



**Evaluación y rediseño de la línea de conducción de Cotogchoa – Albornoz, en el cantón  
Rumiñahui.**

Cambizaca Romero, Jhefferson David y Durán Quimbiulco, Cinthya Katherine

Departamento de Ciencias de Ciencias de la Tierra y de la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

Ing. Masabanda Caisaguano, Marco Vinicio Ph.D.

1 de septiembre de 2023



Plagiarism report

MIC\_Cambizaca\_Durán word.docx

## Scan details

Scan time: August 22th, 2023 at 13:12 UTC

Total Pages: 83

Total Words: 20658

## Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	3.1%	640
Minor Changes	1.5%	300
Paraphrased	4%	830
Omitted Words	0%	0

## AI Content Detection



Text coverage

- AI text
- Human text

## Plagiarism Results: (75)

<p> 288880166.pdf</p> <p><a href="https://core.ac.uk/download/pdf/288880166.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/288880166.pdf</a></p> <p>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO CARRERA: INGENIERÍA CIVIL Trabajo de titulación previo a la obtención del título de: INGEN...</p>	1.2%
<p> TUABIFA007-2015.pdf</p> <p><a href="https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/1716/">https://dspace.uniandes.edu.ec/bitstream/123456789/1716/...</a></p> <p>MARIBEL</p> <p>Universidad Regional Autónoma de los Andes "UNIANDES" FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS BIOCQUÍMICA Y FARMACIA TÍTULO A OBTENER:...</p>	1.1%
<p> UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE IN...</p> <p><a href="https://1library.co/document/ynd11pq-universidad-t4c3%a...">https://1library.co/document/ynd11pq-universidad-t4c3%a...</a></p> <p>...</p>	1.1%

Certified by

About this report  
[help.copyleaks.com](https://help.copyleaks.com)

[copyleaks.com](https://copyleaks.com)



Formado electrónicamente por:  
MARCO VINICIO  
MASABANDA  
CAISAGUANO

Ing. Masabanda Caisaguano, Marco Vinicio Ph.D.

Director



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**  
**Carrera de Ingeniería Civil**

**Certificación**

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Evaluación y rediseño de la línea de conducción de Cotogchoa - Albornoz, en el cantón Rumiñahui”** fue realizado por los señores **Cambizaca Romero, Jhefferson David y Durán Quimbiulco, Cinthya Katherine**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

**Sangolquí, 01 de septiembre de 2023**



**Ing. Masabanda Caisaguano, Marco Vinicio Ph.D.**

C. C. 1802179190



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción**  
**Carrera de Ingeniería Civil**

**Responsabilidad de Autoría**

Nosotros, **Cambizaca Romero, Jhefferson David**, con cédula de ciudadanía n°1450034804 y **Durán Quimbiulco, Cinthya Katherine**, con cédula de ciudadanía n°2350535627, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: **Evaluación y rediseño de la línea de conducción de Cotogchoa - Albornoz, en el cantón Rumiñahui** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Sangolquí, 01 de septiembre de 2023**

**Cambizaca Romero, Jhefferson David**

C.C.: 1450034804

**Durán Quimbiulco, Cinthya Katherine**

C.C.: 2350535627



**Departamento de Ciencias de la Tierra y de la Construcción  
Carrera de Ingeniería Civil**

**Autorización de Publicación**

Nosotros, **Cambizaca Romero, Jhefferson David**, con cédula de ciudadanía n°1450034804 y **Durán Quimbiulco, Cinthya Katherine**, con cédula de ciudadanía n°2350535627, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **Título: Evaluación y rediseño de la línea de conducción de Cotogchoa - Albornoz, en el cantón Rumíñahui** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

**Sangolquí, 01 de septiembre de 2023**

**Cambizaca Romero, Jhefferson David**

C.C.: 1450034804

**Durán Quimbiulco, Cinthya Katherine**

C.C.: 2350535627

### **Dedicatoria**

Con sentimiento y profundo afecto este trabajo lo dedico a mis padres María Romero y Manuel Cambizaca quienes supieron formar mi carácter, personalidad y sobre todo el amor a esta carrera; por todo su apoyo incondicional en cada momento durante esta etapa de mi vida.

A mi hermano Eduardo por siempre creer en mí y brindarme su apoyo en todo sentido, desde el principio hasta el final estuviste motivándome y alentándome, en sí a todos mis hermanos Jessica, Luz y Joffre por su ayuda, a mi cuñada Clara por estar siempre pendiente y finalmente a mis sobrinos Jhosselyn, Jhostin y Brandon por impulsarme a cumplir esta meta de la mejor manera.

#### **Jhefferson David Cambizaca Romero**

Dedico este trabajo con amor y cariño a mis padres, Washington Durán y Teresa Quimbiulco, por ser el pilar fundamental en mi vida, quienes han sido mi guía y ejemplo de superación, me han enseñado a nunca perder la fe ante cualquier situación que se esté pasando.

A mi querido hermano Kevin Durán, quien me ha cuidado desde siempre, apoyado en todo momento, me ha tenido paciencia y quien siempre creyó en mí; su cariño y acompañamiento en esta trayectoria ha sido de suma importancia para lograr esta meta.

A mi abuelita Matilde, aunque ya no esté presente, siempre la llevo en mi corazón por todas las enseñanzas y valores que me supo transmitir para ser una mejor persona.

#### **Cintha Katherine Durán Quimbiulco**

## **Agradecimiento**

Agradecer a Dios y la virgen Purísima de Macas por permitirme llegar hasta esta etapa de mi carrera profesional y a mis padres por ser el sustento económico y emocional, gracias infinitamente.

A mi compañera de este trabajo y de la vida, Cinthya Durán, agradecerte por el cariño, dedicación, esfuerzo, paciencia y sacrificio brindado a lo largo de todo este tiempo. El camino no fue fácil y que gracias a la vida hoy lo terminamos juntos, gracias de todo corazón.

A mi mejor amiga Solange Ramos quien supo estar conmigo en los buenos y malos momentos durante esta larga trayectoria, a veces riendo a ratos llorando, pero siempre para lo que sea gracias mujer.

A una gran mujer y excelente amiga Deisy Sandoval por la bella amistad y siempre estar apoyando en todo sentido, por las frases de motivación para no rendir y seguir adelante día a día en la carrera, agradecerte y sé que pronto estaremos cosechando los frutos de este duro camino.

A la universidad que me permitió conocer y compartir grandes recuerdos con nuevas personas en esta ciudad que un inicio fue desconocida para mí, momentos de felicidad y que juntos hemos enfrentado dificultades y celebrado cada triunfo, Jefferson Sani, Bryan Velastegui, Aide Jama, María Belén Cabrera, Luis Barahona, Carolina Yanguicela y Jennifer Miranda.

A mis amigos y compañeros de clase, los que supieron brindarme su ayuda para realización de este trabajo y en cada uno en los diferentes semestres, que juntos podamos seguir consiguiendo logros en esta difícil tarea de ser ingenieros civiles, Fernando Barreto, Margarita Chimarro, Guadalupe Gilces, Alexander Beltrán, Daniela Cano, Luis Chisag, Kevin Basurto, Ricardo Morales, Jessica Andrango, Brayan Azogue y Anthony Ayala.

A todas aquellas personas que sin pensarlo dos veces estuvieron en el campo conmigo levantando la información para poder culminar esta meta, Alex Talavera, Santiago Gallardo, Jhon Borrero, Eduardo Mendizábal, Yulissa Andrango, recuerden que la ingeniería civil es un esfuerzo colectivo que deja una huella duradera en nuestro entorno.

A mi tutor, Ing. Marco Masabanda PhD por la dedicación y compromiso en la orientación de este trabajo de titulación que son fundamentales para el crecimiento académico y profesional. Con sus enseñanzas y enfoques prácticos han enriquecido considerablemente la calidad de este proyecto, además que ha fortalecido mi conocimiento y habilidades.

### **Jhefferson David Cambizaca Romero**

A Dios por ser mi guía, darme la fortaleza y sabiduría para enfrentar cualquier situación y así poder cumplir cada una de mis metas propuestas.

A mis padres por darme su apoyo incondicional en todo aspecto, sus consejos, orientación y enseñanzas que me han permitido avanzar y seguir adelante.

A mi familia, mis tíos, Gloria Quimbiulco y Miguel Rivadeneira quienes desde un inicio me han apoyado, estado al pendiente y se han alegrado de cada paso que he dado. De igual manera a mis primos, Jorge Luis y Juan Carlos Rivadeneira por sus palabras de aliento. La familia verdadera siempre está en los triunfos y derrotas.

A mi compañero de este trabajo y de vida, Jhefferson Cambizaca, por siempre aconsejarme, darme la mano en cualquier momento y por la paciencia, el camino no ha sido fácil, pero hemos llegado juntos al final de esta travesía universitaria superando cualquier obstáculo y lleno de momentos tanto de felicidad como de tristeza. Gracias de todo corazón, por siempre haber creído en mí y animarme a no rendirme.

A mi mejor amigo, Lothar Tierra, quien conocí en el comienzo de esta travesía universitaria, ha estado en cualquier situación sea buena o mala, para las risas y tristezas, su amistad ha sido incondicional.

A mi querida amiga, Deisy Sandoval, quien me ha brindado su amistad desde el primer día que ingresé a esta grandiosa universidad, sus consejos, ánimos, apoyo y ayuda brindada han sido incondicional durante todo este tiempo.

La universidad es una de las mejores etapas donde se adquiere conocimiento y se conoce personas que luego se convierten en buenos amigos, que han hecho que esta etapa universitaria sea aún mejor, gracias por demostrarme que la amistad incondicional existe, por estar siempre atentos y por la ayuda que cada uno de ustedes me ha brindado, por todos esos momentos que hemos compartido juntos y nos ha sacado más de una sonrisa, Jessica Andrango, Anthony Ayala, Bryan Azogue, Fernando Barreto, Kevin Basurto, Alexander Beltrán, Daniela Cano, Margarita Chimarro, Luis Chisag, Guadalupe Gilces y Ricardo Morales.

A todas las personas que han sido parte en la realización de este trabajo, que sin esperar nada a cambio estuvieron dispuestos a ayudar en todo lo que esté a su alcance, su colaboración ha sido de gran importancia; gracias por todo, Luz Cambizaca, Alex Talavera y Santiago Gallardo.

A mi tutor, Ing. Marco Masabanda PhD, quien ha sabido ser el guía en la realización de este trabajo de titulación, ya que con su conocimiento y paciencia logró despejar las dudas y brindado nuevos aprendizajes para el fortalecimiento académico, enriqueciendo la mejora de este trabajo.

**Cintha Katherine Durán Quimbiulco**

## Índice de contenido

Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Resumen .....	19
Abstract.....	20
Capítulo I: Introducción .....	21
Antecedentes .....	21
Planteamiento del problema .....	23
Justificación e Importancia .....	23
Objetivos .....	24
Objetivo General.....	24
Objetivos Específicos.....	24
Capítulo II: Marco Teórico .....	26
Diseño hidráulico.....	26
Importancia del agua.....	26
Calidad física del agua .....	26
Calidad química del agua .....	27
Calidad biológica del agua.....	27
Agua potable .....	27
Sistema de agua potable.....	27
Bocatoma y obra de captación .....	28
Conducción .....	29
Tipos de conducción.....	30
Conducción a gravedad .....	30
Conducción por bombeo.....	30
Componentes de una línea de conducción.....	30

Tuberías .....	31
Accesorios de tuberías .....	31
Uniones mecánicas .....	31
Tees .....	32
Cruz .....	32
Codos.....	32
Reducciones.....	32
Válvulas.....	32
Almacenamiento.....	33
Parámetros de diseño .....	34
Periodo de diseño .....	34
Vida útil .....	35
Población actual .....	36
Población futura .....	36
Aplicación de los métodos .....	37
Método aritmético .....	37
Método exponencial .....	39
Definición de la población actual y de diseño .....	39
Dotación media futura .....	39
Caudal medio diario.....	40
Caudal máximo horario .....	41
Requisitos de calidad del agua.....	43
Calidad del agua cruda (fuente).....	43
Calidad física.....	43
Calidad química.....	43
Calidad biológica .....	46

Normas de calidad física, química, radiológica y bacteriológica del agua potable. ....	46
Capítulo III: Materiales y Métodos .....	48
Metodología .....	48
Levantamiento Topográfico .....	48
Exploración del sistema de conducción actual .....	48
Evaluación del sistema actual .....	48
Diseño de línea de conducción .....	49
Planos y presupuesto .....	49
Descripción de la zona de estudio .....	49
Ubicación geográfica .....	49
Clima .....	52
Población .....	53
Geología .....	54
Caracterización del suelo .....	55
Levantamiento Topográfico.....	57
Aforos de caudal .....	59
Calidad de agua .....	61
Evaluación y diagnóstico de la línea de conducción actual.....	64
Información disponible .....	64
Descripción y estado del sistema de conducción de agua cruda por gravedad .....	64
Captación .....	65
Tuberías.....	68
Válvulas .....	69
Paso de quebrada en la calle Kurruba .....	70
Paso de tubería en el Río San Nicolás.....	71
Tanque de almacenamiento Albornoz .....	72

Evaluación hidráulica de la línea de conducción .....	73
Estudio y cálculo hidráulico de la propuesta de rediseño.....	84
Parámetros de diseño .....	84
Capítulo IV: Resultados.....	90
Resultado hidráulico de la propuesta de rediseño .....	90
Diseño hidráulico .....	90
Válvulas .....	111
Paso elevado .....	112
Presupuesto referencial.....	124
Conclusiones .....	128
Recomendaciones .....	130
Bibliografía.....	131
Apéndices .....	134

### Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Caudales de diseño para los elementos de un sistema de agua potable</i> .....	29
<b>Tabla 2</b> <i>Vida útil de obras de construcción para agua potable</i> .....	35
<b>Tabla 3</b> <i>Selección de método para población futura</i> .....	37
<b>Tabla 4</b> <i>Factores para la aplicación de dotaciones media futura</i> .....	40
<b>Tabla 5</b> <i>Coeficientes k para población</i> .....	42
<b>Tabla 6</b> <i>Compuesto que afectan la potabilidad</i> .....	43
<b>Tabla 7</b> <i>Compuestos peligrosos para la salud</i> .....	44
<b>Tabla 8</b> <i>Compuestos tóxicos indeseables</i> .....	44
<b>Tabla 9</b> <i>Compuestos químicos indicadores de contaminación</i> .....	45
<b>Tabla 10</b> <i>Calidad bacteriológica</i> .....	45
<b>Tabla 11</b> <i>Sistema y subsistema de agua potable de Sangolquí</i> .....	53
<b>Tabla 12</b> <i>Datos de calicatas</i> .....	55
<b>Tabla 13</b> <i>Resumen de datos obtenidos</i> .....	57
<b>Tabla 14</b> <i>Resultados del análisis del agua</i> .....	63
<b>Tabla 15</b> <i>Tramos de tubería actual en propiedades privadas</i> .....	68
<b>Tabla 16</b> <i>Descripción de válvulas de la línea de conducción actual</i> .....	69
<b>Tabla 17</b> <i>Estado de los pasos aéreos de tubería</i> .....	72
<b>Tabla 18</b> <i>Coeficiente de Chow de Hazen Williams</i> .....	74
<b>Tabla 19</b> <i>Cálculo hidraulico de la linea de conduccion actual</i> .....	77
<b>Tabla 20</b> <i>Resultados del cálculo de población futura</i> .....	86
<b>Tabla 21</b> <i>Caudales de diseño para los elementos de un sistema de agua potable</i> .....	88
<b>Tabla 22</b> <i>Datos topográficos</i> .....	90
<b>Tabla 23</b> <i>Datos iniciales para PK 0+000 m</i> .....	90
<b>Tabla 24</b> <i>Datos iniciales para PK 0+020 m</i> .....	91
<b>Tabla 25</b> <i>Coeficiente de Chow de Hazen Williams</i> .....	92

<b>Tabla 26</b> Diámetros comerciales de tubería PVC.....	92
<b>Tabla 27</b> <i>Diseño de la línea de conducción de rediseño</i> .....	100
<b>Tabla 28</b> <i>Ubicación de válvulas de aire</i> .....	111
<b>Tabla 29</b> <i>Ubicación de válvulas de desagüe</i> .....	111
<b>Tabla 30</b> <i>Ubicación de válvulas de control</i> .....	112
<b>Tabla 31</b> <i>Datos iniciales</i> .....	113
<b>Tabla 32</b> <i>Peso de la tubería de PVC de 250 mm</i> .....	113
<b>Tabla 33</b> <i>Peso del agua</i> .....	114
<b>Tabla 34</b> <i>Longitud entre la torre y el anclaje</i> .....	114
<b>Tabla 35</b> <i>Longitud del cable secundario</i> .....	115
<b>Tabla 36</b> <i>Longitud del cable principal</i> .....	115
<b>Tabla 37</b> <i>Datos de la péndola</i> .....	116
<b>Tabla 38</b> <i>Datos del cable del puente</i> .....	116
<b>Tabla 39</b> <i>Cálculo de carga muerta</i> .....	117
<b>Tabla 40</b> <i>Cálculo de carga viva</i> .....	117
<b>Tabla 41</b> <i>Cálculo de la tensión del cable</i> .....	118
<b>Tabla 42</b> <i>Comprobación del diámetro del cable</i> .....	118
<b>Tabla 43</b> <i>Datos y parámetros para el diseño de la péndola</i> .....	119
<b>Tabla 44</b> <i>Diseño a flexión (viga de la torre)</i> .....	121
<b>Tabla 45</b> <i>Diseño a corte (viga de la torre)</i> .....	121
<b>Tabla 46</b> <i>Espaciamiento del diseño a corte (viga de la torre)</i> .....	122
<b>Tabla 47</b> <i>Diseño a flexión (columna de la torre)</i> .....	122
<b>Tabla 48</b> <i>Diseño a corte (columna de la torre)</i> .....	122
<b>Tabla 49</b> <i>Espaciamiento del diseño a corte (columna de la torre)</i> .....	122
<b>Tabla 50</b> <i>Diseño de zapata</i> .....	123
<b>Tabla 51</b> <i>Presupuesto referencial de línea de conducción</i> .....	124

<b>Tabla 52</b> <i>Presupuesto referencial paso elevado 26 m</i> .....	126
--	-----

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> <i>Mapa de cobertura del sistema de agua potable del Cantón Rumiñahui</i> .....	22
<b>Figura 2</b> <i>Diagrama de factores para el diseño de población</i> .....	36
<b>Figura 3</b> <i>Mapa del cantón Rumiñahui</i> .....	51
<b>Figura 4</b> <i>Ubicación geográfica de la captación y tanque</i> .....	52
<b>Figura 5</b> <i>Mapa geológico del cantón Rumiñahui</i> .....	54
<b>Figura 6</b> <i>Realización de la calita de la muestra N°1</i> .....	55
<b>Figura 7</b> <i>Suelo tamizado: lado derecho calicata 1 y lado izquierdo calicata 2</i> .....	56
<b>Figura 8</b> <i>Equipo de trabajo topográfico</i> .....	57
<b>Figura 9</b> <i>Toma de puntos con GNNS</i> .....	58
<b>Figura 10</b> <i>Curvas de nivel de la zona de estudio</i> .....	59
<b>Figura 11</b> <i>Aforamiento de caudal con el método sección-velocidad</i> .....	60
<b>Figura 12</b> <i>Vertedero rectangular sin contracciones</i> .....	61
<b>Figura 13</b> <i>Toma de muestra de agua</i> .....	62
<b>Figura 14</b> <i>Captación de Cotogchoa</i> .....	65
<b>Figura 15</b> <i>Captación de Cotogchoa</i> .....	66
<b>Figura 16</b> <i>Zona de cloración de agua</i> .....	66
<b>Figura 17</b> <i>Lugar donde se encontraba el vertedero</i> .....	67
<b>Figura 18</b> <i>Válvulas de la línea de conducción actual</i> .....	70
<b>Figura 19</b> <i>Paso de tubería</i> .....	71
<b>Figura 20</b> <i>Cruce en el Río San Nicolás</i> .....	71
<b>Figura 21</b> <i>Punto de llegada de la línea de conducción</i> .....	72
<b>Figura 22</b> <i>Perfil de la línea de conducción actual de la abscisa 0+000 m hasta la 0+700 m</i> .....	76
<b>Figura 23</b> <i>Perfil longitudinal de la línea actual</i> .....	99
<b>Figura 24</b> <i>Vista longitudinal de la mitad del paso elevado</i> .....	115
<b>Figura 25</b> <i>Vista en elevación de la torre del puente</i> .....	120

<b>Figura 26</b> <i>Modelamiento de la torre en SAP 2000</i> .....	120
<b>Figura 27</b> <i>Armado de la torre</i> .....	123

## Resumen

El presente proyecto comprende la evaluación y rediseño de la línea de conducción de Cotogchoa-Albornoz, en el Cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha. La evaluación se realizó mediante inspecciones en campo identificando el estado y funcionamiento de los componentes del sistema de conducción, con el objetivo de realizar la descripción y caracterización de cada uno.

