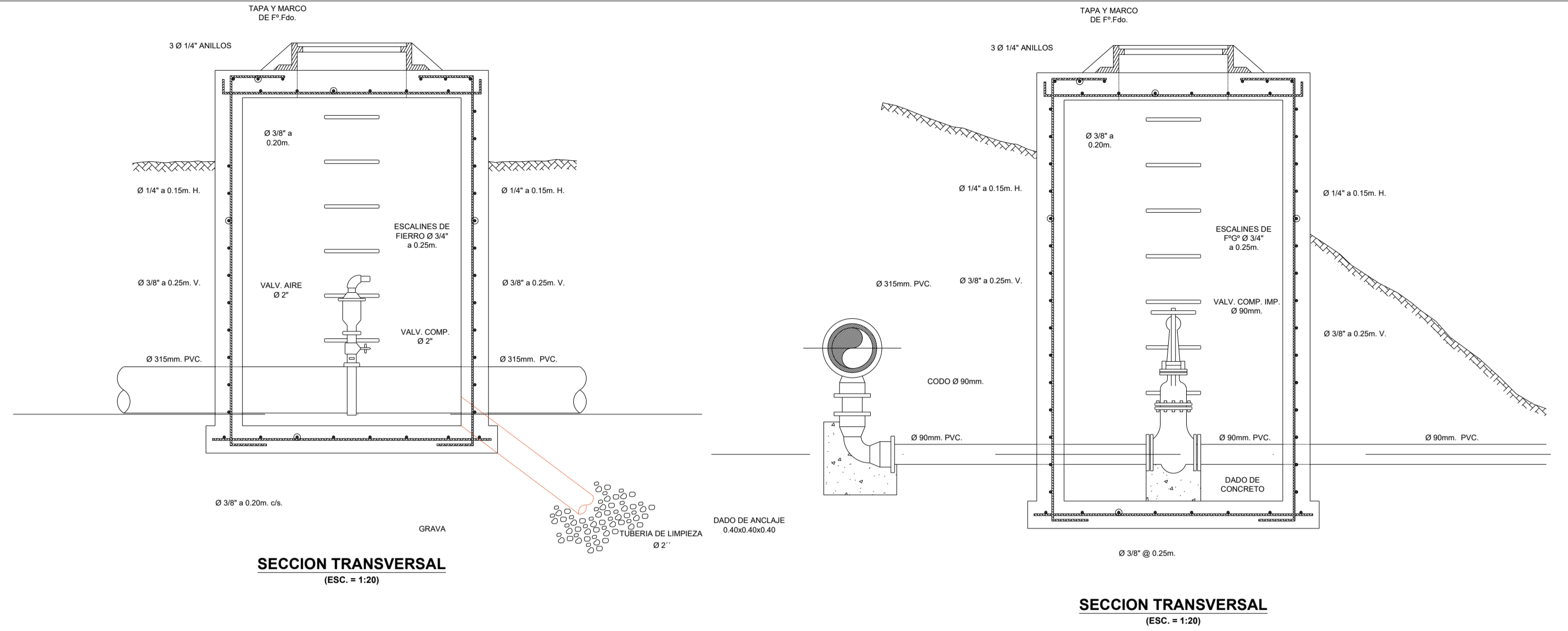
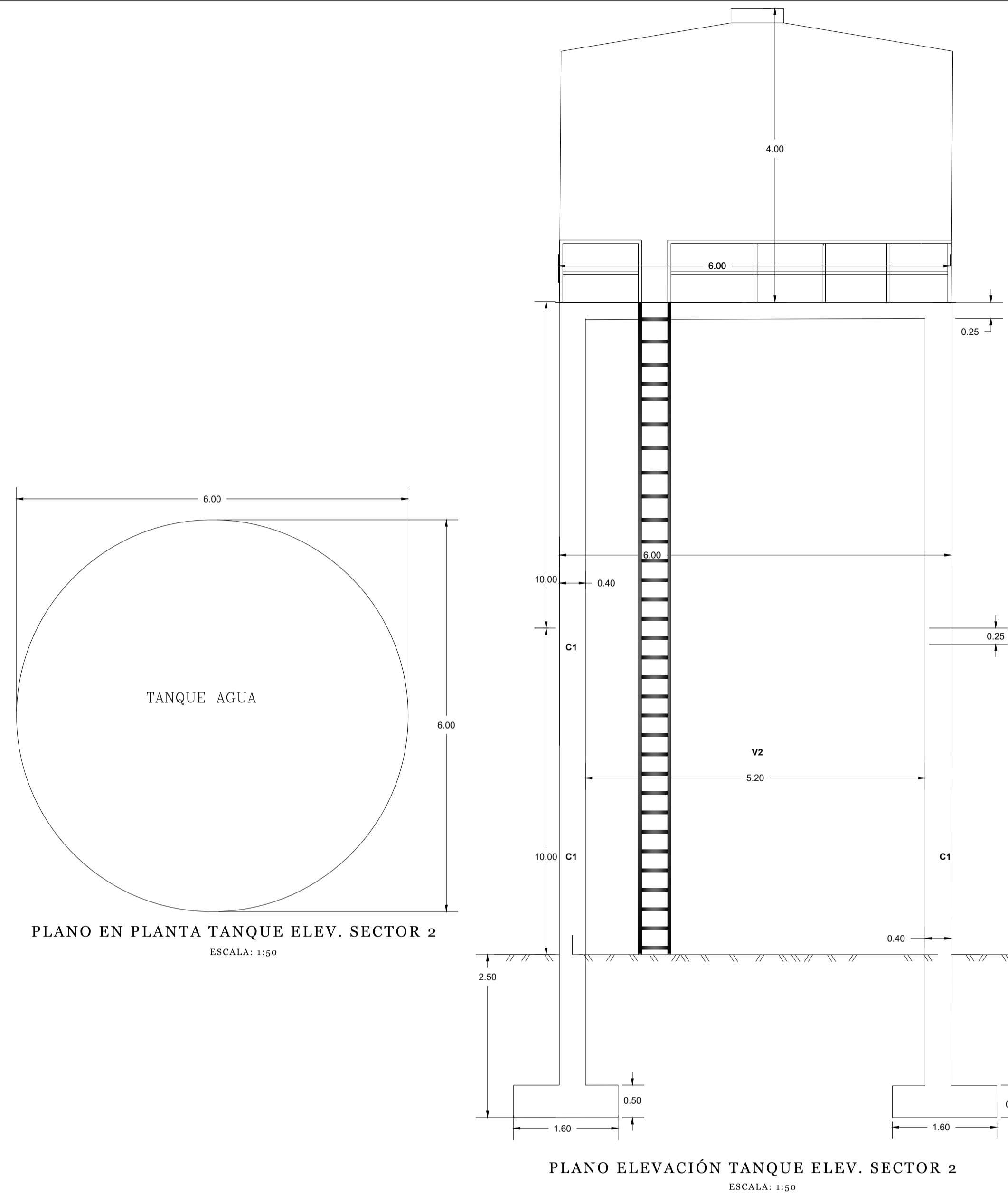
CONTIENE:  
 Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 2 Perfil 4