Se realizó el levantamiento topográfico de la zona de estudio que comprende, desde la vertiente de Cotogchoa hasta el punto de llegada, el tanque de Albornoz. Además del aforamiento de caudales para conocer la cantidad de agua disponible para abastecimiento, recolección de muestras de agua para los análisis físico, químico y microbiológico basado en la normativa vigente, con el fin de obtener la calidad de agua, asimismo se realizó la caracterización del suelo mediante la toma de muestras in situ para conocer qué tipo de suelo es, además del contenido de humedad.

Con la información recolectada en base a las inspecciones realizadas se obtuvo los resultados del estado actual del sistema de conducción, planteando alternativas para la modificación de la ubicación de la línea actual en base a la topografía del terreno y mejoramiento del funcionamiento hidráulico, sugerencia de accesorios como válvulas de aire y desagüe, diseño de las obras de arte cumpliendo los parámetros de diseño. Adicional se elaboró el presupuesto referencial de la alternativa propuesta, hojas de cálculo en Excel y planos.

*Palabras clave:* línea de conducción, levantamiento topográfico, evaluación hidráulica, calidad de agua, aforamiento.

### **Abstract**

This project includes the evaluation and redesign of the Cotogchoa-Albornoz conduction line, in the Rumiñahui Canton, Pichincha Province. The evaluation was carried out through field inspections identifying the condition and operation of the conduction system components, with the objective of describing and characterizing each one.

A topographic survey of the study area was carried out, from the Cotogchoa slope to the arrival point, the Albornoz tank. In addition to the flow gauging to know the amount of water available for supply, estimation of the endowment and population of the study area. Water samples were collected for physical-chemical analysis based on current regulations, in order to obtain water quality, and soil characterization was carried out by taking samples in situ for classification and moisture content.

With the information collected based on the inspections carried out, the results of the current state of the conduction system were obtained, proposing alternatives for the modification of the location of the current line based on the topography of the terrain and improvement of the hydraulic operation, suggestion of accessories such as air and drainage valves, design of the works of art complying with the design parameters. In addition, a reference budget was prepared for each alternative, Excel spreadsheets and plans.

*Key words:* conduction line, topographic survey, hydraulic evaluation, water quality, gauging.

## Capítulo I: Introducción

### Antecedentes

El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un abastecimiento satisfactorio (suficiente, seguro y accesible). La mejora del acceso al agua de consumo humano puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. Se debe hacer el máximo esfuerzo para lograr que el agua de consumo humano sea tan segura como sea posible. (Organización Mundial de la Salud, 2018).

Una línea de conducción desempeña un papel esencial dentro de un sistema que suministra y distribuye agua potable de forma eficiente y segura, desde los sitios de captación tales como fuentes naturales, hasta llegar un tanque de regulación, planta potabilizadora, o un cruce determinado de la red.

Para el cantón Rumiñahui la provisión de agua para consumo humano es obtenida mediante la captación de aguas subterráneas, sean vertientes o pozos profundos. Se entiende que los afloramientos de agua subterránea provienen de las vertientes y de los ríos principales: Pita, Sambache, Tinajillas, Santa Clara, Capelo y San Pedro (Ecuador. GADMUR, 2021).

En la actualidad, el cantón para poder abastecer de agua potable cuenta con 9 sistemas, donde el tanque de Albornoz tiene como una de sus fuentes, la línea de conducción de la vertiente de Cotogchoa, pertenecientes al sistema de Sangolquí.

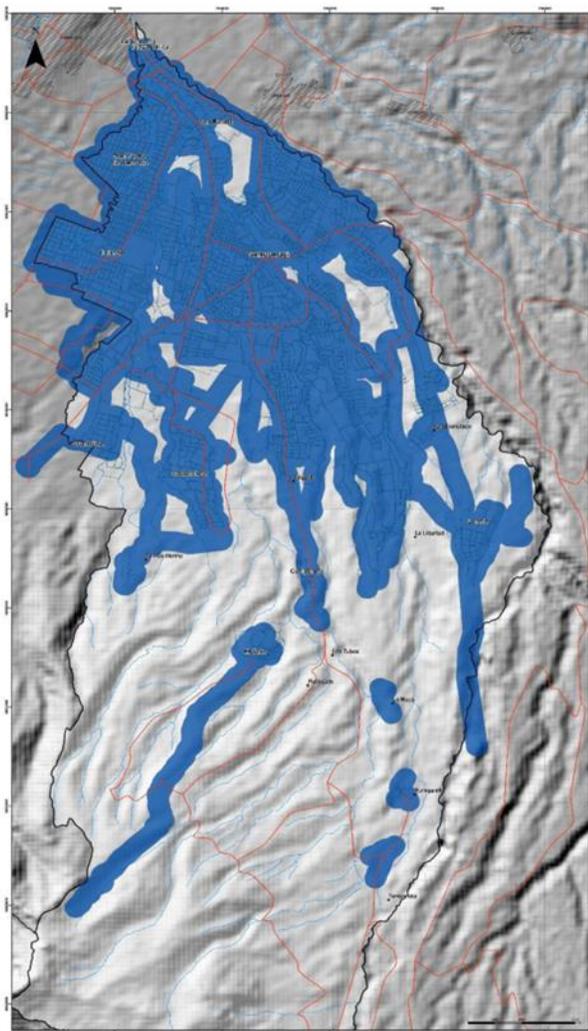
La cobertura de agua potable para el cantón Rumiñahui según (Ecuador. GADMUR, 2021) menciona que es de 96.45%, para el sector urbano cubre el 89.81% y para el sector rural corresponde el 6.64%. La Institución encargada de dar el servicio es principalmente el GAD Municipal, además de hacerlo de forma independiente la Junta de Agua Potable de Jatumpungo y la Administración de las Urbanizaciones Molinos de Viento y Alcántara.

La línea de conducción está construida con una tubería de asbesto cemento y diámetro de 315 mm. La trayectoria actual se encuentra atravesando varias propiedades privadas y presenta deficiencias hidráulicas. La línea conduce agua subterránea desde la vertiente de

Cotogchoa hasta el punto de llegada, el tanque de Albornoz; donde se une con otras 2 vertientes y en conjunto poder suministrar al sistema de Sangolquí.

### Figura 1

*Mapa de cobertura del sistema de agua potable del Cantón Rumiñahui*



*Nota.* Recuperado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Cantón Rumiñahui 20212-2025. Actualización 2020-2025.

## **Planteamiento del problema**

El estado de la infraestructura de conducción juega un papel importante para que el suministro de agua sea seguro y confiable para la población de Sangolquí. No obstante, el sistema de conducción enfrenta varias dificultades que afectan su eficiencia operativa y sostenibilidad a largo plazo.

La línea de conducción fue construida hace aproximadamente 50 años, según el operador de la vertiente de Cotogchoa, con desarrollo urbano del cantón Rumiñahui se han ido consolidando infraestructuras con áreas residenciales como viviendas y urbanizaciones por zonas donde atraviesa la tubería, además de pasar por zonas agrícolas e industriales.

A lo largo de la línea de conducción debido al desgaste se producen fisuras y roturas, por lo tanto, uno de los desafíos es la pérdida de agua. Esto significa un inconveniente demandante a la disminución de caudal al tanque de llegada, comprometiendo el acceso al recurso hídrico y el aumento de los costos operativos para el proveedor de agua potable.

Cuando existen problemas en la tubería como fugas, es necesario paralizar el servicio para su respectiva reparación, entonces al retomar su funcionamiento el agua tarda tres días en llegar al tanque de Albornoz, esto es un indicador que se tiene una deficiencia hidráulica en el sistema.

Es evidente que la población tiende a crecer con el paso del tiempo, por lo que en un futuro la demanda de agua aumentará, y el sistema de conducción actual no tendrá la capacidad de abastecer, provocando la escasez e incomodidad del consumidor.

La optimización de la eficiencia operativa, la reducción de pérdidas de agua, la mejora de la sostenibilidad ambiental y la planificación adecuada para el crecimiento futuro son elementos clave que deben considerarse en la búsqueda de soluciones efectivas.

## **Justificación e Importancia**

Para garantizar la calidad de vida de una población surge la necesidad de la construcción de una línea de conducción, donde el acceso al agua potable según la (Asamblea Nacional

Constituyente de Ecuador, 2008) en la Constitución Ecuatoriana menciona que “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.”

Uno de los aspectos que también intervienen es la salud, puesto que al ofrecer un servicio de calidad se reduce el riesgo de enfermedades que se transmiten por el agua, de tal manera que se disminuya los peligros y afectación a la salud pública. Según (Organización Panamericana de la Salud, 2021) “la cobertura de agua gestionada de manera segura en el país es de 74% a nivel nacional, 56% en áreas rurales y 85% áreas urbanas”.

Para el periodo de diseño (SENAGUA, 2014) cita que la vida útil de una línea de conducción de material asbesto cemento o PVC son de 20 a 30 años, donde actualmente la línea de conducción lleva operando aproximadamente 50 años en zona de estudio, es decir, ha superado su periodo de diseño. Por tal motivo es necesario evaluar el sistema de conducción para identificar el estado actual y realizar análisis de la calidad de agua mediante la toma de muestras; según los resultados realizar una propuesta que garantice un servicio de calidad y eficiencia de la fuente vital de vida.

## **Objetivos**

### ***Objetivo General***

- Evaluar el sistema de conducción y proponer un rediseño para la línea de conducción desde la vertiente de Cotogchoa hasta el tanque de Albornoz, en el cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha.

### ***Objetivos Específicos***

- Inspeccionar y recopilar información sobre el estado físico e hidráulico de la actual línea de conducción, mediante análisis de calidad de agua, aforamiento de caudal y caracterización del suelo y tuberías, desde la vertiente de Cotogchoa hasta el tanque de Albornoz del cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha.

- Realizar el levantamiento topográfico con el fin de obtener una representación precisa y detallada de la zona de estudio, a través del uso de equipos topográficos de alta precisión que permiten hallar información esencial para la evaluación y el rediseño, en el cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha.
- Evaluar la línea de conducción actual en base a la información recopilada en campo para poder determinar el estado operativo, eficiencia y seguridad de la infraestructura hidráulica del actual sistema de conducción, del cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha.
- Proponer una alternativa de rediseño integral y funcional en base a la normativa vigente, con el cálculo de principales parámetros hidráulicos tales como: población, caudal requerido, topografía del terreno y materiales más adecuados para la línea de conducción, además complementar con accesorios y obras de arte hidráulico en beneficio de satisfacer las necesidades de la zona de estudio.
- Elaborar el presupuesto general de la alternativa propuesta, con el fin de estimar un costo referencial que permita asegurar la disponibilidad de recursos necesarios para la ejecución, en base a la realización de planos que contengan información técnica y detallada del proyecto.

## **Capítulo II: Marco Teórico**

### **Diseño hidráulico**

En ingeniería civil, el diseño hidráulico se enfoca en crear proyectos de generación energía, plantas de tratamiento y finalmente en agua potable y riego, abarcando aspectos como captación, conducción, almacenamiento y distribución.

Este diseño es fundamental para guiar la construcción y ejecución de estos proyectos. Esto incluye sistemas completos de suministro de agua potable, desde la captación en fuentes naturales como ríos o lagos (vinculados a la ingeniería fluvial), hasta la entrega de agua purificada a los usuarios (Krochin, 1978).

### **Importancia del agua**

La Tierra está mayormente cubierta por agua, pero solo un pequeño porcentaje (3%) es dulce y apto para el consumo humano. Es crucial ser conscientes de cómo usamos el agua en nuestra vida diaria, ya que a menudo se desperdicia sin tener en cuenta su escasez. En el futuro, la lucha por este recurso vital podría llevar a conflictos internacionales (Fundacion Aquae, 2017).

### **Calidad física del agua**

La calidad física del agua se basa en su sabor, olor, color y turbidez, que son perceptibles a nuestros sentidos. Es fundamental que el agua que consumimos carezca de color, olor y sabor. Si contiene sustancias químicas u otros elementos que afectan estas características, no es apta para consumo y requiere tratamiento para evitar enfermedades.

A veces, el agua presenta colores debido a elementos como hierro o manganeso, que son perjudiciales para la salud humana. Se realizan pruebas comparativas con estándares químicos para evaluar el color del agua. La turbidez del agua superficial puede variar, desde 10 hasta 1,000 unidades, y en casos extremos de ríos opacos, incluso hasta 10,000 unidades. Las mediciones de turbidez se basan en cómo la luz se dispersa o se absorbe debido a las partículas en suspensión (Pradillo, 2016).

**Calidad química del agua**

El agua puede contener compuestos químicos que representan riesgos para las personas, pero esto ocurre principalmente cuando los niveles de estos compuestos son altos. Por ejemplo, el hierro y el manganeso, en cantidades pequeñas, no solo causan coloración, sino que también se oxidan y crean depósitos en las tuberías.

Las aguas duras son aquellas que necesitan mucho jabón para generar espuma y pueden generar acumulaciones en las tuberías de agua caliente y en calderas (Pradillo, 2016).

**Calidad biológica del agua**

La presencia de microorganismos y otros elementos biológicos en el agua proviene de la contaminación por desechos cloacales o industriales, así como del arrastre de microorganismos del suelo debido a la lluvia.

La cantidad y tipo de microorganismos en el agua están relacionados con sus características físicas y químicas. Cuando el agua está tibia y contiene materia orgánica, la población de microorganismos se incrementa y diversifica. La diversidad biológica en el agua natural sugiere una baja probabilidad de contaminación (Pradillo, 2016).

**Agua potable**

El término "agua potable" se refiere al agua segura para consumir por seres vivos sin riesgo de enfermedades. Se utiliza principalmente en referencia al agua destinada al consumo humano, que debe cumplir estándares de calidad establecidos. La alta concentración de microorganismos también representa un desafío, ya que requiere más desinfección.

La falta de potabilidad del agua puede deberse a la presencia de bacterias, virus, minerales disueltos o partículas suspendidas. Se evaluarán las condiciones adecuadas de la fuente de agua para establecer un proceso de tratamiento eficiente que garantice la provisión de agua potable segura para la población (INEN 1108, 2011).

**Sistema de agua potable**

El propósito fundamental de un sistema de suministro de agua potable es ofrecer un servicio eficaz, garantizando la calidad, cantidad y disponibilidad constante de agua. Al

emprender la planificación de un proyecto de esta índole, resulta imperativo generar diversas alternativas, detallando las diferentes obras que las componen. Mediante un análisis exhaustivo, se persigue la elección de la opción más adecuada, ponderando sus facetas de eficiencia, construcción, operación, aspectos sociales y viabilidad económica (INEN 1108, 2011).

El diseño hidráulico del sistema se lleva a cabo considerando los datos esenciales del proyecto, y su concepción dimensional se evalúa para permitir una ejecución por etapas. Este enfoque permite también la construcción escalonada de la planta potabilizadora, facilitando su adaptación a las demandas cambiantes.

En la constitución de un sistema de agua potable, se requiere la implementación de los siguientes elementos esenciales:

- Bocatoma y estructura de captación.
- Sistemas de conducción.
- Planta de tratamiento.
- Depósitos para almacenamiento.
- Redes de distribución.

### **Bocatoma y obra de captación**

La fase de captación se centrará en la optimización de las aguas recolectadas. Durante esta etapa, se examinará la ubicación de la captación, ya que una elevación mayor permite una conducción por gravedad. Sin embargo, se debe contemplar la opción de crear un tanque rompe presiones, lo cual simplificaría la transferencia del agua hacia la planta de tratamiento y, posteriormente, su distribución. Es esencial identificar las características y necesidades actuales y futuras de la comunidad, para asegurar que las fuentes elegidas puedan suministrar agua en todas las fases constructivas sin riesgo de escasez debido a sequías u otros factores. Además, será fundamental llevar a cabo un levantamiento topográfico detallado en el área de captación, con el propósito de desarrollar el diseño más adecuado (Rocha, 2003).

**Tabla 1***Caudales de diseño para los elementos de un sistema de agua potable*

<b>ELEMENTO</b>	<b>CAUDAL</b>
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 %

*Nota.* Recuperado de Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, SENAGUA, 2014.

### **Conducción**

El transporte del agua puede llevarse a cabo mediante canales a cielo abierto, que pueden tener formas rectangulares o trapezoidales, o a través de túneles, aunque la opción más favorable sería utilizar tuberías circulares. No obstante, en el proceso de conducción pueden surgir ciertos problemas, como:

- Desplazamiento de fijaciones.
- Formación de incrustaciones y corrosión.
- Manejo inadecuado del aire en las tuberías.
- Cimentaciones poco adecuadas o instalación superficial.
- Pérdidas de agua por fugas.

Estos desafíos deben abordarse con cuidado para garantizar la eficiencia y eficacia del sistema (Orellana, 2005).

## **Tipos de conducción**

### ***Conducción a gravedad***

La conducción por gravedad se aplica cuando la fuente de agua supera la altura piezométrica requerida o disponible en el punto de suministro, lo que significa que la fuente de abastecimiento está en una posición más elevada que la zona a la que se proveerá agua, permitiendo la distribución aprovechando la energía hidráulica.

Aprovechando las características naturales del terreno, este enfoque permite que el transporte del agua se realice sin necesidad de utilizar sistemas de bombeo. De esta manera, se puede alcanzar un nivel adecuado de presión. Una de las ventajas principales de este método de conducción es que tanto la operación como el mantenimiento resultan económicos y de bajo costo (Pérez, 2018).

### ***Conducción por bombeo***

Se trata de un sistema de estructuras que opera mediante flujo a presión, en el cual la fuerza requerida para mover el agua se suministra mediante una bomba. El costo de construcción, operación y mantenimiento de esta forma de conducción es considerable.

En el caso de este tipo de conducción, se vuelve esencial contar con una fuente de energía de respaldo para el bombeo, automatizar el proceso de operación, llevar a cabo el mantenimiento regular de cada equipo de bombeo para prevenir problemas en la distribución. Además, uno de los aspectos más cruciales es que la fuente de suministro debe ser capaz de proporcionar el flujo máximo requerido en el momento de mayor demanda. Si no se cumple este requisito, podría haber insuficiencia en el abastecimiento de agua (Pérez, 2018).

## **Componentes de una línea de conducción**

Los elementos que pueden constituir una línea de conducción están determinados por el diseño específico y la configuración del sistema de suministro de agua en cuestión. Dichos componentes pueden incluir, entre otros, tuberías, conexiones, codos, acoplamientos, juntas y válvulas, variando según las características particulares del proyecto (Orellana, 2005).

## **Tuberías**

Las tuberías pueden estar confeccionadas a partir de diversos materiales, como el fibrocemento, el acero, el policloruro de vinilo (PVC), el polietileno de alta densidad, el hierro dúctil, el hierro galvanizado y otros más. En un sistema de abastecimiento, el rol principal de las tuberías es actuar como canal para trasladar el agua de un lugar a otro.

En particular, las tuberías fabricadas de acero inoxidable son las más resistentes dentro de los materiales metálicos, siendo altamente duraderas y menos susceptibles a la corrosión. Sin embargo, su mayor resistencia se acompaña de un coste superior. Estas tuberías son también fáciles de limpiar y desinfectar cuando sea necesario.

Las tuberías de cobre tienen una amplia gama de aplicaciones y necesitan ser unidas mediante soldadura con soplete. Pueden ser rígidas o flexibles, y el cobre, por ser un material maleable, puede ser cortado y formado con facilidad.

Por otro lado, las tuberías de PVC son resistentes a la corrosión y se pueden unir con adhesivos específicos. Dependiendo de su diámetro, estas tuberías pueden utilizarse de manera segura para el transporte de líquidos o gases. No obstante, el PVC está limitado a temperaturas menores a 60 grados centígrados, lo que lo hace inadecuado para transportar agua caliente. Las tuberías de PVC tienen un amplio uso en proyectos de conducción dentro de sistemas de abastecimiento de agua (Orellana, 2005).

## **Accesorios de tuberías**

Estos son sistemas compuestos por componentes moldeados y organizados que, mediante un proceso específico de ensamblaje, se integran con las tuberías, creando así estructuras de conducción de tuberías en una instalación industrial.