**PROYECTO:**  
 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
 CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
 INGENIERÍA HIDRÁULICA  
 REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"



**SIMBOLOGÍA**

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO



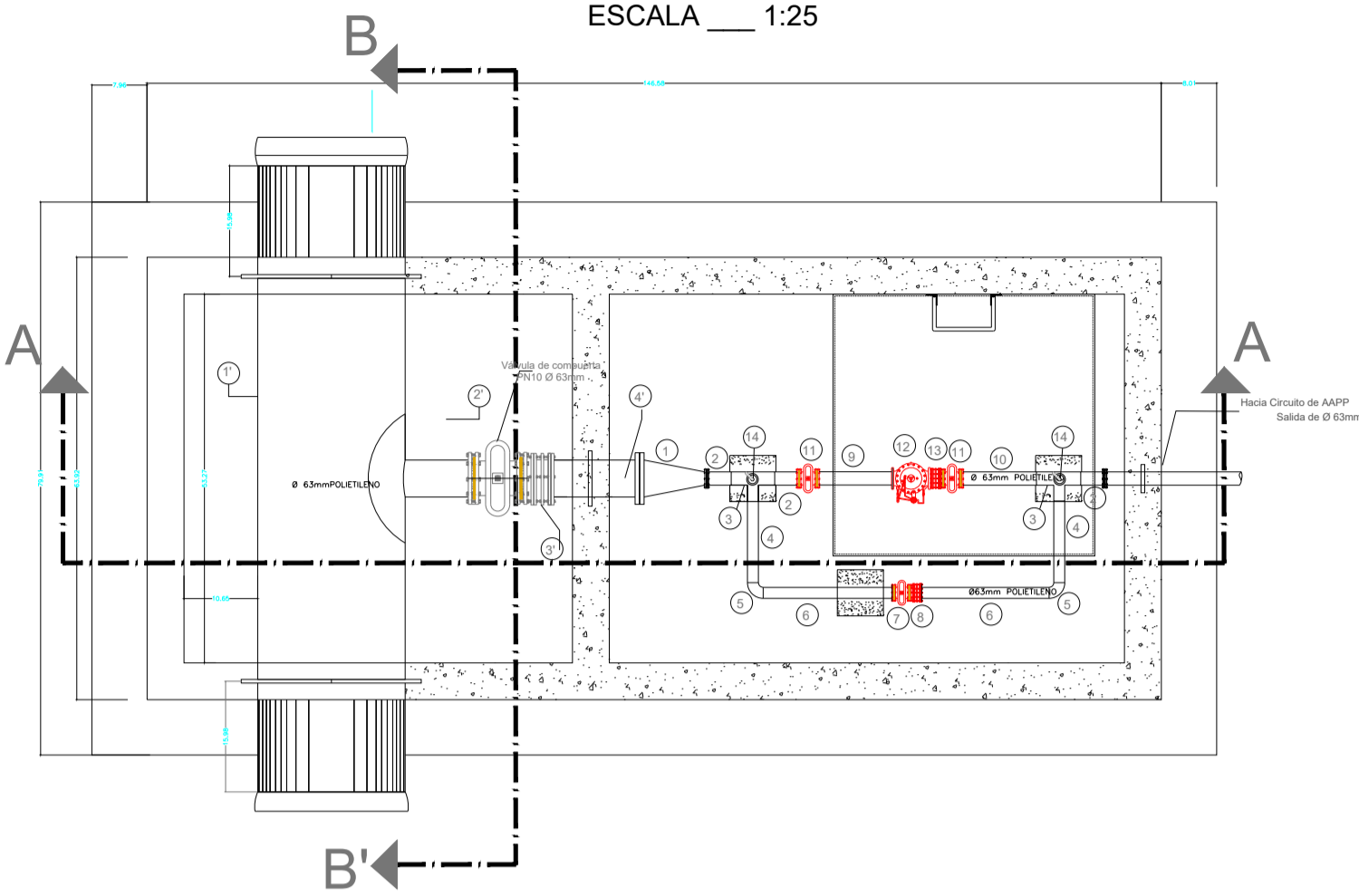
**ELABORADO POR:**  
 ESTUDIANTE  
 OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

**REVISADO POR:**  
 INGENIERA HIDRÁULICA  
 ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

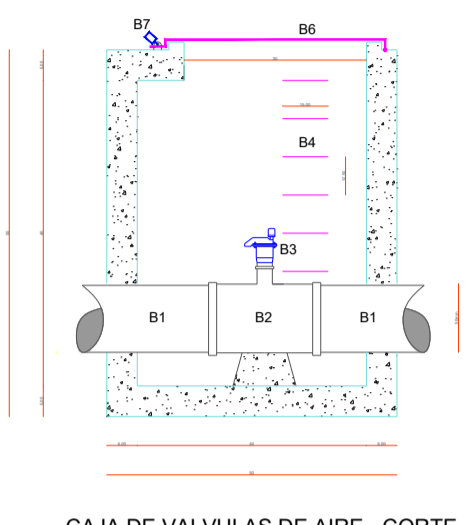
**APROBADO POR:**  
 PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
 MSC. WILSON CHASILOA