## **Uniones mecánicas**

Estas piezas pueden ser confeccionadas con materiales que varían en rigidez, desde rígidos hasta semirrígidos o flexibles, y su función es la de conectar dos tuberías.

**Tees**

Se emplean para conectar tres conductos en una disposición en forma de T. Estas conexiones pueden involucrar un conducto de un tamaño y los otros dos de diferentes tamaños, o bien, los tres conductos pueden ser del mismo diámetro.

**Cruz**

Se emplean para conectar cuatro conductos en una disposición en forma de cruz. En esta configuración, es posible que los diámetros varían, pudiendo haber dos conductos de un mismo diámetro y los otros dos de diferente diámetro, o alternativamente, que los cuatro conductos sean del mismo diámetro.

**Codos**

Estas adiciones presentan una forma curvada y se utilizan para modificar la dirección de flujo en las líneas. Los codos de tipo estándar son aquellos que se encuentran pre-fabricados como piezas individuales, creadas en una sola unidad con características específicas. Algunos ejemplos son:

- Codo estándar de 45°
- Codo estándar de 90°
- Codo estándar de 180°

El tamaño del orificio del codo, o su diámetro, varía desde  $\frac{1}{4}$  de pulgada hasta 120 pulgadas.

**Reducciones**

Se emplean para conectar dos conductos con diámetros distintos, estas reducciones pueden presentar una forma de espiga de campana y generalmente están fabricadas en PVC.

**Válvulas**

Una válvula puede ser descrita como un dispositivo mecánico que posibilita iniciar, detener o regular el flujo de líquidos al abrir, cerrar u obstruir parcialmente uno o varios orificios o conductos a través de una parte móvil.

Las válvulas encuentran aplicación en instalaciones de captación, conducción, tuberías de succión e impulsión, y en redes de distribución. Gracias a su diseño y los materiales utilizados, estas pueden desempeñar una amplia gama de funciones en sistemas de conducción a presión, como abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar diversos fluidos (Orellana, 2005).

La elección del tipo de válvula depende de la tarea que debe realizar:

- Para bloquear el flujo (cerrar)
- Para restringir el flujo (estrangular)
- Para prevenir el flujo inverso (retención)
- Para regular

Estas decisiones deben tomarse con base en los requerimientos específicos de la unidad y del sistema al cual se destina la válvula. Dado que existen múltiples tipos de válvulas disponibles para cada función, es igualmente fundamental determinar las condiciones en las que se emplearán en el servicio.

### **Almacenamiento**

El almacenamiento del agua captada desempeña un papel fundamental, ya que su principal objetivo consiste en compensar las fluctuaciones en el consumo a lo largo del día. Este volumen de agua necesario debe ser guardado en depósitos especialmente diseñados, destinados a ser utilizados en situaciones de emergencia, como incendios, interrupciones temporales en el suministro de agua potable o paradas parciales en la planta de tratamiento. Hay dos categorías de tanques utilizados para almacenar agua: los tanques superficiales y los tanques elevados. Se estima que la capacidad de almacenamiento del tanque debe oscilar entre un 15% y un 30% de la demanda máxima diaria (Orellana, 2005).

## **Parámetros de diseño**

Los criterios de diseño aplicados al sistema de suministro de agua potable se componen de los siguientes elementos:

- Período de Diseño
- Población de Diseño
- Área de Diseño
- Caudales de Diseño

## **Periodo de diseño**

Corresponde al lapso durante el cual se asume que la instalación operará a su máxima capacidad. El período de planificación guarda relación con aspectos económicos, lo cual implica considerar también las consideraciones financieras. Por consiguiente, esto lleva al ingeniero a concebir el diseño en módulos, permitiendo que la construcción del sistema se despliegue según sea necesario (Jiménez Terán, 2012).

- Es esencial que los sistemas de suministro de agua potable aseguren la viabilidad financiera de todas las componentes del sistema durante el período de diseño elegido.
- Deberá evaluarse la factibilidad de implementar un enfoque de construcción escalonada para las instalaciones de conducción, redes y estructuras. Además, será necesario anticipar el potencial desarrollo del sistema y sus infraestructuras principales, superando la productividad inicialmente proyectada.
- En líneas generales, se sostiene que las obras susceptibles de ampliación sencilla deberían tener períodos de diseño más breves, en contraste con las obras de mayor envergadura o aquellas que posean dificultades para la expansión, que requerirían períodos de diseño más prolongados.

- En ningún caso deberían diseñarse obras permanentes con períodos de diseño inferiores a 15 años.

## Vida útil

**Tabla 2**

*Vida útil de obras de construcción para agua potable*

Componente	Vida útil (años)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captación	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50
Conducciones de asbesto cemento o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Tuberías principales y secundarias de la red:	
De hierro dúctil	40 a 50
De asbesto cemento o PVC	20 a 25

*Nota.* Recuperado de Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, SENAGUA, 2014.

## Población de diseño

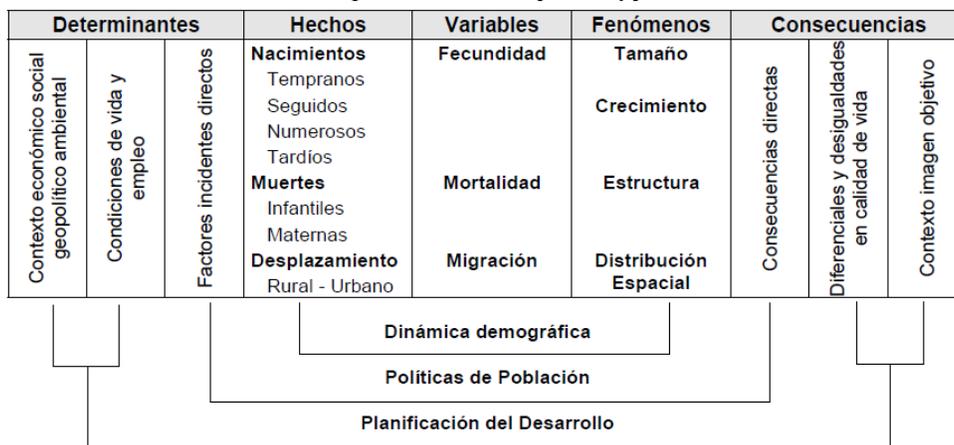
La población proyectada, también conocida como "población futura", se refiere al número de habitantes que se aspira a brindar servicio al finalizar el período económico establecido en el diseño del proyecto de sistema de agua y saneamiento.

La estimación de la demanda de estos servicios es un elemento fundamental y decisivo en la creación del estudio de viabilidad, lo cual exige una dedicación especial.

Hay diversos métodos a través de los cuales es posible calcular la población proyectada, entre los que se incluyen el Método Gráfico, Aritmético, Geométrico, de Incrementos Diferenciales, Malthus, Crecimiento por Comparación y Ajuste por Mínimos Cuadrados (Jiménez Terán, 2012).

## Figura 2

Diagrama de factores para el diseño de población



*Nota.* Recuperado de Diseño estructural de paso elevado de variante de la línea de conducción de plan maestro de agua potable de la ciudad de Loja en la quebrada Chirimoyo, Jiménez. 2007.

## Población actual

Con base en los detalles acerca de las áreas residenciales, es imperativo establecer la cifra correspondiente a la población actual. Para obtener este valor, se puede recurrir a la consulta de los tres censos más recientes llevados a cabo por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), llevando a cabo el cálculo pertinente o incluso realizando un censo directo en la comunidad en referencia.

## Población futura

Esta determinación se basará en la evolución histórica de la localidad, y los horizontes de tiempo se establecerán en función del tipo de población, con las siguientes consideraciones:

- Poblaciones rurales con hasta 2500 habitantes (se proyectarán a 8 o 10 años).
- Poblaciones urbanas con más de 2500 habitantes (se proyectarán a 15 o 20 años).

Para pronosticar la población venidera, se emplearán al menos tres métodos reconocidos de proyección de crecimiento (como proyección aritmética, geométrica, incrementos diferenciales, comparativos, etc.), los cuales posibilitan efectuar comparaciones que orientarán el enfoque del diseñador (Jiménez Terán, 2012).

La elección de la población futura se definirá en última instancia tomando en cuenta aspectos económicos, geopolíticos y sociales que influyan en las dinámicas demográficas.

### **Aplicación de los métodos**

**Tabla 3**

*Selección de método para población futura*

Método	Población (habitantes)			
	Hasta 5000	De 5001 a 20000	De 20001 a 100000	Mayores a 10000
Aritmético	x	x		
Geométrico	x	x	x	x
Exponencial	x	x	x	x

*Nota.* Recuperado de Diseño estructural de paso elevado de variante de la línea de conducción de plan maestro de agua potable de la ciudad de Loja en la quebrada Chirimoyo, Jiménez. 2007.

### **Método aritmético**

Los elementos que se presentan para determinar el crecimiento poblacional con el método aritmético son:

- Población futura  $P_f$  (*hab*)
- Población actual  $P_a$  (*hab*)

- Rata de crecimiento  $rg$  (%)
- Diferencia de intervalo de tiempo  $n$

Para la estimación del índice de crecimiento aritmético se usa la siguiente fórmula, de la cual se deducen los demás parámetros:

Índice de crecimiento lineal  $r_g$  (%)

$$r_g = \left( \frac{Pf}{Pa} - 1 \right) - \frac{1}{n}$$

Población futura

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

El proceso de cálculo se desarrolla de la siguiente forma:

Se determina la tasa de crecimiento lineal ( $r_g$ ) con las combinaciones posibles de los censos existentes del lugar donde se va a realizar el proyecto, se toma cada año censado como año base para los pares de censos (Jiménez Terán, 2012).

### **Método geométrico**

El método geométrico es usado en proyecciones poblacionales cuando el aumento de la población es proporcional al tamaño de esta, de forma que el crecimiento es considerable, este crecimiento es constante en un porcentaje por unidad de tiempo, aplicando un interés compuesto, para el cual se debe conocer los datos de mínimo tres censos consecutivos (Jiménez Terán, 2012).

Los elementos que se presentan para determinar el crecimiento poblacional con el método geométrico son:

- Población futura  $Pf$  (*hab*)
- Población actual  $Pa$  (*hab*)
- Rata de crecimiento  $rg$  (%)
- Diferencia de intervalo de tiempo  $n$

Para la estimación del índice de crecimiento geométrico se usa la siguiente fórmula, de la cual se deducen los demás parámetros.

- Índice de crecimiento geométrico  $r_g$  (%)

$$r_g = \left( \frac{Pf}{Pa} \right)^{\frac{1}{n}} - 1$$

- Población futura

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

El proceso de cálculo se desarrolla de la siguiente forma:

Se determina la tasa de crecimiento geométrico ( $r_g$ ) con las combinaciones posibles de los censos existentes, se toma cada año censado como año base para los pares de censos.

### **Método exponencial**

Para el cálculo de la población futura por medio del método exponencial se utilizará la siguiente fórmula:

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

Donde:

Pf = Población futura

Pa = Población actual

r = Índice de crecimiento

n = Periodo de diseño

e = coeficiente exponencial

### **Definición de la población actual y de diseño**

#### **Dotación media futura**

La dotación media futura equivale a la cantidad mínima de agua necesaria para abastecer las necesidades básicas de un habitante sin considerar las pérdidas físicas o técnicas del sistema.

Para la estimación de la dotación media futura se hace uso de la Tabla de Dotaciones recomendadas de la norma (SENAGUA, 2014), la cual presenta las dotaciones medias futuras en base al número de habitantes de la población y el clima que ésta posee.

**Tabla 4**

*Factores para la aplicación de dotaciones media futura*

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

*Nota.* Recuperado de Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, SENAGUA, 2014.

### **Caudal medio diario**

El caudal medio diario es el caudal medido diariamente durante todo un año. Toma en consideración la población futura para cada año de estudio, el caudal medio diario se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_{med} = \frac{DMF * Pf}{86400}$$

Donde:

Qmed: caudal medio diario

Dmf: densidad media futura

Pf: población futura

### Caudal máximo horario

Para la determinación del caudal máximo diario (CMD) se hace uso de la siguiente fórmula:

$$Qmd = Qmed * K1$$

Donde:

Qmed: caudal medio diario

Qmd: caudal máximo horario

K1: coeficiente de variación del consumo diario

El coeficiente de variación del consumo máximo diario debe establecerse en base a estudios en sistemas existentes, y aplicar por analogía al proyecto en estudio. En caso contrario se recomienda utilizar los siguientes valores:

$$K_{max.día} = 1,3 - 1,5$$

$$K1 = \frac{\text{Caudal máximo diario (registrado en un año)}}{\text{Caudal medio diario (registrado en el mismo año)}}$$

Como referencia, se indica:

K1 es inversamente proporcional al número de habitantes

K1: 1.3 en poblaciones menores a 12500 habitantes

Para definir el valor de K1, se debe considerar las actividades turísticas, laborales, industriales y/o comerciales que representen una importante población flotante.

Por lo general en proyectos nuevos se adopta K1= 1.3 (valor referencial)

- El coeficiente de variación del consumo máximo horario debe establecerse en base a estudios en sistemas existentes, y aplicar por analogía al proyecto en estudio. En caso contrario se recomienda utilizar los siguientes valores:

$$CMH = (2 \text{ a } 2,3) Qmed$$

$$K2 = \frac{\text{Caudal máximo horario (registrado en una hora durante un año)}}{\text{Caudal medio diario (registrado en un año completo)}}$$

Como referencia, se indica:

- El valor de K2, generalmente varía inversamente al número de habitantes.
- En ciudades donde haya diversidad de consumos y actividad laboral, industrial y comercial muy variada durante las 24 horas del día, el valor de K2 tiende a ser menor.
- Los mayores valores de K2 se dan en pequeñas poblaciones con hábitos de uso del agua y costumbres homogéneas (mismo horario) al inicio y fin de jornada de labores y a la hora de alimentarse (Jiménez Terán, 2012).
- Los valores menores se presentan en grandes ciudades con actividades múltiples, donde los periodos de máximo consumo son más largos y la curva de demanda horaria es menos acentuada.

**Tabla 5**

*Coefficientes k para población*

<b>Población (habitantes)</b>	<b>Coefficientes k2</b>
Hasta 2000	2.20 - 2.00
De 2001 a 10000	2.00 - 1.80
De 10001 a 100000	1.80 - 1.50
Más de 100001	1.50

*Nota.* Recuperado de Recuperado de Diseño estructural de paso elevado de variante de la línea de conducción de plan maestro de agua potable de la ciudad de Loja en la quebrada Chirimoyo, Jiménez. 2007.

- Para poblaciones rurales, tenemos:

$$CMD = 1,25 * Qmed$$

$$CMH = 3,00 * Qmed$$

## Requisitos de calidad del agua

En las consideraciones que siguen se distingue entre normas que debe cumplir el agua de una fuente que se esté examinando y la que debe entregarse al consumo de la población.

### Calidad del agua cruda (fuente)

#### Calidad física

El valor máximo de color se fija en 300 unidades de color, una cifra menor señala una calidad aceptable para el tratamiento, si se sobrepasa dicha cifra puede ser necesario un tratamiento especial para que el agua satisfaga las normas de agua potable. No se fija límite para la turbiedad pues este problema y su tratamiento se decidirán especialmente en cada caso (Jiménez Terán, 2012).

#### Calidad química

Los compuestos químicos presentes en el agua se dividen en cuatro grupos; expresados en las siguientes tablas:

**Tabla 6**

*Compuesto que afectan la potabilidad*

Sustancias	Concentración máxima aceptable, mg/l
Sólidos totales	1500
Hierro	50
Manganeso	5
Cobre	1.5
Zinc	1.5
Magnesio + sulfato de sodio	1000
Sulfato de alquilbencilo	0.5

*Nota.* Recuperado de Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, SENAGUA, 2014.

**Tabla 7***Compuestos peligrosos para la salud*

<b>Sustancias</b>	<b>concentración máxima aceptable, mg/l</b>
Nitratos	4.5
Fluoruros	1.5

*Nota.* Recuperado de Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, SENAGUA, 2014.

**Tabla 8***Compuestos tóxicos indeseables*

<b>Sustancias</b>	<b>Concentración máxima aceptable, mg/l</b>
Compuestos fenólicos	0.002
Arsénico	0.05
Cadmio	0.01
Cromo hexavalente	0.05
Cianuros	0.2
Plomo	0.05
Selenio	0.01
Radionúclidos (actividad Beta total)	1 Bq/l

*Nota.* Recuperado de Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, SENAGUA, 2014.

**Tabla 9***Compuestos químicos indicadores de contaminación*

<b>Sustancias</b>	<b>Concentración máxima aceptable, mg/l</b>
Demanda bioquímica de oxígeno	6
Demanda química de oxígeno	10
Nitrógeno total (excluido NO <sup>3</sup> )	1
<b>Sustancias</b>	<b>Concentración máxima aceptable, mg/l</b>
Amoniaco	0.5
Extracto de columna carbón Cloroformo (*)	0.5
Grasas y aceites	0.01
Contaminantes orgánicos	1

*Nota.* Recuperado de Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, SENAGUA, 2014.

**Tabla 10***Calidad bacteriológica*

<b>Clasificación</b>	<b>NPM/100 ml bacterias coliformes (*)</b>
a) Exige solo tratamiento de desinfección	0 - 50
b) Exige métodos convencionales de tratamiento	50 - 5 000
c) Contaminación intensa que obliga a tratamientos más activos	5 000 - 50 000
d) Contaminación muy intensa que hace inaceptable el agua a menos que se recurra a tratamientos	más de 50 000

Clasificación	NPM/100 ml bacterias coliformes (*)
especiales. Estas fuentes se utilizarán solo en casos extremos	

*Nota.* (\*) Cuando se observe que más del 40% de las bacterias coliformes representadas por el índice NMP pertenece al grupo coliforme fecal, habrá que incluir la fuente de agua en la categoría próxima superior respecto al tratamiento necesario. Recuperado de Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, SENAGUA, 2014.

### **Calidad biológica**

La fuente de agua no debe contener organismos patógenos tales como: Protozoarios: Entamoeba histolítica, Giardia, Balantidium coli. Helmintos: Ascaris lumbricoide, Trichuris trichuria, Strongloides stercoralis, Ancylostoma duodenale, Dracunculus medinensis, Shistosoma mansoni.

Calidad radiológica Se establecen los mismos límites que se juzgan aceptables para el caso del agua potable.

### **Normas de calidad física, química, radiológica y bacteriológica del agua potable.**

Las normas de calidad física, química, bacteriológica y radiológica del agua potable establecidas rigen para todo el territorio nacional (Jiménez Terán, 2012).

Los parámetros (características) físicos para el agua potable son: Color, turbiedad, olor, sabor y temperatura.

Los parámetros (características) químicos para el agua potable son: Ph, Sólidos disueltos totales, Dureza, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Aluminio, Sulfatos, Cloruros, Nitratos, Nitritos, Amoníaco, Sílice, Arsénico, Bario, Cadmio, Cianuros, Cromo, Flúor, Mercurio, Cobre, Níquel,

Plomo, Selenio, Plata, Zinc, compuestos orgánicos como plaguicidas, herbicidas y otros (SENAGUA, 2016).

Los parámetros (características) radiológicos para agua potable son: radiactividad global y radiactividad beta global.

Los parámetros (características) bacteriológicos para agua potable son: Coliformes totales y coliformes fecales.

### **Capítulo III: Materiales y Métodos**

#### **Metodología**

Para la elaboración de este proyecto, inicialmente se basa en la recolección de información para conocer la situación actual en la cual se encuentra el sistema de conducción y conocer las necesidades que posee, de tal manera que se pueda analizar la ruta más adecuada para el rediseño de la línea de conducción. Para esto es necesario realizar estudios a lo largo de la zona de estudio tales como: levantamiento topográfico, exploración del sistema de conducción actual, evaluación del sistema actual, diseño de línea de conducción, planos y presupuesto.

#### ***Levantamiento Topográfico***

Para realizar el levantamiento topográfico se utilizaron equipos de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE tales como estación total y GPS de doble frecuencia. Con el GPS de doble frecuencia mediante el método estático rápido se utilizó para georreferenciar el proyecto, en vista de que no existía un punto conocido.

La topografía servirá para determinar la elevación y pendientes de la zona de estudio, de manera que se hizo tomando los puntos de pozos de alcantarillado y agua potable, eje de vía, los puntos por donde pasa la actual línea de conducción y la ruta de la nueva propuesta de rediseño. Terminado el trabajo en campo, se procesó los datos recolectados de la topografía para su respectivo rediseño y elaboración de planos.

#### ***Exploración del sistema de conducción actual***

El levantamiento de información de la zona de estudio se hizo un reconocimiento en campo tanto en la vertiente de Cotogchoa, como el tanque de Albornoz y un recorrido por donde se encuentra la línea de conducción actual, por los lugares de acceso permitidos.

#### ***Evaluación del sistema actual***

Debido a que el sistema de conducción tiene más de 50 años, fue indispensable realizar una inspección para levantar información, identificar y conocer el estado del funcionamiento de cada uno de sus componentes. También se hizo la medición a cinta de la vertiente de Cotogchoa,

el tanque de Albornoz y medición de tuberías donde era accesible. Con la información recopilada en campo y el levantamiento topográfico de la línea actual se procederá a realizar una hoja de cálculo, de tal manera que se pueda determinar cómo está el funcionamiento y si está trabajando hidráulicamente bien. Además de elaborar el perfil longitudinal de la línea actual.

### ***Diseño de línea de conducción***

El diseño de la nueva alternativa se realizó en cumplimiento de la normativa vigente, con los parámetros de diseño:

- Periodo de diseño
- Población actual y futura
- Dotación
- Variaciones de consumo: caudal medio anual diario, caudal máximo diario, caudal máximo horario.

Mediante hojas de cálculo se ejecutó el diseño para poder obtener los diámetros, velocidades y presiones.

### ***Planos y presupuesto***

En base a la información obtenida se realizará los planos de la línea de conducción actual, de igual manera para la alternativa propuesta del proyecto; con el diseño obtenido se elaborará el presupuesto referencial mediante el análisis de precios unitarios de cada rubro.

### **Descripción de la zona de estudio**

#### ***Ubicación geográfica***

La línea de conducción tiene su punto de salida en la vertiente de Cotogchoa, ubicada en la parroquia de Cotogchoa, del cantón Rumiñahui, en la provincia de Pichincha. Se encuentra delimitada al:

- Norte: Escuela de Educación Básica Ruperto Alarcón
- Sur: Barrio "El Pino"

- Este: Calle Macro Saragosin
- Oeste: Canchas de Cotogchoa

Coordenadas UTM 17 S:

Este: 783406.771 m.

Norte: 958948.206 m.

Elevación: 2594.100 m.

El tanque de Albornoz es el punto de llegada que se encuentra en la calle Catacocha y calle Urbina Jado en la parroquia de Sangolquí del cantón Rumiñahui, en la provincia de Pichincha. Se encuentra delimitado al:

- Norte: Conjunto habitacional “Praderas del Valle”
- Sur: Calle Alfredo Albornoz
- Este: Iglesia de Albornoz
- Oeste: Conjunto habitacional “Praderas del Valle”

Coordenadas UTM 17 S:

Este: 785248.809 m.

Norte: 961331.479 m.

Elevación: 2588.600 msnm

Figura 3

Mapa del cantón Rumiñahui.

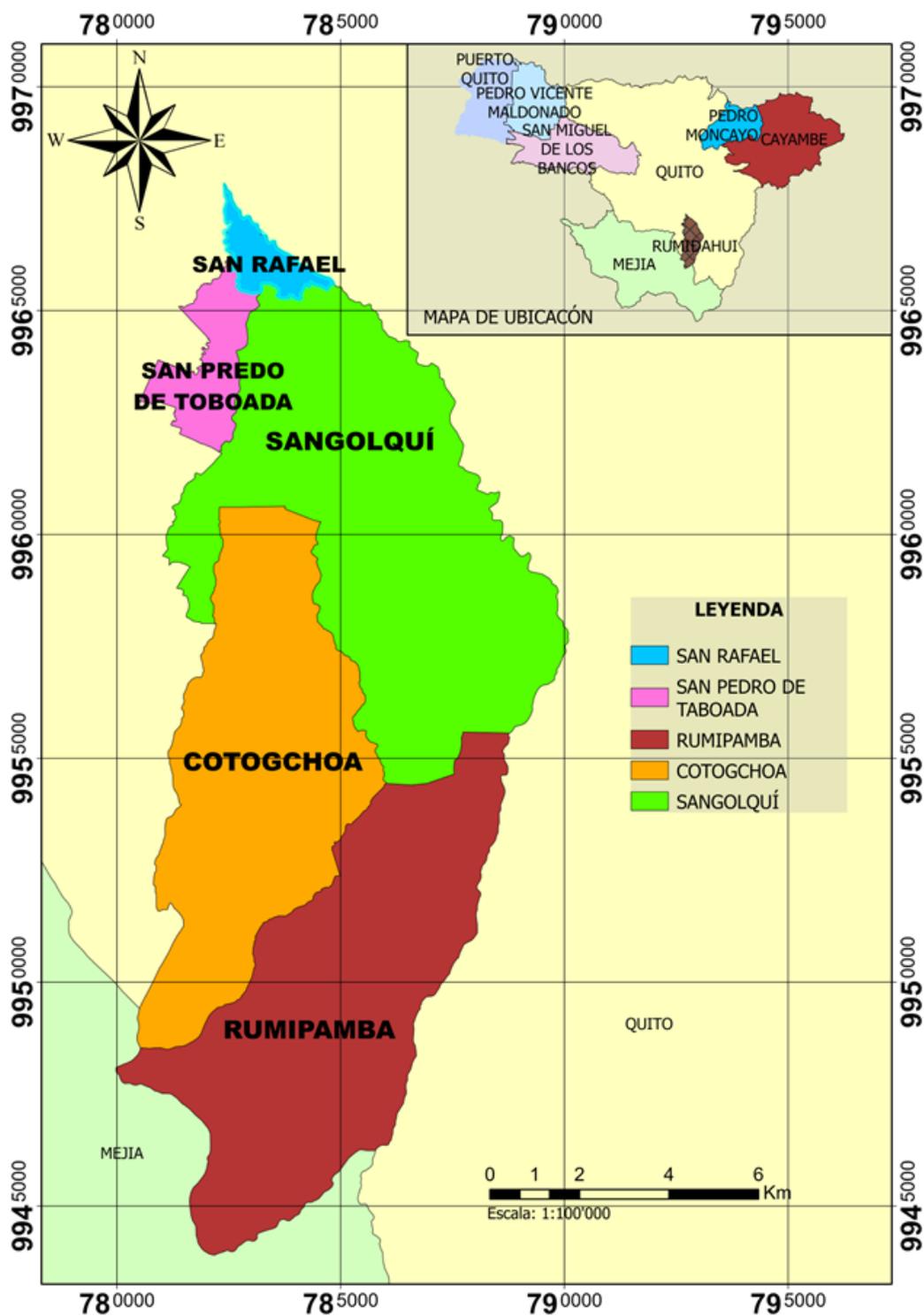
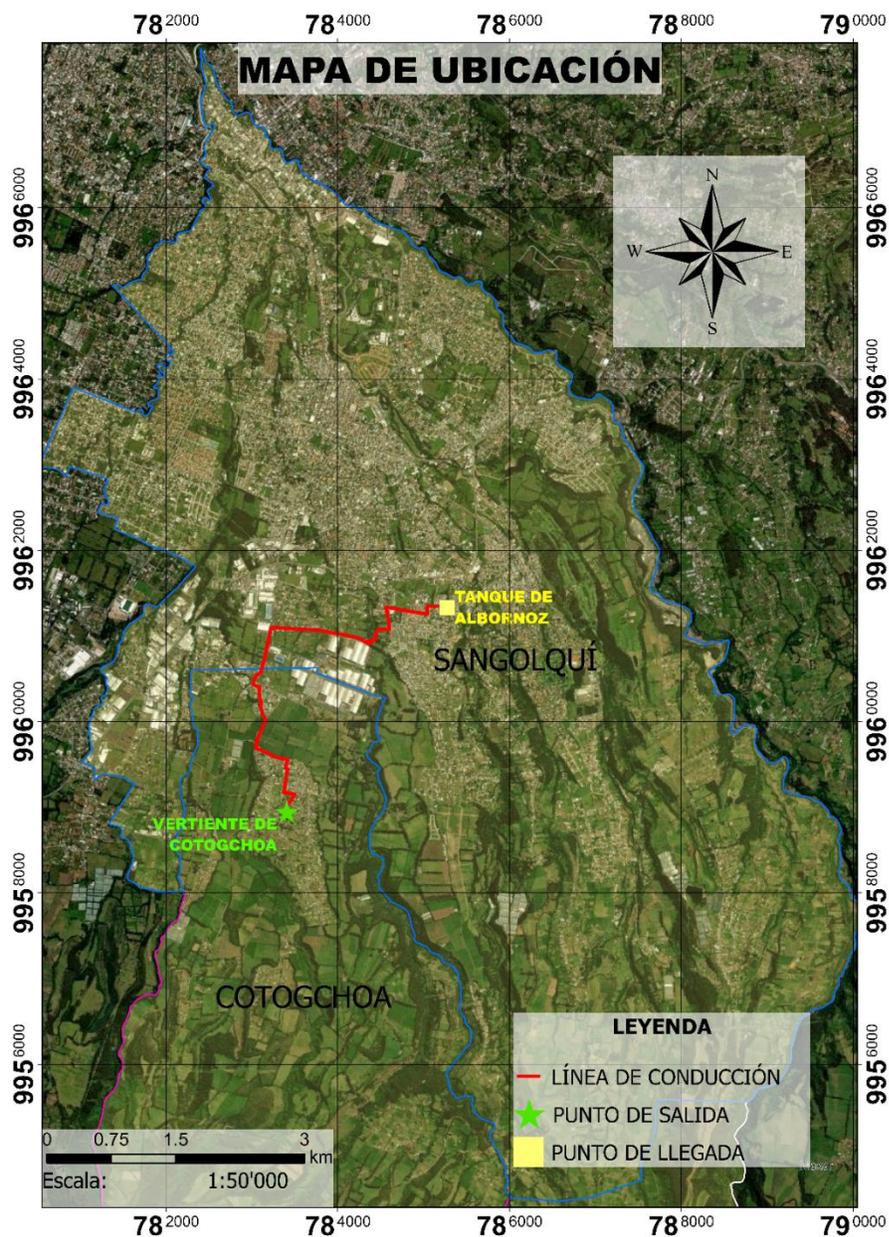


Figura 4

Ubicación geográfica de la captación y tanque



### Clima

El clima del cantón Rumiñahui tiene dos tipos, los cuales son Ecuatorial Mesodérmico semi húmedo, su temperatura se encuentra entre 12 y 20 °C y Ecuatorial de Alta Montaña, siendo un clima frío donde sus temperaturas máximas rara vez sobrepasan los 20° C, las mínimas tienen

sin excepción valores inferiores a 0 °C y las medias anuales, aunque muy variables, fluctúan casi siempre entre 4 y 8 °C. (Ecuador. GADMUR, 2021)

### **Población**

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Cantón Rumiñahui 20212-2025. Actualización 2020-2025. (Ecuador. GADMUR, 2021), en base al Diagnóstico Económico se han realizado proyecciones de la población y tasas de crecimiento cantonal, donde el porcentaje de crecimiento promedio es de 2.68%.

El cantón Rumiñahui cuenta con un sistema de agua potable para dotar a la población, los cuales se abastecen de diferentes tanques de reserva; en este contexto el sistema al cual distribuye el líquido es el Sistema de Sangolquí, a este le abastecen varios subsistemas entre los cuales se encuentra el tanque de reserva de Albornoz, donde abastece de agua potable al sector de Albornoz 1 y Albornoz 3, para lo cual se tiene una población de 4400 habitantes en base a proyecciones realizadas en el año 2020.

**Tabla 11**

*Sistema y subsistema de agua potable de Sangolquí*

<b>Sistema</b>	<b>Subsistemas [Tanque]</b>	<b>Área [ha]</b>	<b>Población [hab]</b>
Sangolquí	Mushuñan Sangolquí	247.57	22467
	Mushuñan Santa Rosa	172.28	11286
	El Chaupi	309.66	14794
	Albornoz 1	45.71	3971
	Albornoz 3	3.9	429
	Salgado	137.11	174

*Nota.* Recuperado del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Cantón Rumiñahui 20212-2025. Actualización 2020-2025, GADMUR, 2021.

## Geología

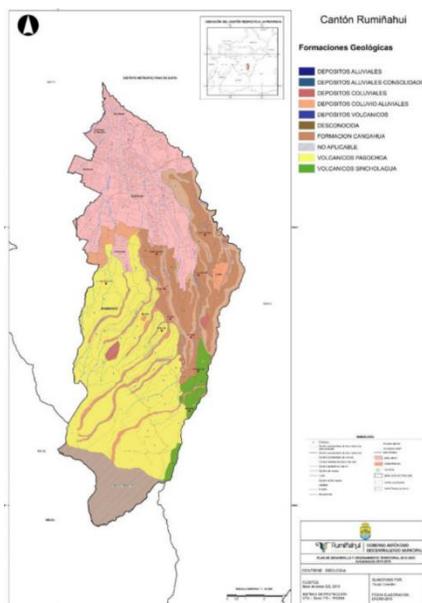
En el cantón Rumiñahui al encontrarse en la región Sierra, cerca de la zona volcánica, existen 3 tipos de denominaciones geológicas las cuales son:

- Geológicas Volcánico Pasochoa.
- Depósitos coluvio aluviales.
- Volcánicos Sincholagua.

Para las formaciones geológicas volcánicas, el tipo de sustrato que se puede encontrar son andesitas, piroclastos, y lavas. Los depósitos coluviales pueden estar conformados por, gravas, arcillas, bloques, en cambio para los depósitos aluviales se encuentran los limos, arenas de grano fino a grueso.

## Figura 5

*Mapa geológico del cantón Rumiñahui*



*Nota.* Recuperado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial Cantón Rumiñahui 2012 – 2025. Actualización 2014 – 2019. GADMUR, 2014.

## Caracterización del suelo

Es importante tener un conocimiento del tipo de suelo y comportamiento que se tiene en la zona de estudio, por tal razón se procedió a realizar la caracterización de suelo a lo largo del trazado de la nueva propuesta para la línea de conducción. Para ello se realizó calicatas a una profundidad de 1.00 metro para la toma de muestras.

**Tabla 12**

*Datos de calicatas*

N° de muestra	Abscisa [m]	Este [m]	Norte [m]	Elevación [msnm]	Profundidad [m]
1	0+800	783395.16	9959570.38	2588.291	1.00
2	3+920	784363.26	9960939.37	2574.609	1.00

**Figura 6**

*Realización de la calita de la muestra N°1*



Para conocer el tipo de suelo se realizó los siguientes ensayos en el laboratorio de suelos la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, tales como:

- Contenido de humedad, ASTDM D 2216.
- Granulometría por tamización, ASTDM D 422.
- Límites de consistencia, ASTDM D 4318.

El contenido de humedad es la relación que existe entre el porcentaje del peso de agua que se encuentra contenido en la muestra tomada y el peso de la muestra seca. Para obtener el contenido de humedad se realizó dos tomas de muestra por cada calicata, obteniendo para la calicata 1 un contenido de humedad de 29.53% y para la calicata 2 el contenido de humedad fue de 18.40%.

La granulometría ayuda a determinar el tamaño de la partícula del suelo, de tal manera que se pueda realizar su clasificación y conocer las propiedades que posee el suelo. Se realiza mediante tamices donde la partícula se retiene en cada uno según sea su tamaño, este proceso se hizo para cada muestra.

### **Figura 7**

*Suelo tamizado: lado derecho calicata 1 y lado izquierdo calicata 2*



El límite de consistencia o límites de Atterberg da a conocer cómo se comporta el suelo y las propiedades que posee a diferentes consistencias. Se realizan dos ensayos: el límite líquido y el límite plástico, de tal manera que se pueda conocer el índice de plasticidad para realizar la clasificación del suelo. Para el caso de estudio se realizó 3 muestras por cada calicata, para la calicata 1 se obtuvo un índice de plasticidad de 12.16, en cambio para la calicata 2 el resultado fue de 9.66.

Los ensayos previos sirven para realizar la clasificación de suelos donde uno de los métodos es por el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se efectuó el proceso

de clasificar las dos muestras, para la calicata 1 se obtuvo una arena arcillosa SC y para la calicata 2 el suelo es tipo arcilla mal gradada con arena CL.

**Tabla 13**

*Resumen de datos obtenidos*

<b>Parámetro</b>	<b>Calicata 1</b>	<b>Calicata 2</b>
Granulometría	Grava 13.01 %	Grava 2.97 %
	Arena 45.88 %	Arena 30.30 %
	Fino 41.11 %	Fino 66.73 %
Humedad	29.53%	18.40%
Índice de plasticidad	12.16	9.66
Tipo de suelo	SC arena arcillosa	CL arcilla mal gradada con arena

### **Levantamiento Topográfico**

El levantamiento topográfico fue esencial para el desarrollo del presente trabajo, puesto que proporciona datos con precisión y exactitud sobre la zona de estudio.

En el trabajo de campo se utilizó equipos proporcionados por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE (estación total trimble), procediendo a la toma de datos de planimetría y altimetría de calles y pozos existentes. A continuación, se tomaron puntos con el equipo receptor GNNS (Trimble R8s) para georreferenciar la información en gabinete.

**Figura 8**

*Equipo de trabajo topográfico*



El equipo de trabajo para el levantamiento tuvo la participación de varios estudiantes de la carrera de ingeniería civil de la universidad y un técnico en topografía, el grupo humano constaban de dos cadeneros, un operador y el técnico por cada equipo debido a que se utilizaron dos estaciones totales.

Los puntos de referencia para cada cambio de estación fueron marcadas con claridad en la superficie de las calles y aceras, así también el uso de estacas en zonas de terreno natural. Cada equipo de trabajo realizó el recorrido por diferentes rutas de modo que el levantamiento de la información tuvo una efectividad significativa en el tiempo empleado en esta parte del trabajo en campo.

Para la toma de puntos de georreferenciación se utilizó el método estático con el equipo trimble R8s, el grupo de personas por cada equipo en este procedimiento fue dos personas por cada equipo, en este caso se procedió a la toma de datos por 35 minutos en cada punto en intervalos de 5 segundos, realizando el levantamiento en las estaciones previamente señaladas.

### **Figura 9**

*Toma de puntos con GNSS*

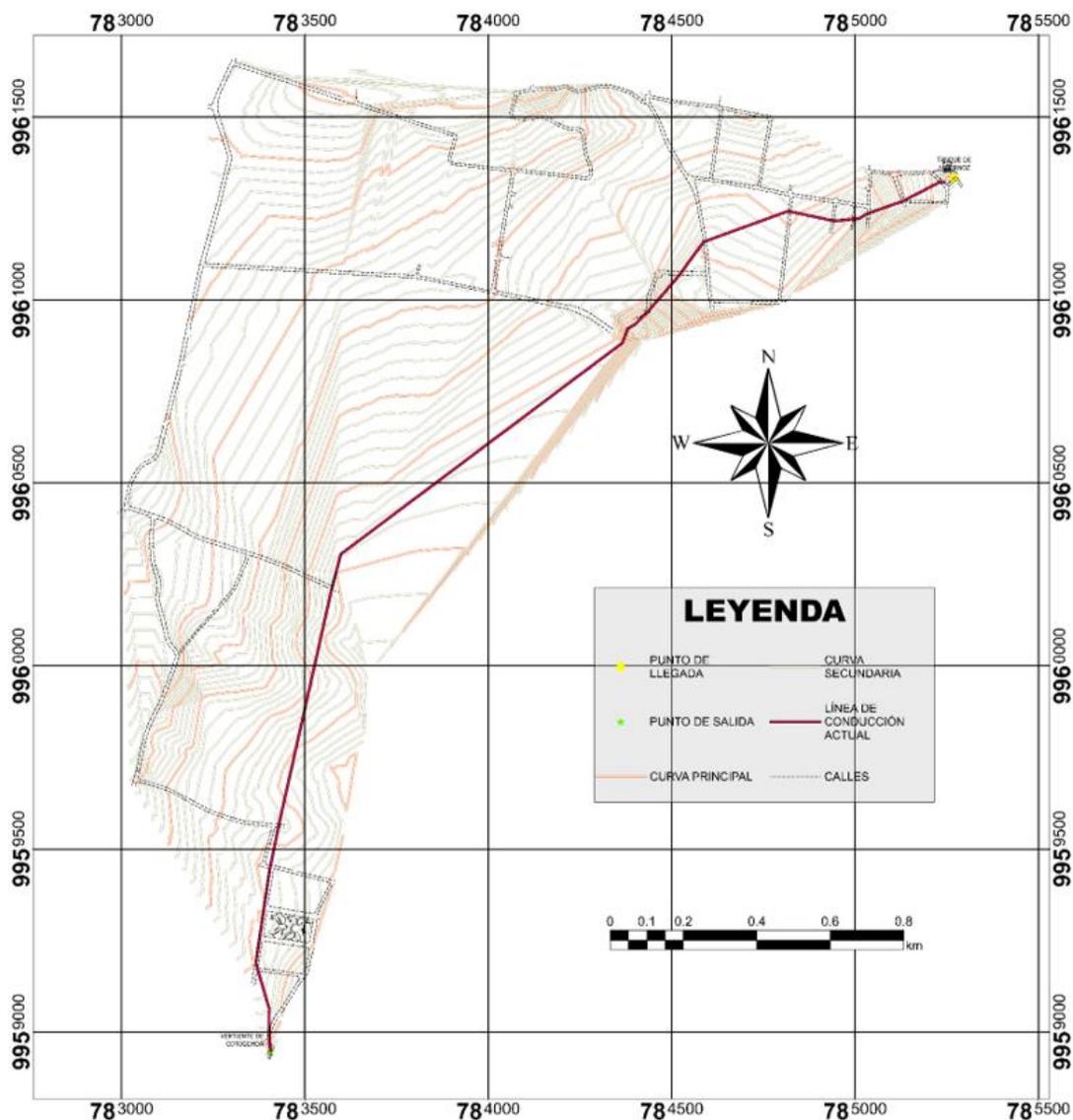


Finalmente se bajó y procesó la información desde los equipos, para la generación de mapas y planos topográficos con detalle de la representación del terreno, y además permitió la

generación de perfiles longitudinales con las características topográficas específicas facilitando el proceso de cumplir con el objetivo del trabajo de integración curricular.