**CONTIENE:**  
 Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 2 Detalles

**VISTA EN PLANTA**  
ESCALA 1:25

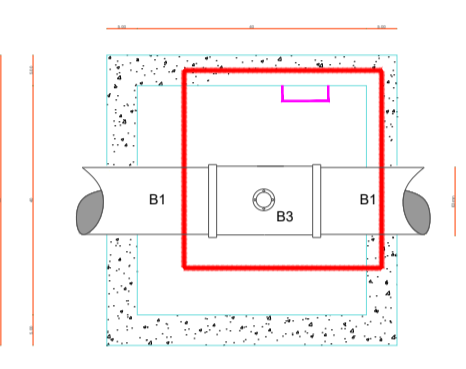


ACCESORIOS EXISTENTES		ACCESORIOS PROYECTADOS		
# ITEM	DESCRIPCION	# ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	TUBERIA POLIETILENO D=63mm	1	UNION DE POLIETILENO BRIDADO Ø3mm	1
2	RECUBRIMIENTO HI.EVA. PEAD, INC. ARANDELA DE ESTANQUEIDAD	3	NEPLO DE POLIETILENO D=63mm, BRIDA LISO RECUB. POLIETILENO	3
3	SALIDA RADIAL DE D=63mm	2	TEE DE POLIETILENO Ø3mm	2
4	UNION DE DESMONTAJE AUTOPORTANTE Ø 63mm	2	NEPLO DE POLIETILENO D=63mm, BRIDA LISO RECUB. POLIETILENO	2
5	NEPLO DE PVC D=63mm, BRIDA LISO RECUB. POLIETILENO	2	CODO DE 90° DE POLIETILENO Ø3mm RECUB. POLIETILENO	2
		1	VALVULA DE COMPUERTA HD SELLO ELASTICO EXTREMO BRIDADO, D=63mm	1
		1	UNION DE DESMONTAJE AUTOPORTANTE Ø 63mm	1
		1	NEPLO DE POLIETILENO D=63mm, BRIDA LISO RECUB. POLIETILENO	1
		1	NEPLO DE POLIETILENO D=63mm, BRIDA LISO RECUB. POLIETILENO	1
		2	VALVULA DE COMPUERTA HD SELLO ELASTICO EXTREMO BRIDADO, D=63mm	2
		1	UNION DE DESMONTAJE AUTOPORTANTE Ø 63mm	1
		1	VALVULA REDUCTORA DE PRESION HD SELLO ELASTICO EXTREMO BRIDADO, D=63mm	1
		1	UNION DE DESMONTAJE AUTOPORTANTE Ø 63mm	1
		2	VALVULA DE AIRE HD DN 63mm Bridada PN 10	2



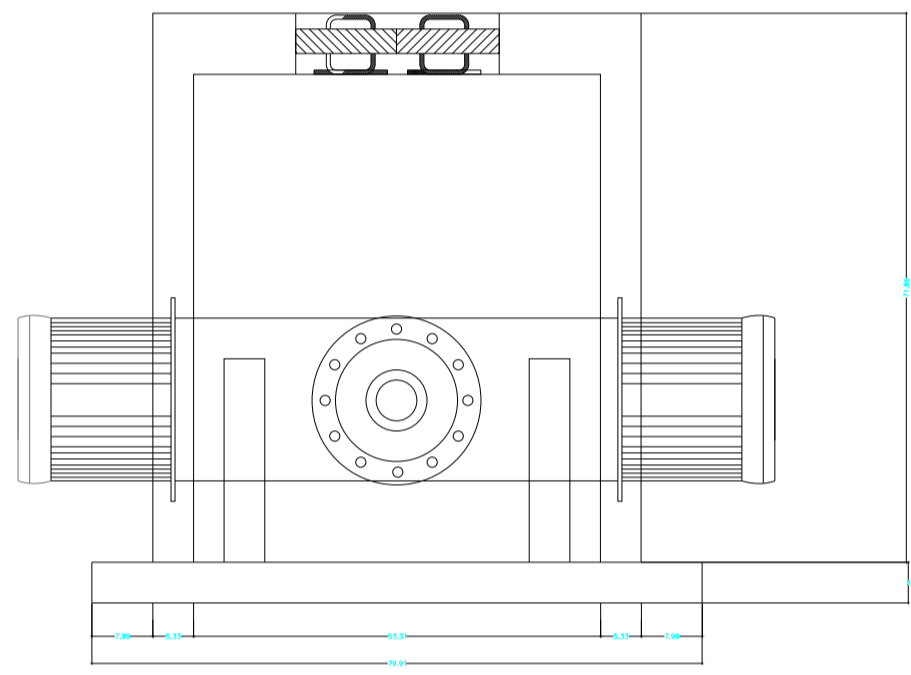
CAJA DE VALVULAS DE AIRE - CORTE ESCALA 1:25

LISTA DE ACCESORIOS - VALVULAS DE AIRE			
	DESCRIPCION	MATERIAL	CANTIDAD
B1	Tubería $\phi = 50mm$	POLIETILENO	
B2	Collarín de derivación de $\phi = 50mm$ a $1/2"$	POLIETILENO	1
B2	Collarín de derivación de $\phi = 50mm$ a $1/2"$	POLIETILENO	1
B3	Válvula Ventosa Trifuncional	POLIETILENO	1
B4	Escalera de acceso con varilla $\phi=14mm$	hierro	1
B6	Tapa de revisión (60X60)	METALICA	1
B7	Condado		1