**Figura 10**

*Curvas de nivel de la zona de estudio*



### Aforos de caudal

Para realizar el diseño de la línea de conducción uno de los parámetros más importantes es el caudal, el cual permite conocer la cantidad de agua que será enviada a través de la línea de conducción. Se realizaron tres tomas de aforamiento entre los meses de junio y julio, mediante

el método de aforo con sección-velocidad para la vertiente de Cotogchoa. Con el aforamiento realizado y los datos procesados se obtuvo un caudal de 26.17 lt/s.

### **Figura 11**

*Aforamiento de caudal con el método sección-velocidad*



Además, para la captación de Cotogchoa se realizó el aforo mediante un vertedero triangular, el cual se lo elaboró con material trípex de 18 milímetros de espesor y se lo colocó donde anteriormente se encontraba un vertedero, se realizaron varios aforamientos, pero se empezó a observar filtraciones de agua por donde se encuentran las válvulas, por ende, al existir fugas se decidió no seguir realizando este proceso con este método debido a que no se iban a tener resultados coherentes.

De igual manera se aforó en el tanque de Albornoz para conocer el caudal que llega de la vertiente, además de la importancia de conocer este dato por la existencia de una derivación de caudal hacia el tanque El Milagro. El tanque de Albornoz cuenta un vertedero rectangular sin contracciones, entonces se midió la altura de la cresta el cual fue de 0.055 m y un ancho de 1.20 m, donde el caudal obtenido fue de 22.22 lt/s.

**Figura 12**

*Vertedero rectangular sin contracciones*

**Calidad de agua**

El agua que se envía por la línea de conducción proviene de una vertiente de agua subterránea, siendo importante realizar un análisis del agua, dado que contiene agentes patógenos o componentes que deben ser analizados para determinar la calidad del agua y la cantidad presente, para posteriormente poder tratarla y sirva para consumo humano. Para el análisis de agua se basa en la Norma INEN 1 108:2014, donde se encuentran los parámetros y límites que deben tener (INEN, 2014).

Se tomaron muestras en la vertiente de Cotogchoa para realizar análisis físico, químico y microbiológico. Las muestras para realizar el análisis físico-químico fueron tomadas en envases plásticos de dos litros, para ellos se enjuago el envase tres veces y luego se tomó la respectiva toma; para el análisis microbiológico se tomó un recipiente hermético esterilizado de 400 mililitros. Se etiquetó cada muestra con información relevante como lugar de muestreo, fecha de toma de muestra, hora.

Después de la toma de muestras se envió a un laboratorio acreditado para su respectivo análisis.

### Figura 13

#### *Toma de muestra de agua*



Los parámetros de calidad del agua han sido evaluados con los límites de agua cruda establecidos por la (SENAGUA, 2014), complementados con el Acuerdo Ministerial 097-A, con la tabla 1: criterios de calidad de fuentes de agua para consumo humano y doméstico, debido a que en la línea de conducción transportamos el agua cruda para su posterior tratamiento y distribución. De igual forma para integrar la información se compararon con los parámetros de la normativa INEN 1108 (Ministerio del Ambiente).

En base al informe emitido por el laboratorio se presenta el siguiente análisis que evalúa diversos parámetros de calidad que permiten obtener información sobre la presencia y concentración de los mismos en el agua, facilitando tener un conocimiento amplio sobre su estado y posibles impactos.

A continuación, se presente la tabla con los parámetros analizados:

**Tabla 14***Resultados del análisis del agua*

<b>Parámetros</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite</b>	<b>Criterio</b>
<b>Calidad microbiológica</b>				
Índice de coliformes fecales	NMP/100 ml	< 1, 1	Ausencia (<1,1 NMP/100ml)	Cumple
Índice de coliformes totales	NMP/100 ml	20	50	Cumple
<b>Calidad física</b>				
Color	HAZEN	<8	15	Cumple
Turbidez	NTU	<4	5	Cumple
pH	-	7.4	6-9	Cumple
<b>Calidad química</b>				
Arsénico	mg/L	<0,0002	0,01	Cumple
Cloro libre residual	mg/L	<0,24	0,3 a 1,5	Cumple
Hierro Total	mg/L	<0.07	1	Cumple
Nitratos (N-N0-3)	mg/L	1,9	50	Cumple
Plomo	mg/L	<0,09	0,01	Cumple
Sulfatos	mg/L	<7	500	Cumple
<b>Compuestos químicos indicadores de contaminación</b>				
DBO5	mg/L	<5	6	Cumple
DQO	mg/L	<9	10	Cumple

El análisis permite tener una amplia visión del estado en que se encuentra la calidad del agua de nuestra fuente, donde los parámetros cumplen con los límites permitidos por las normas

de nuestro país, es decir con esta calidad podemos garantizar que posterior a un tratamiento el agua es idónea para el consumo humano con la debida seguridad del caso.

## **Evaluación y diagnóstico de la línea de conducción actual**

### ***Información disponible***

La línea de conducción tiene aproximadamente 50 años brindando el servicio de conducir agua para abastecer a la población, debido a sus años de antigüedad no se posee mucha información según nos supieron informar el personal del DAPAC, por donde no se conoce el trayecto exacto de la conducción solo un aproximado. Entonces para realizar la evaluación se levantó la información que se pudo acceder:

- Levantamiento topográfico, realizado por los autores de este proyecto
- Aforo de caudales
- Caracterización del suelo mediante la mecánica de suelos
- Toma de muestras de agua, para evidenciar la calidad del agua
- Indagación del trayecto de la zona de estudio

### ***Descripción y estado del sistema de conducción de agua cruda por gravedad***

Se realizó un recorrido desde el principio hasta el final del sistema actual, donde en cada salida de inspección en campo permitió analizar y observar a lo largo de la línea de conducción sus componentes, los cuales se describen a continuación:

- Captación
- Tuberías
- Válvulas
- Cruce en el río San Nicolás
- Tanque de almacenamiento Albornoz

## **Captación**

La captación está ubicada en la parroquia de Cotogchoa como anteriormente se mencionó, el lugar tiene un cerramiento compuesto por ladrillo y cercada con malla para garantizar una mediana seguridad con el fin de precautelar el sistema y la fuente de agua. Además, el acceso a las instalaciones es estrictamente el personal de operación y funcionarios del DAPAC.

En las instalaciones se puede apreciar un desgaste significativo debido al estado en que se encuentran los tumbados, paredes, tapas y puertas. Actualmente con el crecimiento de la población, alrededor se encuentran casas y zonas de cultivos.

La captación está ubicada en la parroquia de Cotogchoa como anteriormente se mencionó, el lugar tiene un cerramiento compuesto por ladrillo y malla para mayor seguridad, donde el único acceso que tienen son los trabajadores del DAPAC. Actualmente con el crecimiento de la población, alrededor se encuentran casas y zonas de cultivos.

### **Figura 14**

*Captación de Cotogchoa*



La captación se abastece de agua proveniente de la vertiente de Cotogchoa, esta se caracteriza por ser una vertiente subterránea la cual se aflora en el páramo y se filtra por el suelo.

Debido a esto el caudal es constante y no se presentan dificultades de sequía en épocas de verano.

La captación se caracteriza por tener un tanque de aproximadamente veinte metros cúbicos de capacidad; el agua ingresa a través de una tubería de PVC de 110 mm de diámetro, donde en la base posee una capa de grava y arena siendo esta de flujo vertical ascendente. Con los aforamientos realizados se determinó que el caudal es de 26.17 lt/seg.

### **Figura 15**

*Captación de Cotogchoa*



Luego el agua se conduce por un canal hasta llegar a la tubería de asbesto cemento de 315 mm de diámetro, en esta parte de la salida existe un tanque de cloración ver **Figura 16**.

### **Figura 16**

*Zona de cloración de agua*



La vertiente anteriormente tenía un vertedero de pared gruesa de 0.75 m de ancho, actualmente ya no se encuentra por lo que el agua ingresa directo al canal para ser dirigida a la tubería de la línea de conducción.

### **Figura 17**

*Lugar donde se encontraba el vertedero*



La pre cloración de agua lo realizan con hipoclorito de calcio y su dosificación solo es una estimada sin tener un estudio previo para la cantidad adecuada. En el fondo del tanque debido a que hacen la cloración del agua, existen residuos que se quedan en la profundidad del agua porque no se diluyen completamente.

Existen tres válvulas que se encuentran oxidadas y de las cuales solo dos se encuentran en funcionamiento.

### **Tuberías**

La línea de conducción transporta agua desde la vertiente de Cotogchoa hasta el tanque de Albornoz, en la salida el diámetro de tubería es de 315 mm y su material es de asbesto cemento en entre los tramos de la abscisa 0+000 m hasta 2+389.13 m y 2+410.89 m hasta 3+401.80 m que es la llegada al tanque, en el tramo 2+389.13 m hasta 2+410.89 m la tubería es de material PVC de 200 m de diámetro. La tubería de la línea de conducción atraviesa lugares como viviendas, zonas industriales, zonas de cultivo. En la siguiente tabla se presenta un resumen de los tramos de tubería que están dentro de propiedades privadas.

**Tabla 15**

*Tramos de tubería actual en propiedades privadas*

<b>Tramo</b>	<b>Abscisa inicial</b>	<b>Abscisa final</b>	<b>Longitud [m]</b>
1	0+057.71	0+223.90	166.19
2	0+515.27	0+621.65	106.38
3	0+636.31	1+280.01	643.7
4	1+387.03	2+347.84	960.81
5	2+449.77	2+593.44	143.67
6	2+606.03	2+705.24	99.21
7	2+713.14	2+952.00	238.86
8	2+958.68	3+072.64	113.96
9	3+079.41	3+173.03	93.62
10	3+179.82	3+273.02	93.2
11	3+282.67	3+389.06	106.39

<b>Total</b>	2765.99
--------------	---------

Según la longitud calculada total de los 11 tramos tenemos que el 81.31% se encuentra dentro de propiedades privadas, lo que dificulta acceder para mantenimiento o reparaciones de la misma.

### **Válvulas**

En todo el trayecto existen diferentes válvulas de control que permiten regular o detener el paso de la circulación del agua, además de ser útil cuando se realizan reparaciones o mantenimiento de la tubería. A continuación, se presenta un cuadro de resumen de válvulas:

**Tabla 16**

*Descripción de válvulas de la línea de conducción actual*

<b>N°</b>	<b>Elementos</b>	<b>Cant.</b>	<b>Abscisa</b>	<b>Elevación</b>	<b>Funcionamiento</b>	<b>Observación</b>
1	Válvula de control	3	0+000	2593.717	2 operativas, 1 fuera de servicio	Oxidadas, falta de mantenimiento
2	Válvula de compuerta	1	0+283.21	2589.17	Operativa	Presencia vegetal y a la intemperie
3	Válvula de compuerta	1	0+627.67	2587.184	Operativa	Trabaja abierta al 50%
4	Válvula de compuerta	1	1+289.05	2587.992	Operativa	Falta de mantenimiento
5	Válvula de desagüe	1	2+407.57	2567.822	Operativa	Falta de mantenimiento
6	Válvula de aire	1	2+577.48	2586.752	Operativa	Ubicada en propiedad privada

N°	Elementos	Cant.	Abscisa	Elevación	Funcionamiento	Observación
7	Válvula de control	1	3+401.81	2587.375	No funcional	Oxidada, por su estado no la utilizan

### Figura 18

*Válvulas de la línea de conducción actual*



### ***Paso de quebrada en la calle Kurruba***

En la calle Kurruba, en la parroquia de Cotogchoa, en la abscisa 0+630.26 m existe un paso de quebrada donde la tubería de asbesto cemento se encuentra apoyada sobre una estructura de hormigón, tiene una longitud de 7.70 m. La tubería se encuentra expuesta debido a que no cuenta con ningún cerramiento y existe la falta mantenimiento.

**Figura 19***Paso de tubería****Paso de tubería en el Río San Nicolás***

En la abscisa 2+389.61 m, en el sector de la parte de atrás de las bodegas de Supermaxi se encuentra un paso elevado, el cual tiene una estructura provisional que consta de dos troncos de árboles que sirven de soporte a la tubería,

**Figura 20***Cruce en el Río San Nicolás*

**Tabla 17***Estado de los pasos aéreos de tubería*

N°	Elementos	Material	Abscisa	Elevación	Funcionamiento	Observación
1	Paso de quebrada calle Kurruba	Asbesto cemento	0+636.31	2587.65	Operativa	Presencia vegetal y a la intemperie
2	Paso de Río San Nicolás	PVC	2+389.61	2568.911	Operativa	Presencia vegetal, estructura inestable

***Tanque de almacenamiento Albornoz***

El tanque de Albornoz se encuentra en la calle Catacocha y calle Albornoz, donde la línea de conducción llega a un tanque de 1.20 m de ancho y una profundidad de 0.70m, se caracteriza por tener un vertedero rectangular sin contracciones, provocando que el flujo se haga turbulento. También tiene dos tuberías que son para que el agua circule y se dirige a los tanques de almacenamiento, para luego ser tratada y distribuida al sistema de Albornoz.

**Figura 21***Punto de llegada de la línea de conducción*

### **Evaluación hidráulica de la línea de conducción**

Con la información recolectada, se realizó la verificación hidráulica de la línea de conducción a través de hojas de cálculo de Excel. Donde se establecieron los parámetros iniciales como caudal, profundidad, diámetro.

#### **Longitud**

$$L = \sqrt{(C.terr.superior - C.terr.inferior)^2 + (Abscisa.superior - Abscisa.inferior)^2}$$

Datos:

$$C.terr.superior = 2594.10 \text{ m} \qquad C.terr.inferior = 2594.84 \text{ m}$$

$$Abscisa.superior = 0.00 \qquad Abscisa.inferior = 20.00 \text{ m}$$

$$L = \sqrt{(2594.10 - 2594.84)^2 + (00.00 - 20.00)^2}$$

$$L = 20.01 \text{ m}$$

#### **Pendiente topográfica**

$$J = \frac{Cota\ clave_{superior} - Cota\ clave_{inferior}}{Longitud}$$

Datos:

$$Cota\ clave_{superior} = 2593.72 \text{ m} \qquad Cota\ clave_{inferior} = 2592.79 \text{ m}$$

$$J = \frac{2593.72 - 2592.79}{20.01}$$

$$J = 0.046 \frac{\text{m}}{\text{m}}$$

#### **Coefficiente de Hazen Williams**

Para ocupar la fórmula de Hazen Williams, se necesita saber el coeficiente de Chow según el tipo de material de la tubería. En este caso la tubería es de asbesto cemento y tiene un coeficiente de Chow de 140.

**Tabla 18***Coefficiente de Chow de Hazen Williams*

Descripción de tubería	Valor C
Asbesto cemento	140
PVC	150
Cobre	130
Hormigón Liso	130
Hormigón Ordinario	120
Hierro fundido nuevo	130
Hierro fundido viejo	90

**Gradiente hidráulica**

Mediante el use de la fórmula de Hazen Williams se realiza el cálculo de la gradiente hidráulica:

*Datos:*

$$Q = 26.17 \text{ lt/seg}$$

$$C = 140$$

$$\text{Diámetro interno} = 315 \text{ lt/seg}$$

$$Q = 0,2785 * C * D^{2.63} * S^{0.54}$$

$$S = \sqrt[0.54]{\frac{Q}{0.2785 * C * D^{2.63}}}$$

$$S = \sqrt[0.54]{\frac{26.17 * 10^{-3}}{0.2785 * 140 * (315 * 10^{-3})^{2.63}}}$$

$$S = 0.00037 \text{ m/m}$$

**Pérdidas por fricción**

$$hf = S * Longitud$$

$$hf = 0.00037 * 20.02$$

$$hf = 0.007 \text{ m}$$

**Velocidad con la ecuación de continuidad**

$$V = Q * A$$

$$V = 26.17 * 10^{-3} * \frac{\pi * (315 * 10^{-3})^2}{4}$$

$$V = 0.336 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocidad en una tubería de asbesto cemento es mínimo 0.30 m/s, y la máxima 3 m/s.

Entonces:

$$0.3 \frac{\text{m}}{\text{s}} < 0.336 \frac{\text{m}}{\text{s}} < 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocidad se encuentra dentro del rango permitido.

**Cota estática**

$$C. Est. = 2594.10 \text{ msnm}$$

**Cota piezométrica**

$$C. Piez. = C. Terreno. - Hf$$

$$C. Piez. = 2593.72 - 0.007$$

$$C. Piez. = 2593.71 \text{ msnm}$$

**Presión Estática**

$$P. Est. = C. Est. - C. Clave$$

$$P. Est. = 2594.10 - 2592.79$$

$$P. Est. = 1.31 \text{ mca}$$

La presión estática se comprueba con el 80% de la presión de trabajo de la tubería, es decir:

$$P. Est. < 0.80 * P. Trab.$$

Datos:

P.Trab de 315 mm=25 mca

$$1.31 \text{ mca} < 0.80 * 25$$

$$1.31 \text{ mca} < 20 \text{ mca}$$

Por lo tanto, cumple con presión estática.

### Presión Dinámica

$$P. Din. = C. Piez. - C. Clave$$

$$P. Din. = 2593.71 - 2592.79$$

$$P. Din. = 0.92 \text{ mca}$$

La presión dinámica debe ser mayor a 2 mca.

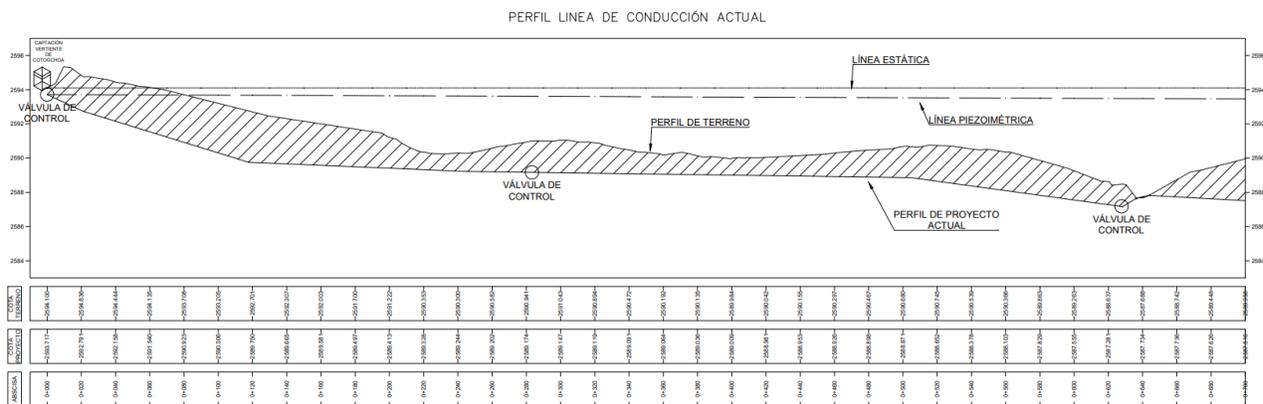
Entonces:

$$0.92 \text{ mca} < 2 \text{ mca}$$

En este tramo la presión dinámica está por debajo de los 2 mca, es decir, que la tubería tiene poca presión a la salida.

### Figura 22

Perfil de la línea de conducción actual de la abscisa 0+000 m hasta la 0+700 m



A continuación, se presenta la verificación hidráulica para todo el trayecto de la línea de conducción:

Tabla 19

Cálculo hidráulico de la línea de conducción actual

N	Abscisa	C. Terre.	Prof.	C.Clave	J	V	Verif.	C. Piez.	P. Est.	P. Diná.	Verifi.
[-]	[m]	[msnm]	[m]	[msnm]	[m/m]	[m/s]	[-]	[msnm]	[mca]	[mca]	[-]
1	0+000	2594.10	0.38	2593.72				2593.72			NC
2	0+020	2594.84	2.04	2592.79	0.046	0.34	OK	2593.71	1.31	0.92	Presión Dinámica NC
3	0+040	2594.44	2.29	2592.16	0.032	0.34	OK	2593.70	1.94	1.54	Presión Dinámica
4	0+060	2594.14	2.60	2591.54	0.031	0.34	OK	2593.69	2.56	2.15	OK
5	0+080	2593.71	2.79	2590.92	0.031	0.34	OK	2593.69	3.18	2.76	OK
6	0+100	2593.21	2.90	2590.31	0.031	0.34	OK	2593.68	3.79	3.37	OK
7	0+120	2592.70	2.95	2589.75	0.028	0.34	OK	2593.67	4.35	3.92	OK
8	0+140	2592.31	2.64	2589.67	0.004	0.34	OK	2593.67	4.43	4.00	OK
9	0+160	2592.00	2.42	2589.58	0.004	0.34	OK	2593.66	4.52	4.08	OK
10	0+180	2591.70	2.20	2589.50	0.004	0.34	OK	2593.65	4.60	4.15	OK
11	0+200	2591.22	1.81	2589.41	0.004	0.34	OK	2593.64	4.69	4.23	OK
12	0+220	2590.35	1.03	2589.33	0.004	0.34	OK	2593.64	4.77	4.31	OK
13	0+240	2590.30	1.06	2589.24	0.004	0.34	OK	2593.63	4.86	4.38	OK
14	0+260	2590.58	1.38	2589.20	0.002	0.34	OK	2593.62	4.90	4.42	OK
15	0+280	2590.94	1.77	2589.17	0.001	0.34	OK	2593.61	4.93	4.44	OK
16	0+300	2591.04	1.90	2589.15	0.001	0.34	OK	2593.61	4.95	4.46	OK
17	0+320	2590.89	1.77	2589.12	0.001	0.34	OK	2593.60	4.98	4.48	OK
18	0+340	2590.47	1.38	2589.09	0.001	0.34	OK	2593.59	5.01	4.50	OK

N	Abscisa	C. Terre.	Prof.	C.Clave	J	V	Verif.	C. Piez.	P. Est.	P. Diná.	Verifi.
[-]	[m]	[msnm]	[m]	[msnm]	[m/m]	[m/s]	[-]	[msnm]	[mca]	[mca]	[-]
19	0+360	2590.19	1.13	2589.06	0.001	0.34	OK	2593.58	5.04	4.52	OK
20	0+380	2590.14	1.10	2589.04	0.001	0.34	OK	2593.58	5.06	4.54	OK
21	0+400	2589.98	0.97	2589.01	0.001	0.34	OK	2593.57	5.09	4.56	OK
22	0+420	2590.04	1.06	2588.98	0.001	0.34	OK	2593.56	5.12	4.58	OK
23	0+440	2590.16	1.20	2588.95	0.001	0.34	OK	2593.55	5.15	4.60	OK
24	0+460	2590.30	1.37	2588.93	0.001	0.34	OK	2593.55	5.17	4.62	OK
25	0+480	2590.47	1.57	2588.90	0.001	0.34	OK	2593.54	5.20	4.64	OK
26	0+500	2590.68	1.81	2588.87	0.001	0.34	OK	2593.53	5.23	4.66	OK
27	0+520	2590.75	2.09	2588.65	0.011	0.34	OK	2593.52	5.45	4.87	OK
28	0+540	2590.54	2.16	2588.38	0.014	0.34	OK	2593.52	5.72	5.14	OK
29	0+560	2590.37	2.26	2588.10	0.014	0.34	OK	2593.51	6.00	5.41	OK
30	0+580	2589.86	2.03	2587.83	0.014	0.34	OK	2593.50	6.27	5.67	OK
31	0+600	2589.26	1.71	2587.56	0.014	0.34	OK	2593.50	6.55	5.94	OK
32	0+620	2588.64	1.36	2587.28	0.014	0.34	OK	2593.49	6.82	6.21	OK
33	0+640	2587.69	-0.05	2587.73	-0.023	0.29	NC	2593.48	6.37	5.75	OK
34	0+660	2588.74	1.01	2587.74	0.000	0.29	NC	2593.48	6.36	5.74	OK
35	0+680	2589.45	1.82	2587.63	0.005	0.29	NC	2593.47	6.47	5.85	OK
36	0+700	2589.96	2.44	2587.52	0.005	0.29	NC	2593.47	6.58	5.95	OK
37	0+720	2590.40	3.00	2587.41	0.005	0.29	NC	2593.46	6.69	6.05	OK
38	0+740	2590.80	3.51	2587.30	0.005	0.29	NC	2593.45	6.80	6.16	OK
39	0+760	2591.11	3.92	2587.19	0.005	0.29	NC	2593.45	6.91	6.26	OK
40	0+780	2591.04	3.96	2587.08	0.005	0.29	NC	2593.44	7.02	6.37	OK
41	0+800	2590.73	3.76	2586.97	0.005	0.29	NC	2593.44	7.13	6.47	OK
42	0+820	2590.42	3.56	2586.86	0.005	0.29	NC	2593.43	7.24	6.58	OK
43	0+840	2589.94	3.19	2586.75	0.005	0.29	NC	2593.43	7.35	6.68	OK
44	0+860	2589.45	2.81	2586.64	0.005	0.29	NC	2593.42	7.46	6.78	OK

N	Abscisa	C. Terre.	Prof.	C.Clave	J	V	Verif.	C. Piez.	P. Est.	P. Diná.	Verifi.
[-]	[m]	[msnm]	[m]	[msnm]	[m/m]	[m/s]	[-]	[msnm]	[mca]	[mca]	[-]
45	0+880	2588.97	2.44	2586.53	0.005	0.29	NC	2593.42	7.57	6.89	OK
46	0+900	2588.34	1.92	2586.42	0.005	0.29	NC	2593.41	7.68	6.99	OK
47	0+920	2587.78	1.47	2586.31	0.005	0.29	NC	2593.41	7.79	7.10	OK
48	0+940	2586.91	1.08	2585.83	0.024	0.29	NC	2593.40	8.27	7.57	OK
49	0+960	2586.32	1.04	2585.28	0.028	0.29	NC	2593.39	8.82	8.12	OK
50	0+980	2585.72	1.00	2584.72	0.028	0.29	NC	2593.39	9.38	8.67	OK
51	1+000	2585.16	0.99	2584.17	0.028	0.29	NC	2593.38	9.93	9.22	OK
52	1+020	2584.86	0.83	2584.03	0.007	0.29	NC	2593.38	10.07	9.35	OK
53	1+040	2585.17	0.56	2584.60	-0.029	0.29	NC	2593.37	9.50	8.77	OK
54	1+060	2585.61	0.43	2585.18	-0.029	0.29	NC	2593.37	8.92	8.19	OK
55	1+080	2586.61	0.87	2585.75	-0.029	0.29	NC	2593.36	8.35	7.61	OK
56	1+100	2587.62	1.30	2586.32	-0.029	0.29	NC	2593.36	7.78	7.03	OK
57	1+120	2588.36	1.83	2586.53	-0.011	0.29	NC	2593.35	7.57	6.82	OK
58	1+140	2588.97	2.26	2586.71	-0.009	0.29	NC	2593.34	7.39	6.64	OK
59	1+160	2589.34	2.46	2586.89	-0.009	0.29	NC	2593.34	7.21	6.45	OK
60	1+180	2588.73	1.67	2587.06	-0.009	0.29	NC	2593.33	7.04	6.27	OK
61	1+200	2588.12	0.88	2587.24	-0.009	0.29	NC	2593.33	6.86	6.09	OK
62	1+220	2587.72	0.30	2587.41	-0.009	0.29	NC	2593.32	6.69	5.91	OK
63	1+240	2587.93	0.34	2587.59	-0.009	0.29	NC	2593.32	6.51	5.73	OK
64	1+260	2588.27	0.50	2587.76	-0.009	0.29	NC	2593.31	6.34	5.55	OK
65	1+280	2589.30	1.36	2587.94	-0.009	0.29	NC	2593.31	6.16	5.37	OK
66	1+300	2589.44	1.40	2588.04	-0.005	0.29	NC	2593.30	6.06	5.26	OK
67	1+320	2589.79	1.65	2588.14	-0.005	0.29	NC	2593.29	5.96	5.16	OK
68	1+340	2589.90	1.67	2588.23	-0.005	0.29	NC	2593.29	5.87	5.06	OK
69	1+360	2589.49	1.17	2588.33	-0.005	0.29	NC	2593.28	5.78	4.96	OK
70	1+380	2589.09	0.67	2588.42	-0.005	0.29	NC	2593.28	5.68	4.86	OK

N	Abscisa	C. Terre.	Prof.	C.Clave	J	V	Verif.	C. Piez.	P. Est.	P. Diná.	Verifi.
[-]	[m]	[msnm]	[m]	[msnm]	[m/m]	[m/s]	[-]	[msnm]	[mca]	[mca]	[-]
71	1+400	2588.80	0.41	2588.39	0.002	0.29	NC	2593.27	5.71	4.89	OK
72	1+420	2588.58	0.30	2588.28	0.005	0.29	NC	2593.27	5.82	4.98	OK
73	1+440	2588.59	0.41	2588.18	0.005	0.29	NC	2593.26	5.92	5.08	OK
74	1+460	2588.63	0.56	2588.08	0.005	0.29	NC	2593.26	6.02	5.18	OK
75	1+480	2588.56	0.59	2587.97	0.005	0.29	NC	2593.25	6.13	5.28	OK
76	1+500	2588.49	0.62	2587.87	0.005	0.29	NC	2593.24	6.23	5.37	OK
77	1+520	2588.42	0.66	2587.77	0.005	0.29	NC	2593.24	6.33	5.47	OK
78	1+540	2588.35	0.69	2587.66	0.005	0.29	NC	2593.23	6.44	5.57	OK
79	1+560	2588.28	0.72	2587.56	0.005	0.29	NC	2593.23	6.54	5.67	OK
80	1+580	2588.21	0.75	2587.46	0.005	0.29	NC	2593.22	6.64	5.76	OK
81	1+600	2588.14	0.79	2587.35	0.005	0.29	NC	2593.22	6.75	5.86	OK
82	1+620	2588.07	0.82	2587.25	0.005	0.29	NC	2593.21	6.85	5.96	OK
83	1+640	2588.00	0.85	2587.15	0.005	0.29	NC	2593.21	6.95	6.06	OK
84	1+660	2587.93	0.88	2587.05	0.005	0.29	NC	2593.20	7.05	6.16	OK
85	1+680	2587.86	0.92	2586.94	0.005	0.29	NC	2593.19	7.16	6.25	OK
86	1+700	2587.79	0.95	2586.84	0.005	0.29	NC	2593.19	7.26	6.35	OK
87	1+720	2587.72	0.98	2586.74	0.005	0.29	NC	2593.18	7.36	6.45	OK
88	1+740	2587.65	1.02	2586.63	0.005	0.29	NC	2593.18	7.47	6.55	OK
89	1+760	2587.58	1.05	2586.53	0.005	0.29	NC	2593.17	7.57	6.64	OK
90	1+780	2587.51	1.08	2586.43	0.005	0.29	NC	2593.17	7.67	6.74	OK
91	1+800	2587.44	1.12	2586.32	0.005	0.29	NC	2593.16	7.78	6.84	OK
92	1+820	2587.37	1.15	2586.22	0.005	0.29	NC	2593.16	7.88	6.94	OK
93	1+840	2587.30	1.18	2586.12	0.005	0.29	NC	2593.15	7.98	7.03	OK
94	1+860	2587.23	1.21	2586.01	0.005	0.29	NC	2593.15	8.09	7.13	OK
95	1+880	2587.16	1.25	2585.91	0.005	0.29	NC	2593.14	8.19	7.23	OK
96	1+900	2587.09	1.28	2585.81	0.005	0.29	NC	2593.13	8.29	7.33	OK

N	Abscisa	C. Terre.	Prof.	C.Clave	J	V	Verif.	C. Piez.	P. Est.	P. Diná.	Verifi.
[-]	[m]	[msnm]	[m]	[msnm]	[m/m]	[m/s]	[-]	[msnm]	[mca]	[mca]	[-]
97	1+920	2587.02	1.31	2585.70	0.005	0.29	NC	2593.13	8.40	7.42	OK
98	1+940	2586.95	1.35	2585.60	0.005	0.29	NC	2593.12	8.50	7.52	OK
99	1+960	2586.88	1.38	2585.50	0.005	0.29	NC	2593.12	8.60	7.62	OK
100	1+980	2586.81	1.41	2585.40	0.005	0.29	NC	2593.11	8.70	7.72	OK
101	2+000	2586.74	1.45	2585.29	0.005	0.29	NC	2593.11	8.81	7.81	OK
102	2+020	2586.67	1.48	2585.19	0.005	0.29	NC	2593.10	8.91	7.91	OK
103	2+040	2586.60	1.51	2585.09	0.005	0.29	NC	2593.10	9.01	8.01	OK
104	2+060	2586.53	1.54	2584.98	0.005	0.29	NC	2593.09	9.12	8.11	OK
105	2+080	2586.46	1.58	2584.88	0.005	0.29	NC	2593.08	9.22	8.21	OK
106	2+100	2586.39	1.61	2584.78	0.005	0.29	NC	2593.08	9.32	8.30	OK
107	2+120	2586.32	1.64	2584.67	0.005	0.29	NC	2593.07	9.43	8.40	OK
108	2+140	2586.25	1.68	2584.57	0.005	0.29	NC	2593.07	9.53	8.50	OK
109	2+160	2586.18	1.71	2584.47	0.005	0.29	NC	2593.06	9.63	8.60	OK
110	2+180	2586.11	1.74	2584.36	0.005	0.29	NC	2593.06	9.74	8.69	OK
111	2+200	2586.04	1.77	2584.26	0.005	0.29	NC	2593.05	9.84	8.79	OK
112	2+220	2585.97	1.81	2584.16	0.005	0.29	NC	2593.05	9.94	8.89	OK
113	2+240	2585.90	1.84	2584.06	0.005	0.29	NC	2593.04	10.05	8.98	OK
114	2+260	2585.82	1.87	2583.95	0.005	0.29	NC	2593.03	10.15	9.08	OK
115	2+280	2585.75	1.91	2583.85	0.005	0.29	NC	2593.03	10.25	9.18	OK
116	2+300	2585.68	1.94	2583.75	0.005	0.29	NC	2593.02	10.36	9.28	OK
117	2+320	2585.61	1.97	2583.64	0.005	0.29	NC	2593.02	10.46	9.38	OK
118	2+340	2585.54	2.00	2583.54	0.005	0.29	NC	2593.01	10.56	9.47	OK
119	2+360	2579.43	1.88	2577.56	0.286	0.29	NC	2593.01	16.55	15.45	OK
											NC
120	2+380	2571.80	1.63	2570.17	0.345	0.29	NC	2593.00	23.93	22.83	Presión Estática

N	Abscisa	C. Terre.	Prof.	C.Clave	J	V	Verif.	C. Piez.	P. Est.	P. Diná.	Verifi.
[-]	[m]	[msnm]	[m]	[msnm]	[m/m]	[m/s]	[-]	[msnm]	[mca]	[mca]	[-]
121	2+389.61	2568.93	0.00	2568.93	0.124	0.77	OK	2592.97	25.17	24.05	OK
122	2+400	2567.84	0.00	2567.84	0.104	0.77	OK	2592.97	26.26	25.13	OK
123	2+411.36	2568.03	0.00	2568.03	-0.016	0.77	OK	2592.94	26.07	24.92	OK
											NC
124	2+420	2568.86	0.37	2568.49	-0.054	0.29	NC	2592.97	25.61	24.48	Presión Estática NC
125	2+440	2570.57	0.01	2570.57	-0.103	0.29	NC	2592.96	23.53	22.40	Presión Estática NC
126	2+460	2574.94	2.29	2572.64	-0.101	0.29	NC	2592.96	21.46	20.32	Presión Estática
127	2+480	2579.84	4.89	2574.95	-0.112	0.29	NC	2592.95	19.15	18.00	OK
128	2+500	2583.59	6.22	2577.37	-0.119	0.29	NC	2592.95	16.73	15.58	OK
129	2+520	2587.33	7.54	2579.79	-0.119	0.29	NC	2592.94	14.31	13.15	OK
130	2+540	2590.12	7.91	2582.21	-0.120	0.29	NC	2592.94	11.89	10.72	OK
131	2+560	2590.74	6.10	2584.64	-0.121	0.29	NC	2592.93	9.46	8.30	OK
132	2+577	2590.77	4.02	2586.75	-0.125	0.29	NC	2592.93	7.35	6.17	OK
133	2+580	2590.69	3.94	2586.75	0.000	0.29	NC	2592.93	7.35	6.18	OK
134	2+600	2589.77	3.01	2586.76	0.000	0.29	NC	2592.92	7.34	6.16	OK
135	2+620	2589.92	3.14	2586.77	0.000	0.29	NC	2592.92	7.33	6.15	OK
136	2+640	2590.18	3.40	2586.78	-0.001	0.29	NC	2592.91	7.32	6.13	OK
137	2+660	2590.25	3.46	2586.79	0.000	0.29	NC	2592.91	7.31	6.11	OK
138	2+680	2590.45	3.65	2586.80	0.000	0.29	NC	2592.90	7.30	6.10	OK
139	2+700	2589.20	2.38	2586.81	0.000	0.29	NC	2592.90	7.29	6.08	OK
140	2+720	2589.00	2.40	2586.60	0.011	0.29	NC	2592.89	7.50	6.29	OK

N	Abscisa	C. Terre.	Prof.	C.Clave	J	V	Verif.	C. Piez.	P. Est.	P. Diná.	Verifi.
[-]	[m]	[msnm]	[m]	[msnm]	[m/m]	[m/s]	[-]	[msnm]	[mca]	[mca]	[-]
141	2+740	2588.59	2.31	2586.28	0.016	0.29	NC	2592.89	7.82	6.61	OK
142	2+760	2588.18	2.22	2585.96	0.016	0.29	NC	2592.88	8.14	6.92	OK
143	2+780	2587.76	2.13	2585.64	0.016	0.29	NC	2592.87	8.46	7.24	OK
144	2+800	2587.35	2.03	2585.32	0.016	0.29	NC	2592.87	8.78	7.55	OK
145	2+820	2586.94	1.94	2584.99	0.016	0.29	NC	2592.86	9.11	7.87	OK
146	2+840	2586.52	1.85	2584.67	0.016	0.29	NC	2592.86	9.43	8.18	OK
147	2+860	2586.11	1.76	2584.35	0.016	0.29	NC	2592.85	9.75	8.50	OK
148	2+880	2585.70	1.67	2584.03	0.016	0.29	NC	2592.85	10.07	8.82	OK
149	2+900	2585.28	1.57	2583.71	0.016	0.29	NC	2592.84	10.39	9.13	OK
150	2+920	2584.98	1.59	2583.39	0.016	0.29	NC	2592.84	10.71	9.45	OK
151	2+940	2584.44	1.37	2583.07	0.016	0.29	NC	2592.83	11.03	9.76	OK
152	2+960	2584.32	1.19	2583.13	-0.003	0.29	NC	2592.82	10.97	9.69	OK
153	2+980	2584.98	1.33	2583.65	-0.026	0.29	NC	2592.82	10.45	9.17	OK
154	3+000	2585.66	1.50	2584.16	-0.026	0.29	NC	2592.81	9.94	8.65	OK
155	3+020	2586.34	1.67	2584.68	-0.026	0.29	NC	2592.81	9.42	8.13	OK
156	3+040	2587.01	1.82	2585.19	-0.026	0.29	NC	2592.80	8.91	7.61	OK
157	3+060	2587.68	1.98	2585.70	-0.026	0.29	NC	2592.80	8.40	7.09	OK
158	3+080	2588.25	2.03	2586.22	-0.026	0.29	NC	2592.79	7.88	6.57	OK
159	3+100	2589.18	2.44	2586.75	-0.026	0.29	NC	2592.79	7.35	6.04	OK
160	3+120	2590.12	2.85	2587.27	-0.026	0.29	NC	2592.78	6.83	5.51	OK
161	3+140	2590.20	2.39	2587.80	-0.026	0.29	NC	2592.77	6.30	4.97	OK
162	3+160	2589.54	2.06	2587.48	0.016	0.29	NC	2592.77	6.62	5.29	OK
163	3+180	2588.83	2.53	2586.30	0.059	0.29	NC	2592.76	7.80	6.46	OK
164	3+200	2587.03	2.51	2584.51	0.089	0.29	NC	2592.76	9.59	8.25	OK
165	3+220	2585.22	2.51	2582.72	0.089	0.29	NC	2592.75	11.38	10.03	OK
166	3+240	2583.42	2.49	2580.93	0.089	0.29	NC	2592.75	13.17	11.82	OK

N	Abscisa	C. Terre.	Prof.	C.Clave	J	V	Verif.	C. Piez.	P. Est.	P. Diná.	Verifi.
[-]	[m]	[msnm]	[m]	[msnm]	[m/m]	[m/s]	[-]	[msnm]	[mca]	[mca]	[-]
167	3+260	2581.58	2.44	2579.13	0.089	0.29	NC	2592.74	14.97	13.61	OK
168	3+280	2580.22	2.13	2578.09	0.052	0.29	NC	2592.74	16.01	14.65	OK
169	3+300	2581.04	1.50	2579.54	-0.073	0.29	NC	2592.73	14.56	13.19	OK
170	3+320	2582.25	1.25	2581.00	-0.073	0.29	NC	2592.72	13.11	11.73	OK
171	3+340	2583.74	1.29	2582.45	-0.072	0.29	NC	2592.72	11.65	10.27	OK
172	3+360	2584.73	0.82	2583.90	-0.073	0.29	NC	2592.71	10.20	8.81	OK
173	3+380	2585.96	0.60	2585.36	-0.073	0.29	NC	2592.71	8.74	7.35	OK
174	3+400	2587.10	0.27	2586.83	-0.073	0.29	NC	2592.70	7.27	5.88	OK
175	3+401.80	2587.39	0.02	2587.38	-0.300	0.29	NC	2592.70	6.72	5.33	OK

En la parte del cálculo número 1 y 2 no se está cumpliendo con la presión dinámica, está por debajo de los 2 mca. Debido a que existe un bypass en la abscisa 0+640 m, el caudal es de 22.39 lt/s, entonces la velocidad es de 0.29 m/s por lo que no se encuentra dentro del rango permitido. Además, en la línea de cálculo 120, 124, 125 y 126 no cumple con la presión estática, es decir, supera el 80% de la presión de trabajo de la tubería.