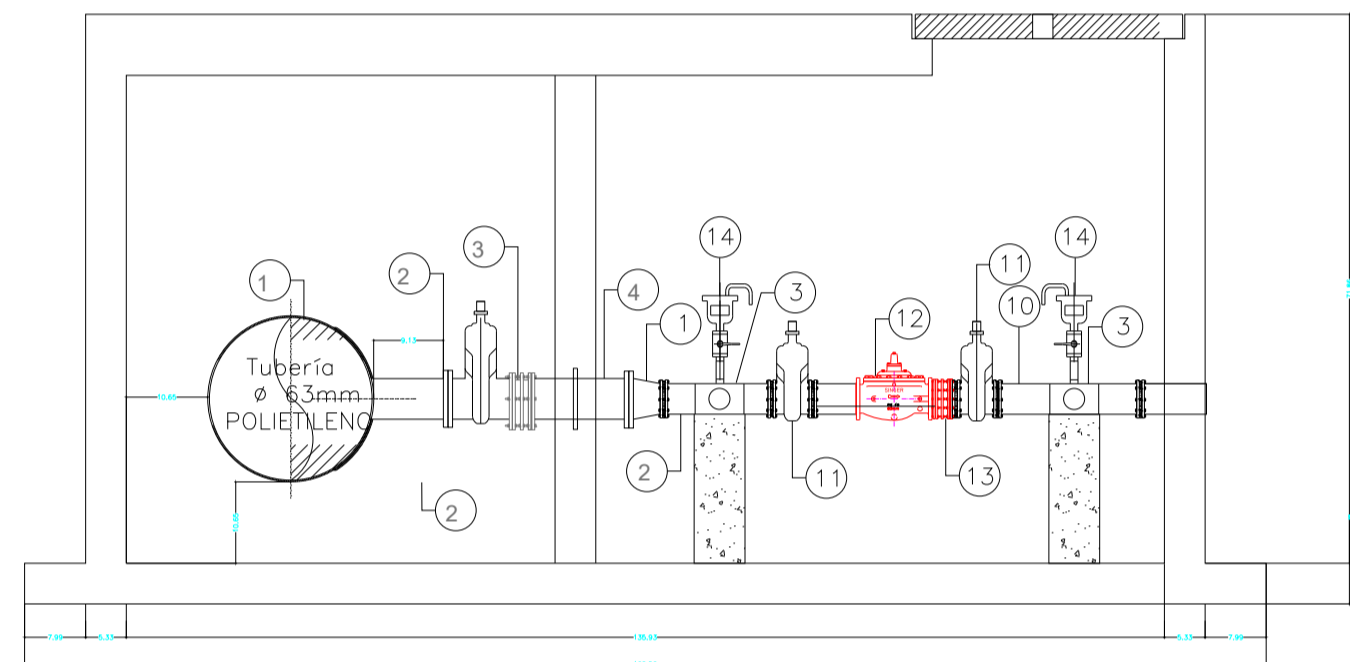


CAJA DE VALVULAS DE AIRE - PLANTA ESCALA 1:25

LISTA DE ACCESORIOS - VALVULAS DE AIRE			
	DESCRIPCION	MATERIAL	CANTIDAD
B1	Tubería $\phi = 63mm$	POLIETILENO	
B2	Collarín de derivación de $\phi = 63mm$ a $1/2"$	POLIETILENO	1
B2	Collarín de derivación de $\phi = 63mm$ a $1/2"$	POLIETILENO	1
B3	Válvula Ventosa Trifuncional	POLIETILENO	1
B4	Escalera de acceso con varilla $\phi=14mm$	hierro	1
B6	Tapa de revisión (60X60)	METALICA	1
B7	Condado		1