### **Estudio y cálculo hidráulico de la propuesta de rediseño**

Con la evaluación elaborada a la línea actual e información recopilada se ha realizado una propuesta para el rediseño de la línea de conducción de la vertiente de Cotogchoa al tanque de Albornoz, con la finalidad de cumplir con los parámetros de diseño y obtener un buen funcionamiento hidráulico.

#### **Parámetros de diseño**

##### **Periodo de diseño**

Para garantizar la duración de un sistema de agua potable es indispensable conocer su vida útil, existen diferentes componentes con su respectivo parámetro, el cual existen recomendaciones por la SENAGUA, en este caso para la línea de conducción de material PVC

se establece un rango de vida útil entre 20 o 30 años. Donde se ha escogido 30 años por la durabilidad del material y la población de estudio.

### **Población actual**

La población para el sistema a de Sangolquí se ha considerado las proyecciones realizadas para el cantón, donde según el estudio se tiene una población de 4400 habitantes.

### **Población futura**

El crecimiento de la población es un factor muy importante para el diseño, porque es importante conocer la cantidad de personas y de agua que se debe abastecer del suministro de agua potable, debido a que no se tiene información censal se ha tomado la tasa de crecimiento del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Rumiñahui.

Para el cálculo de la población futura se ha realizado en base a los métodos: aritmético, geométrico y exponencial; con una tasa de crecimiento de 2.69%.

### **Método geométrico**

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

Donde:

Pf = Población futura

Pa = población actual

r = Índice de crecimiento

n = Periodo de diseño

$$Pf = 4400 * \left(1 + \frac{2.69}{100}\right)^{30}$$

$$Pf = 9728 \text{ habitantes}$$

### **Método aritmético**

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

Donde:

Pf = Población futura

Pa = Población actual

r = Índice de crecimiento poblacional

n = Periodo de diseño

$$Pf = 4400 * (1 + \frac{2.69}{100} * 30)$$

$$Pf = 7938 \text{ habitantes}$$

### Método exponencial

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

Dónde:

Pf = Población futura

Pa = Población actual

r = Índice de crecimiento

n = Periodo de diseño

e = coeficiente exponencial

$$Pf = 4400 * e^{\frac{2.69}{100} * 30}$$

$$Pf = 9832 \text{ habitantes}$$

### Tabla 20

*Resultados del cálculo de población futura*

Método	Población	Unidad
Geométrico	9728	habitantes
Aritmético	7938	habitantes
Exponencial	9832	habitantes
Valor máx. M. Exponencial	9832	habitantes

Se realiza el cálculo por los tres métodos, entonces se toma el valor máximo, en este caso es de 9832 habitantes con el método exponencial.

### **Dotación de agua**

Con la población de estudio se establece una dotación que permita garantizar el servicio y satisfacer sus necesidades, es por ello que existen recomendaciones establecidas por las Normas para Estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y Disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

Según (SENAGUA, 2014) para una población de 5000 hasta 50000 habitantes de clima templado la dotación es de 190 lt/hab/día hasta 220 lt/hab/día. Tomando como dotación 190 lt/hab/día.

### **Caudal de demanda**

Con los parámetros de diseño descritos anteriormente, se procede a calcular el caudal de diseño para la línea de conducción los cuales son caudal medio diario ( $Q_{med}$ ), caudal máximo diario ( $Q_{md}$ ), caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ ).

#### ***Caudal medio diario ( $Q_{med}$ )***

$$Q_{med} = \frac{Pf * Df}{86400}$$

Donde:

Pf = Población futura

Df = Dotación Futura

$$Q_{med} = \frac{9832 * 190}{86400}$$

$$Q_{med} = 21.62 \frac{lt}{seg}$$

#### ***Caudal máximo diario ( $Q_{md}$ )***

$$Q_{md} = Q_{med} * K1$$

Donde:

$Q_{md}$  = Caudal Máximo Diario

K1 = Coeficiente de mayoración (1.3 - 1.5)

$$Q_{md} = 21.62 \frac{lt}{seg} * 1.3$$

$$Q_{md} = 28.11 \frac{lt}{seg}$$

### **Caudal máximo horario (Qmh)**

$$Q_{mh} = Q_{md} * K2$$

Donde:

Qmd = Caudal máximo horario.

K2 = Coeficiente de variación horaria. (2.0 – 2.3)

$$Q_{mh} = 28.11 \frac{lt}{seg} * 2$$

$$Q_{mh} = 56.22 \frac{lt}{seg}$$

### **Caudal de diseño para la línea de conducción**

Para realizar el diseño de la línea de conducción existen caudales de diseño recomendados establecidos en las Normas para estudio y Diseño de Sistemas de Agua Potable y disposición de Aguas Residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, esto depende del tipo de elemento de un sistema de agua potable. Para el proyecto propuesto se trata de una línea de conducción de agua subterránea, entonces tomando la recomendación de la normativa se toma como caudal de diseño:

**Tabla 21**

*Caudales de diseño para los elementos de un sistema de agua potable*

<b>ELEMENTO</b>	<b>CAUDAL</b>
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 %

*Nota.* Recuperado de Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, SENAGUA, 2014.

$$\text{Caudal de diseño} = \text{Caudal máximo diario (Qmd)} + 5\%$$

$$\text{Caudal de diseño} = 28.11 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} + \left( 28.11 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} * \frac{5}{100} \right)$$

$$\text{Caudal de diseño} = 29.51 \frac{\text{lt}}{\text{seg}}$$

## Capítulo IV: Resultados

### Resultado hidráulico de la propuesta de rediseño

#### *Diseño hidráulico*

En base a los parámetros de diseño establecidos, se procede a realizar el cálculo hidráulico para la propuesta del rediseño, con tubería de material PVC. La línea de conducción se abastecerá de la vertiente de Cotogchoa proveniente de agua subterránea, la base del diseño es de una conducción a gravedad donde el caudal de diseño es de 29.51 lt/seg.

Mediante el levantamiento topográfico se pudo obtener los datos de elevación de toda la propuesta de rediseño. A continuación, se presentan los resultados de la cota inicial y cota final.

**Tabla 22**

#### *Datos topográficos*

<b>Lugar</b>	<b>Abscisa</b>	<b>Este [m]</b>	<b>Norte [m]</b>	<b>Elevación</b>
[-]	[m]	[m]	[m]	[msnm]
Captación de Cotogchoa	0+000	783406.77	9958948.21	2594.10
Tanque Albornoz	5+391.20	785270.06	9961333.51	2585.74

La diferencia de nivel con el punto de salida al de llegada es de 8.36 metros.

#### **Cálculo hidráulico de la línea de conducción**

A continuación, se presenta el cálculo tipo que se va a realizar a lo largo de los 5.39 kilómetros de longitud de la alternativa para la línea de conducción, se ha tomado en cuenta realizar el cálculo cada 20 metros de longitud.

**Tabla 23**

#### *Datos iniciales para PK 0+000 m*

<b>Datos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Abscisa	0+000	m

Datos	Valor	Unidad
Cota de terreno	2594.10	msnm
Profundidad	0.00	m
Cota clave	2595.30	msnm

**Tabla 24**

*Datos iniciales para PK 0+020 m*

Datos	Valor	Unidad
Abscisa	0+020	m
Cota de terreno	2594.94	msnm
Profundidad	2.15	m
Cota clave	2592.79	msnm

**Longitud**

$$L = \sqrt{(C.terr.superior - C.terr.inferior)^2 + (Abscisa.superior - Abscisa.inferior)^2}$$

Datos:

$$C.terr.superior = 2594.10 \text{ m}$$

$$C.terr.inferior = 2594.94 \text{ m}$$

$$Abscisa.superior = 0.00 \text{ m}$$

$$Abscisa.inferior = 20.00 \text{ m}$$

$$L = \sqrt{(2594.10 - 2594.94)^2 + (00.00 - 20.00)^2}$$

$$L = 20.02 \text{ m}$$

**Pendiente topográfica**

$$J = \frac{Cota\ clave_{superior} - Cota\ clave_{inferior}}{Longitud}$$

Datos:

$$Cota\ clave_{superior} = 2595.30\ m$$

$$Cota\ clave_{inferior} = 2592.79\ m$$

$$J = \frac{2595.30 - 2592.79}{20.02}$$

$$J = 0.13\ m/m$$

### **Coefficiente de Hazen Williams**

El coeficiente de Chow se utiliza para la fórmula de Hazen Williams según el tipo de material de la tubería. Para el caso de estudio la tubería es de material PVC y su valor C es igual a 150.

### **Tabla 25**

Coeficiente de Chow de Hazen Williams

<b>Descripción de tubería</b>	<b>Valor C</b>
Asbesto cemento	140
PVC	150
Cobre	130
Hormigón Liso	130
Hormigón Ordinario	120
Hierro fundido nuevo	130
Hierro fundido viejo	90

### **Diámetro comercial**

Para obtener un diámetro de tubería se realiza su respectivo cálculo, pero se debe proponer un diámetro comercial, para lo cual se tiene tablas comerciales como se muestra a continuación:

### **Tabla 26**

Diámetros comerciales de tubería PVC

<b>Diámetro Nominal</b>	<b>Espesor de Pared</b>	<b>Diámetro Interior</b>	<b>Presión de Trabajo</b>	<b>Presión de Trabajo 2</b>	<b>Presión de Trabajo 3</b>
110	2.20	105 .60	0.50	5.10	73.00
110	2.70	104.60	0.63	6.43	91.00
110	3.40	103.20	0.80	8.16	116.00
110	4.20	101.60	1.00	10.20	145.00
110	5.20	99.60	1.25	12.75	181.00
110	6.60	96.80	1.60	16.32	232.00
125	2.50	120.00	0.50	5.10	73.00
125	3.10	118.80	0.63	6.43	91.00
125	3.90	117.20	0.80	8.16	116.00
140	2.70	134 .6	0.50	5.10	73.00
140	3.40	133.20	0.63	6.43	91.00
140	4.30	131.40	0.80	8.16	116.00
160	3.20	153.60	0.50	5.10	73.00
160	3.90	152.20	0.63	6.43	91.00
160	5.00	150.00	0.80	8.16	116.00
160	6.20	147 .6	1.00	10.20	145.00
160	7.60	144.80	1.25	12.75	181.00
160	9.60	140.80	1.60	16.32	232.00
200	3.90	192.20	0.50	5.10	73.00
200	4.90	190.20	0.63	6.43	91.00
200	6.20	187.60	0.80	8.16	116.00
200	7.70	184.60	1.00	10.20	145.00
200	9.50	181.00	1.25	12.75	181.00

200	12.00	176.00	1.60	16.32	232.00
225	5.50	214.00	0.63	5.10	91.00
225	7.00	211.00	0.80	8.16	116.00
250	4.90	240.20	0.50	6.43	73.00
250	6.10	237.80	0.63	6.43	91.00
250	7.80	234.40	0.80	8.16	116.00
250	9.60	230.80	1.00	10.20	145.00
250	11.90	226.20	1.25	12.75	181.00
250	15.00	220.00	1.60	16.32	232.00

*Nota.* Recuperado de Tuberías y accesorios para presión, Plastigama, 2007.

### ***Diámetro calculado***

Para obtener el diámetro calculado se hace en base a la ecuación del caudal de Hazen Williams, donde se despeja el diámetro.

*Datos:*

$$Q = 29.51 \text{ lt/seg}$$

$$C = 150$$

$$Q = 0,2785 * C * D^{2.63} * S^{0.54}$$

$$D = \sqrt[2.63]{\frac{Q}{0.2785 * C * S^{0.54}}}$$

$$D = \sqrt[2.63]{\frac{29.51 * 10^{-3}}{0.2785 * 150 * 0.13^{0.54}}}$$

$$D = 97.08 \text{ mm} \rightarrow \text{diámetro nominal}$$

Entonces el diámetro de comercial es:

$$D_{\text{comercial}} = 110 \text{ mm}$$

$$\text{Espesor} = 2.20 \text{ mm}$$

$$D_{\text{interno}} = 105.60 \text{ mm}$$

$$\text{Presión de trabajo} = 0.50 \text{ Mpa} = 5.10 \text{ mca}$$

### **Gradiente hidráulica**

$$S = \sqrt[0.54]{\frac{Q}{0.2785 * C * D^{2.63}}}$$

$$S = \sqrt[0.54]{\frac{29.51 * 10^{-3}}{0.2785 * 150 * (105.60 * 10^{-3})^{2.63}}}$$

$$S = 0.083 \text{ m/m}$$

### **Pérdidas por fricción**

$$hf = S * L$$

$$hf = 0.083 * 20.02$$

$$hf = 1.67 \text{ m}$$

### **Velocidad con la ecuación de continuidad**

$$V = Q * A$$

$$V = 29.51 * 10^{-3} * \frac{\pi * (105.60 * 10^{-3})^2}{4}$$

$$V = 3.37 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocidad en una tubería de PVC es mínimo 0.30 m/s y la máxima 3 m/s, donde,

$$3.27 \frac{\text{m}}{\text{s}} > 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocidad es mayor que la velocidad máxima, por lo tanto, se cambia de diámetro de tubería al siguiente superior.

Se vuelve a calcular con el diámetro de 160 mm.

$$D_{\text{comercial}} = 160 \text{ mm}$$

$$\text{Espesor} = 3.20 \text{ mm}$$

$$D_{\text{interno}} = 153.60 \text{ mm}$$

$$\text{Presión de trabajo} = 0.50 \text{ Mpa} = 50 \text{ mca}$$

### **Gradiente hidráulica**

$$S = \sqrt[0.54]{\frac{Q}{0.2785 * C * D^{2.63}}}$$

$$S = \sqrt[0.54]{\frac{29.51 * 10^{-3}}{0.2785 * 150 * (153.60 * 10^{-3})^{2.63}}}$$

$$S = 0.013 \text{ m/m}$$

### **Pérdidas por fricción**

$$hf = S * L$$

$$hf = 0.013 * 20.02$$

$$hf = 0.27 \text{ m}$$

### **Velocidad con la ecuación de continuidad**

$$V = Q * A$$

$$V = 29.51 * 10^{-3} * \frac{\pi * (153.60 * 10^{-3})^2}{4}$$

$$V = 1.59 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocidad en una tubería de PVC es mínimo 0.30 m/s y la máxima 3 m/s, por lo tanto,

$$0.3 \frac{\text{m}}{\text{s}} < 1.50 \frac{\text{m}}{\text{s}} < 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocidad se encuentra dentro del rango permitido.

### **Cota estática**

$$C. \text{ Est.} = 2595.30 \text{ msnm}$$

### **Cota piezométrica**

$$C. \text{ Piez.} = C. \text{ Terr.} - Hf$$

$$C. \text{ Piez.} = 2595.30 - 0.27$$

$$C. \text{ Piez.} = 2595.03 \text{ msnm}$$

**Presión Estática**

$$P. Est. = C. Est. - C. Clave$$

$$P. Est. = 2595.30 - 2592.79$$

$$P. Est. = 2.51 \text{ mca}$$

**Presión Dinámica**

$$P. Din. = C. Piez. - C. Clave$$

$$P. Din. = 2595.03 - 2592.79$$

$$P. Din. = 2.24 \text{ mca}$$

De la línea de cálculo desde la 1 a la 8 cumple todos los parámetros de diseño, pero a partir de la línea de cálculo 9 no cumple presiones dinámicas, tampoco se puede combinar con otra tubería porque se debería profundizar más la tubería cuando eso no es lo óptimo, esto se ha comprobado realizando varias iteraciones.

Después de haber realizado varias iteraciones con diferentes diámetros se llegó a la conclusión del diseño con un diámetro de 250 mm, cumpliendo así todos los parámetros establecidos.

Se vuelve a calcular con el diámetro de 250 mm.

$$D_{comercial} = 250 \text{ mm}$$

$$Espesor = 4.90 \text{ mm}$$

$$D_{interno} = 240.20 \text{ mm}$$

$$Presión de trabajo = 0.50 \text{ Mpa} = 50 \text{ mca}$$

**Gradiente hidráulica**

$$S = \sqrt[0.54]{\frac{Q}{0.2785 * C * D^{2.63}}}$$

$$S = \sqrt[0.54]{\frac{29.51 * 10^{-3}}{0.2785 * 150 * (240.20 * 10^{-3})^{2.63}}}$$

$$S = 0.002m/m$$

### **Pérdidas por fricción**

$$h_f = S * L$$

$$h_f = 0.002 * 20.02$$

$$h_f = 0.03 m$$

### **Velocidad con la ecuación de continuidad**

$$V = Q * A$$

$$V = 29.51 * 10^{-3} * \frac{\pi * (240.20 * 10^{-3})^2}{4}$$

$$V = 0.65 \frac{m}{s}$$

La velocidad en una tubería de PVC es mínimo 0.30 m/s y la máxima 5 m/s, por lo tanto,

$$0.3 \frac{m}{s} < 0.65 \frac{m}{s} < 3 \frac{m}{s}$$

La velocidad se encuentra dentro del rango permitido.

### **Cota estática**

$$C. Est. = 2595.30 \text{ msnm}$$

### **Cota piezométrica**

$$C. Piez. = C. Terr. - H_f$$

$$C. Piez. = 2595.30 - 0.03$$

$$C. Piez. = 2595.27 \text{ msnm}$$

### **Presión Estática**

$$P. Est. = C. Est. - C. Clave$$

$$P. Est. = 2595.30 - 2592.79$$

$$P. Est. = 2.51 \text{ mca}$$

La presión estática se comprueba con el 80% de la presión de trabajo de la tubería, es decir:

$$P. Est. < 0.80 * P. Trab.$$

Datos:

$$P. Trab \text{ de } 250 \text{ mm} = 50 \text{ mca}$$

$$1.31 \text{ mca} < 0.80 * 50$$

$$1.31 \text{ mca} < 40 \text{ mca}$$

Por lo tanto, cumple con presión estática.