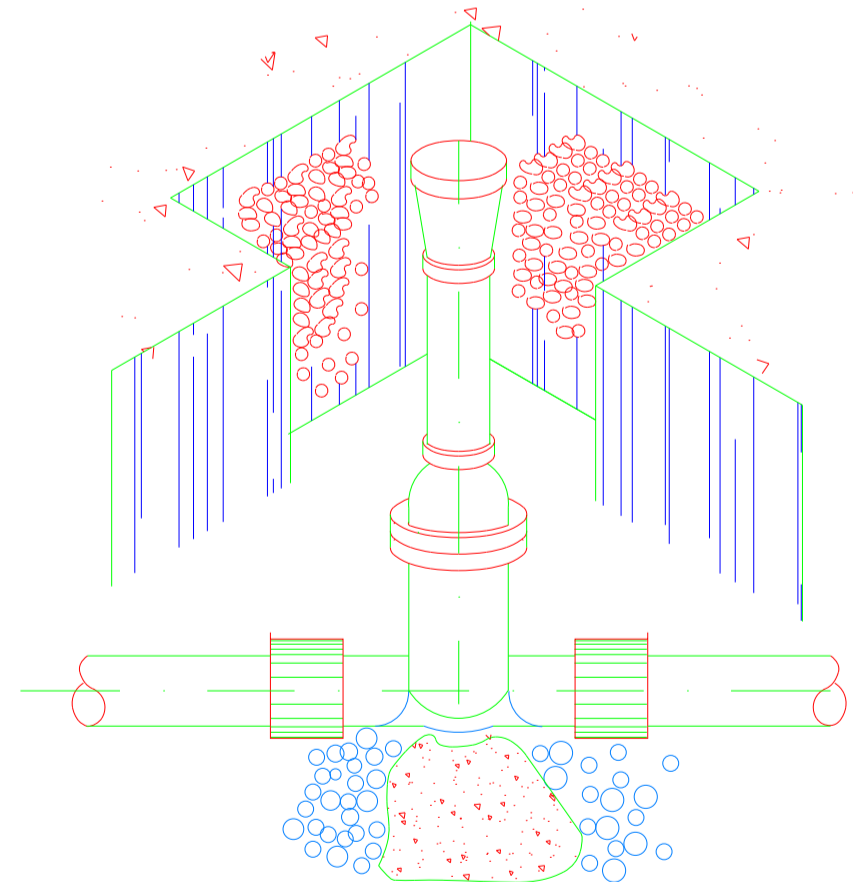
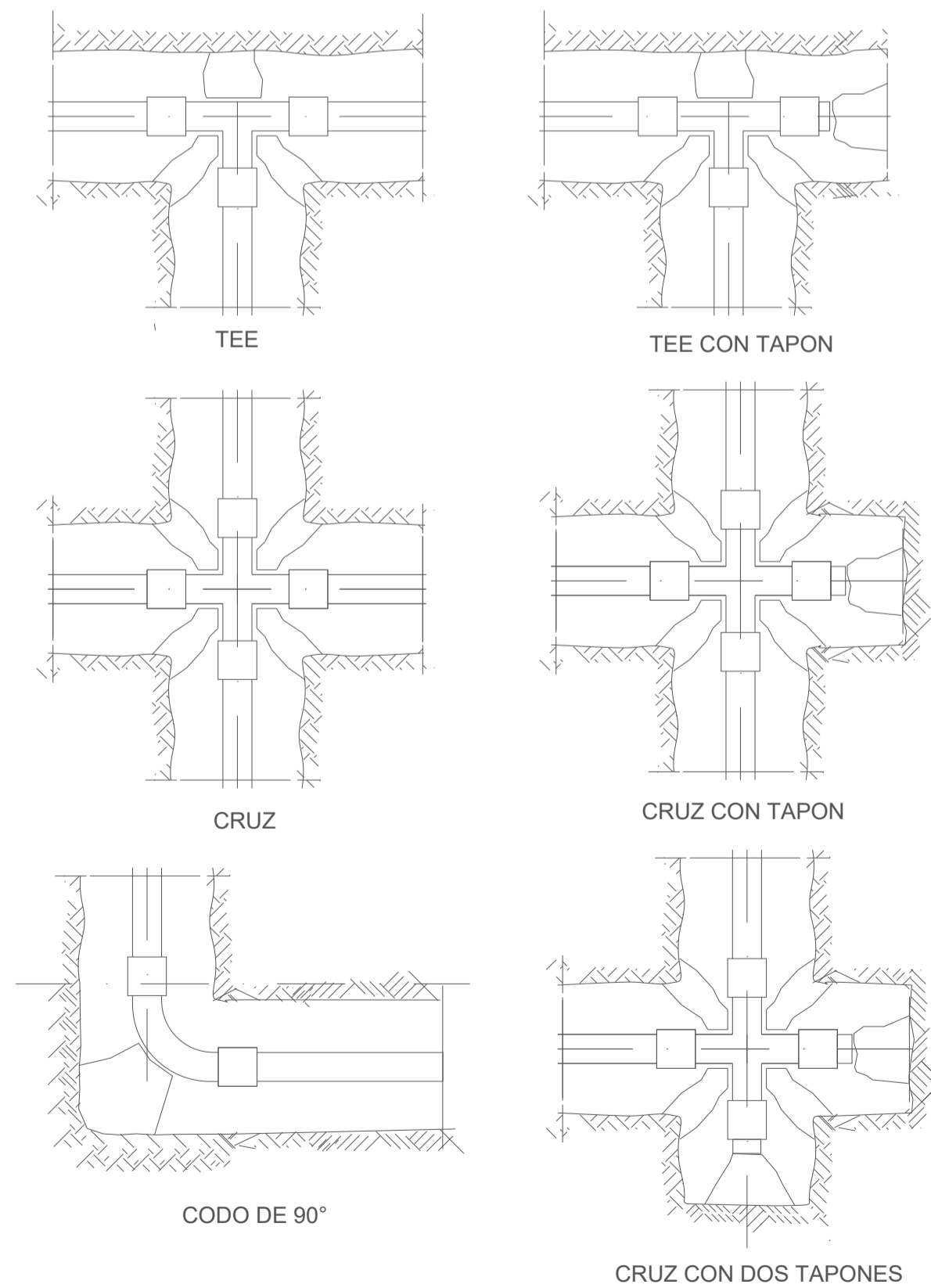


CORTE B-B'  
ESCALA 1:25



CORTE A-A'  
ESCALA 1:25

ANCLAJES TIPOS PARA ACCESORIOS ESPECIALES

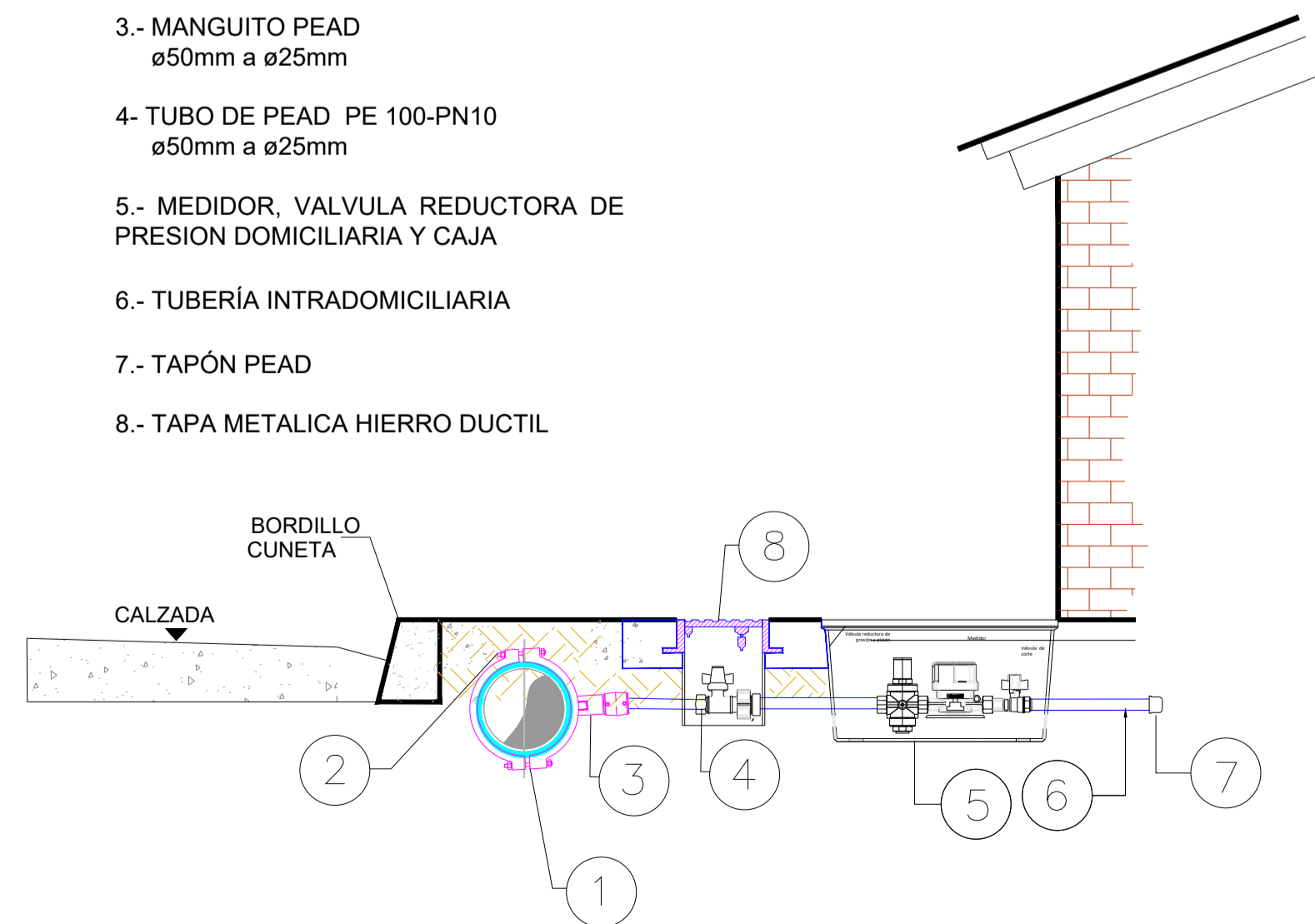


VALVULA EN LA RED SIN ESCALA

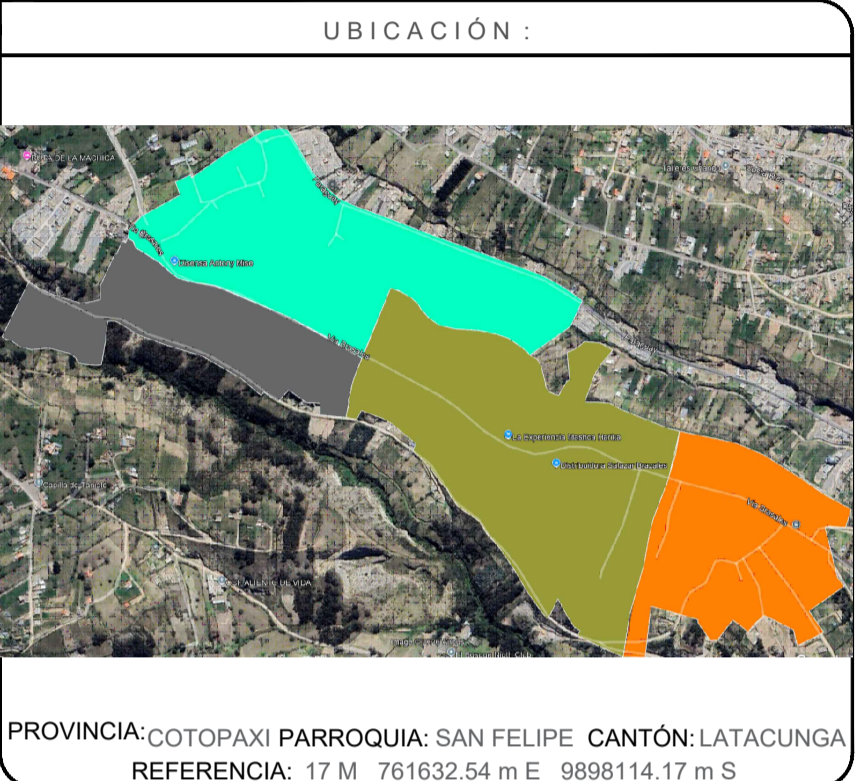
**GUIA DOMICILIARIA PEAD**

**CON VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN DOMICILIARIA**  
ESCALA S/I

- 1.- TUBO DE PEAD PE 100-PN10
- 2.- SILLETA DE PEAD PARA ELECTROFUSION (TOMA SIMPLE)
- 3.- MANGUITO PEAD  $\phi 50mm$  a  $\phi 25mm$
- 4.- TUBO DE PEAD PE 100-PN10  $\phi 50mm$  a  $\phi 25mm$
- 5.- MEDIDOR, VALVULA REDUCTORA DE PRESION DOMICILIARIA Y CAJA
- 6.- TUBERÍA INTRADOMICILIARIA
- 7.- TAPÓN PEAD
- 8.- TAPA METALICA HIERRO DUCTIL



PROYECTO:  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS  
INGENIERÍA HIDRÁULICA  
REDISEÑO DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA EL "BARRIO BRAZALES"



SIMBOLOGÍA

LEYENDA RED DE AGUA POTABLE	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	RED DE AGUA POTABLE
	RED DE CONDUCCION
	"T" SIMPLE
	CODO EN 90°
	VÁLVULA DE COMPUERTA
	CODO EN 45°
	UNIÓN UNIVERSAL
	VALVULA CHECK
	CAJA PARA VÁLVULAS DE AIRE
	TANQUE ELEVADO

ELABORADO POR:  
ESTUDIANTE  
OSCAR MIGUEL CRUZ VEINTIMILLA

REVISADO POR:  
INGENIERA HIDRÁULICA  
ING. XIOMARA ZAMBRANO NAVARRETE

APROBADO POR:  
PRESIDENTE DE LA JUNTA ADMINISTRADORA DE AGUA POTABLE BRAZALES  
MSC. WILSON CHASILGA

CONTIENE:  
Implantación del rediseño del sistema de distribución de agua para el "Barrio Brazales" Zona 2 Detalles