**Presión Dinámica**

$$P. Din. = C. Piez. - C. Clave$$

$$P. Din. = 2595.27 - 2592.79$$

$$P. Din. = 2.48 \text{ mca}$$

La presión dinámica debe ser mayor a 2 mca.

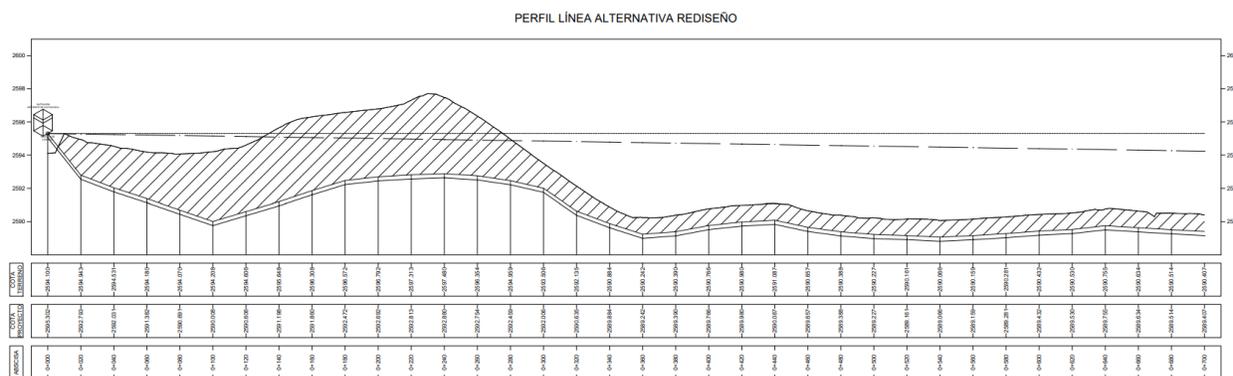
Entonces:

$$2.48 \text{ mca} > 2 \text{ mca}$$

En este tramo la presión dinámica cumple.

**Figura 23**

*Perfil longitudinal de la línea actual*



A continuación, se presenta el diseño para toda la línea de conducción

Tabla 27

Diseño de la línea de conducción de rediseño

N	Abs.	C. Terr.	Prof.	C.Clave	J	D. Calc.	V	C. Está	C.Piez.	P.	P. Diná.	Verifi.
[-]	[m]	[msnm]	[m]	[msnm]	[m/m]	[mm]	[m/s]	[msnm]	[msnm]	[mca]	[mca]	[-]
1	0+000	2594.1	0.00	2595.30				2595.3	2595.3			
2	0+020	2594.94	2.15	2592.79	0.13	97.08	0.65	2595.3	2595.27	2.51	2.48	OK
3	0+040	2594.53	2.50	2592.03	0.04	123.97	0.65	2595.3	2595.24	3.27	3.21	OK
4	0+060	2594.18	2.80	2591.38	0.03	128.13	0.65	2595.3	2595.21	3.92	3.83	OK
5	0+080	2594.07	3.38	2590.69	0.03	126.48	0.65	2595.3	2595.18	4.61	4.49	OK
6	0+100	2594.21	4.20	2590.01	0.03	126.79	0.65	2595.3	2595.15	5.29	5.14	OK
7	0+120	2594.61	4.00	2590.61	-0.03	130.30	0.65	2595.3	2595.12	4.7	4.51	OK
8	0+140	2595.65	4.45	2591.20	-0.03	130.60	0.65	2595.3	2595.09	4.1	3.89	OK
9	0+160	2596.31	4.45	2591.86	-0.03	127.61	0.65	2595.3	2595.06	3.44	3.2	OK
10	0+180	2596.57	4.10	2592.47	-0.03	129.68	0.65	2595.3	2595.03	2.83	2.56	OK
11	0+200	2596.79	4.10	2592.69	-0.01	159.99	0.65	2595.3	2595	2.61	2.31	OK
12	0+220	2597.31	4.50	2592.81	-0.01	180.89	0.65	2595.3	2594.97	2.49	2.15	OK
13	0+240	2597.48	4.60	2592.88	0.00	204.22	0.65	2595.3	2594.94	2.42	2.06	OK
14	0+260	2596.35	3.60	2592.75	0.01	179.44	0.65	2595.3	2594.91	2.55	2.15	OK
15	0+280	2594.96	2.50	2592.46	0.01	150.71	0.65	2595.3	2594.88	2.84	2.42	OK
16	0+300	2593.51	1.50	2592.01	0.02	138.01	0.65	2595.3	2594.85	3.3	2.84	OK
17	0+320	2592.14	1.50	2590.64	0.07	109.94	0.65	2595.3	2594.82	4.67	4.18	OK
18	0+340	2590.88	1.00	2589.88	0.04	124.39	0.65	2595.3	2594.78	5.42	4.9	OK
19	0+360	2590.24	1.00	2589.24	0.03	128.42	0.65	2595.3	2594.75	6.06	5.51	OK
20	0+380	2590.39	1.00	2589.39	-0.01	173.55	0.65	2595.3	2594.72	5.91	5.33	OK
21	0+400	2590.77	1.00	2589.77	-0.02	143.32	0.65	2595.3	2594.69	5.54	4.93	OK
22	0+420	2590.98	1.00	2589.98	-0.01	160.90	0.65	2595.3	2594.66	5.32	4.68	OK

N	Abs.	C. Terr.	Prof.	C.Clave	J	D. Calc.	V	C. Está	C.Piez.	P.	P. Diná.	Verifi.
[-]	[m]	[msnm]	[m]	[msnm]	[m/m]	[mm]	[m/s]	[msnm]	[msnm]	[mca]	[mca]	[-]
23	0+440	2591.09	1.00	2590.09	-0.01	185.51	0.65	2595.3	2594.63	5.22	4.55	OK
24	0+460	2590.66	1.00	2589.66	0.02	139.43	0.65	2595.3	2594.6	5.64	4.95	OK
25	0+480	2590.39	1.00	2589.39	0.01	153.52	0.65	2595.3	2594.57	5.91	5.18	OK
26	0+500	2590.23	1.00	2589.23	0.01	170.58	0.65	2595.3	2594.54	6.08	5.31	OK
27	0+520	2590.16	1.00	2589.16	0.00	204.85	0.65	2595.3	2594.51	6.14	5.35	OK
28	0+540	2590.07	1.00	2589.07	0.00	190.09	0.65	2595.3	2594.48	6.24	5.41	OK
29	0+560	2590.16	1.00	2589.16	0.00	190.93	0.65	2595.3	2594.45	6.14	5.29	OK
30	0+580	2590.28	1.00	2589.28	-0.01	180.58	0.65	2595.3	2594.42	6.02	5.14	OK
31	0+600	2590.43	1.00	2589.43	-0.01	172.84	0.65	2595.3	2594.39	5.87	4.96	OK
32	0+620	2590.53	1.00	2589.53	0.00	211.20	0.65	2595.3	2594.36	5.77	4.83	OK
33	0+640	2590.76	1.00	2589.76	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2594.33	5.55	4.57	OK
34	0+660	2590.63	1.00	2589.63	0.01	211.20	0.65	2595.3	2594.3	5.67	4.66	OK
35	0+680	2590.51	1.00	2589.51	0.01	211.20	0.65	2595.3	2594.27	5.79	4.75	OK
36	0+700	2590.41	1.00	2589.41	0.01	211.20	0.65	2595.3	2594.24	5.89	4.83	OK
37	0+720	2590.13	1.00	2589.13	0.01	211.20	0.65	2595.3	2594.21	6.17	5.08	OK
38	0+740	2589.63	1.00	2588.63	0.03	211.20	0.65	2595.3	2594.18	6.68	5.55	OK
39	0+760	2588.92	1.00	2587.92	0.04	211.20	0.65	2595.3	2594.15	7.38	6.22	OK
40	0+780	2588.58	1.00	2587.58	0.02	211.20	0.65	2595.3	2594.12	7.72	6.54	OK
41	0+800	2588.27	1.00	2587.27	0.02	211.20	0.65	2595.3	2594.09	8.03	6.81	OK
42	0+820	2588	1.00	2587.00	0.01	211.20	0.65	2595.3	2594.06	8.31	7.06	OK
43	0+840	2587.42	1.00	2586.42	0.03	211.20	0.65	2595.3	2594.02	8.88	7.6	OK
44	0+860	2586.88	1.00	2585.88	0.03	211.20	0.65	2595.3	2593.99	9.42	8.11	OK
45	0+880	2586.32	1.00	2585.32	0.03	211.20	0.65	2595.3	2593.96	9.99	8.65	OK
46	0+900	2585.81	1.00	2584.81	0.03	211.20	0.65	2595.3	2593.93	10.5	9.13	OK
47	0+920	2585.28	1.00	2584.28	0.03	211.20	0.65	2595.3	2593.9	11.02	9.62	OK
48	0+940	2584.61	1.00	2583.61	0.03	211.20	0.65	2595.3	2593.87	11.7	10.27	OK

N	Abs.	C. Terr.	Prof.	C.Clave	J	D. Calc.	V	C. Está	C.Piez.	P.	P. Diná.	Verifi.
[-]	[m]	[msnm]	[m]	[msnm]	[m/m]	[mm]	[m/s]	[msnm]	[msnm]	[mca]	[mca]	[-]
49	0+960	2584.12	1.00	2583.12	0.02	211.20	0.65	2595.3	2593.84	12.19	10.73	OK
50	0+980	2583.63	1.00	2582.63	0.02	211.20	0.65	2595.3	2593.81	12.67	11.18	OK
51	1+000	2583.17	1.00	2582.17	0.02	211.20	0.65	2595.3	2593.78	13.14	11.62	OK
52	1+020	2582.74	1.00	2581.74	0.02	211.20	0.65	2595.3	2593.75	13.56	12.01	OK
53	1+040	2581.87	1.00	2580.87	0.04	211.20	0.65	2595.3	2593.72	14.43	12.85	OK
54	1+060	2581.22	1.00	2580.22	0.03	211.20	0.65	2595.3	2593.69	15.08	13.47	OK
55	1+080	2580.53	1.00	2579.53	0.03	211.20	0.65	2595.3	2593.66	15.78	14.13	OK
56	1+100	2579.72	1.00	2578.72	0.04	211.20	0.65	2595.3	2593.63	16.58	14.91	OK
57	1+120	2578.81	1.00	2577.81	0.05	211.20	0.65	2595.3	2593.6	17.5	15.79	OK
58	1+140	2577.47	1.00	2576.47	0.07	211.20	0.65	2595.3	2593.57	18.83	17.1	OK
59	1+160	2575.72	1.00	2574.72	0.09	211.20	0.65	2595.3	2593.54	20.59	18.82	OK
60	1+180	2574.5	1.00	2573.50	0.06	211.20	0.65	2595.3	2593.51	21.81	20.01	OK
61	1+200	2573.55	1.00	2572.55	0.05	211.20	0.65	2595.3	2593.48	22.75	20.93	OK
62	1+220	2573.22	1.00	2572.22	0.02	211.20	0.65	2595.3	2593.45	23.08	21.22	OK
63	1+240	2572.99	1.00	2571.99	0.01	211.20	0.65	2595.3	2593.42	23.31	21.42	OK
64	1+260	2573.29	1.00	2572.29	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2593.39	23.01	21.09	OK
65	1+280	2573.83	1.00	2572.83	-0.03	211.20	0.65	2595.3	2593.36	22.47	20.53	OK
66	1+300	2574.24	1.00	2573.24	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2593.32	22.06	20.08	OK
67	1+320	2574.29	1.00	2573.29	0.00	211.20	0.65	2595.3	2593.29	22.02	20.01	OK
68	1+340	2573.56	1.00	2572.56	0.04	211.20	0.65	2595.3	2593.26	22.74	20.7	OK
69	1+360	2572.71	1.00	2571.71	0.04	211.20	0.65	2595.3	2593.23	23.59	21.52	OK
70	1+380	2571.82	1.00	2570.82	0.04	211.20	0.65	2595.3	2593.2	24.48	22.38	OK
71	1+400	2570.95	1.00	2569.95	0.04	211.20	0.65	2595.3	2593.17	25.36	23.23	OK
72	1+420	2570.17	1.00	2569.17	0.04	211.20	0.65	2595.3	2593.14	26.13	23.97	OK
73	1+440	2569.32	1.00	2568.32	0.04	211.20	0.65	2595.3	2593.11	26.99	24.8	OK
74	1+460	2568.42	1.00	2567.42	0.04	211.20	0.65	2595.3	2593.08	27.89	25.66	OK

N	Abs.	C. Terr.	Prof.	C.Clave	J	D. Calc.	V	C. Está	C.Piez.	P.	P. Diná.	Verifi.
[-]	[m]	[msnm]	[m]	[msnm]	[m/m]	[mm]	[m/s]	[msnm]	[msnm]	[mca]	[mca]	[-]
75	1+480	2567.66	1.00	2566.66	0.04	211.20	0.65	2595.3	2593.05	28.65	26.4	OK
76	1+500	2567.24	1.00	2566.24	0.02	211.20	0.65	2595.3	2593.02	29.07	26.78	OK
77	1+520	2567.35	1.00	2566.35	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2592.99	28.96	26.65	OK
78	1+540	2567.42	1.00	2566.42	0.00	211.20	0.65	2595.3	2592.96	28.88	26.54	OK
79	1+560	2567.35	1.00	2566.35	0.00	211.20	0.65	2595.3	2592.93	28.96	26.58	OK
80	1+580	2567.49	1.00	2566.49	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2592.9	28.81	26.41	OK
81	1+600	2567.25	1.00	2566.25	0.01	211.20	0.65	2595.3	2592.87	29.05	26.62	OK
82	1+620	2567.1	1.00	2566.10	0.01	211.20	0.65	2595.3	2592.84	29.2	26.73	OK
83	1+640	2566.88	1.00	2565.88	0.01	211.20	0.65	2595.3	2592.81	29.42	26.93	OK
84	1+660	2566.74	1.00	2565.74	0.01	211.20	0.65	2595.3	2592.78	29.56	27.04	OK
85	1+680	2566.57	1.00	2565.57	0.01	211.20	0.65	2595.3	2592.75	29.73	27.18	OK
86	1+700	2566.33	1.00	2565.33	0.01	211.20	0.65	2595.3	2592.72	29.98	27.39	OK
87	1+720	2566.02	1.00	2565.02	0.02	211.20	0.65	2595.3	2592.69	30.28	27.66	OK
88	1+740	2565.9	1.00	2564.90	0.01	211.20	0.65	2595.3	2592.66	30.41	27.76	OK
89	1+760	2565.7	1.00	2564.70	0.01	211.20	0.65	2595.3	2592.63	30.6	27.92	OK
90	1+780	2565.95	1.00	2564.95	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2592.6	30.35	27.65	OK
91	1+800	2566.1	1.00	2565.10	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2592.56	30.2	27.46	OK
92	1+820	2566.18	1.00	2565.18	0.00	211.20	0.65	2595.3	2592.53	30.12	27.35	OK
93	1+840	2566.31	1.00	2565.31	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2592.5	29.99	27.19	OK
94	1+860	2565.97	1.00	2564.97	0.02	211.20	0.65	2595.3	2592.47	30.34	27.51	OK
95	1+880	2565.54	1.00	2564.54	0.02	211.20	0.65	2595.3	2592.44	30.76	27.9	OK
96	1+900	2564.88	1.00	2563.88	0.03	211.20	0.65	2595.3	2592.41	31.42	28.53	OK
97	1+920	2563.9	1.00	2562.90	0.05	211.20	0.65	2595.3	2592.38	32.4	29.48	OK
98	1+940	2563.46	1.00	2562.46	0.02	211.20	0.65	2595.3	2592.35	32.84	29.89	OK
99	1+960	2562.71	1.00	2561.71	0.04	211.20	0.65	2595.3	2592.32	33.59	30.61	OK
100	1+980	2562.02	1.00	2561.02	0.03	211.20	0.65	2595.3	2592.29	34.28	31.27	OK

N	Abs.	C. Terr.	Prof.	C.Clave	J	D. Calc.	V	C. Está	C.Piez.	P.	P. Diná.	Verifi.
[-]	[m]	[msnm]	[m]	[msnm]	[m/m]	[mm]	[m/s]	[msnm]	[msnm]	[mca]	[mca]	[-]
101	2+000	2561.23	1.00	2560.23	0.04	211.20	0.65	2595.3	2592.26	35.07	32.03	OK
102	2+020	2560.74	1.00	2559.74	0.02	211.20	0.65	2595.3	2592.23	35.57	32.5	OK
103	2+040	2560.78	1.00	2559.78	0.00	211.20	0.65	2595.3	2592.2	35.53	32.42	OK
104	2+060	2560.8	1.00	2559.80	0.00	211.20	0.65	2595.3	2592.17	35.5	32.37	OK
105	2+080	2560.66	1.00	2559.66	0.01	211.20	0.65	2595.3	2592.14	35.64	32.48	OK
106	2+100	2560.31	1.00	2559.31	0.02	211.20	0.65	2595.3	2592.11	35.99	32.8	OK
107	2+120	2560.07	1.00	2559.07	0.01	211.20	0.65	2595.3	2592.08	36.23	33	OK
108	2+140	2560.07	1.00	2559.07	0.00	211.20	0.65	2595.3	2592.05	36.23	32.98	OK
109	2+160	2560.27	1.00	2559.27	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2592.02	36.04	32.75	OK
110	2+180	2560.68	1.00	2559.68	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2591.99	35.62	32.31	OK
111	2+200	2561.2	1.00	2560.20	-0.03	211.20	0.65	2595.3	2591.96	35.1	31.76	OK
112	2+220	2562.01	1.00	2561.01	-0.04	211.20	0.65	2595.3	2591.93	34.29	30.92	OK
113	2+240	2562.85	1.00	2561.85	-0.04	211.20	0.65	2595.3	2591.9	33.45	30.04	OK
114	2+260	2563.62	1.00	2562.62	-0.04	211.20	0.65	2595.3	2591.87	32.68	29.24	OK
115	2+280	2564.41	1.00	2563.41	-0.04	211.20	0.65	2595.3	2591.83	31.89	28.43	OK
116	2+300	2564.91	1.00	2563.91	-0.03	211.20	0.65	2595.3	2591.8	31.39	27.89	OK
117	2+320	2565.29	1.00	2564.29	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2591.77	31.01	27.49	OK
118	2+340	2565.59	1.00	2564.59	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2591.74	30.71	27.15	OK
119	2+360	2565.82	1.00	2564.82	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2591.71	30.48	26.89	OK
120	2+380	2565.94	1.00	2564.94	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2591.68	30.36	26.74	OK
121	2+400	2565.98	1.00	2564.98	0.00	211.20	0.65	2595.3	2591.65	30.32	26.67	OK
122	2+420	2566.09	1.00	2565.09	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2591.62	30.21	26.53	OK
123	2+440	2566.14	1.00	2565.14	0.00	211.20	0.65	2595.3	2591.59	30.16	26.45	OK
124	2+460	2566.09	1.00	2565.09	0.00	211.20	0.65	2595.3	2591.56	30.21	26.47	OK
125	2+480	2565.79	1.00	2564.79	0.02	211.20	0.65	2595.3	2591.53	30.52	26.75	OK
126	2+500	2565.56	1.00	2564.56	0.01	211.20	0.65	2595.3	2591.5	30.74	26.94	OK

N	Abs.	C. Terr.	Prof.	C.Clave	J	D. Calc.	V	C. Está	C.Piez.	P.	P. Diná.	Verifi.
[-]	[m]	[msnm]	[m]	[msnm]	[m/m]	[mm]	[m/s]	[msnm]	[msnm]	[mca]	[mca]	[-]
127	2+520	2565.45	1.00	2564.45	0.01	211.20	0.65	2595.3	2591.47	30.86	27.03	OK
128	2+540	2565.44	1.00	2564.44	0.00	211.20	0.65	2595.3	2591.44	30.86	27	OK
129	2+560	2565.13	1.00	2564.13	0.02	211.20	0.65	2595.3	2591.41	31.17	27.28	OK
130	2+580	2565.03	1.00	2564.03	0.01	211.20	0.65	2595.3	2591.38	31.28	27.35	OK
131	2+600	2564.9	1.00	2563.90	0.01	211.20	0.65	2595.3	2591.35	31.4	27.45	OK
132	2+620	2564.79	1.00	2563.79	0.01	211.20	0.65	2595.3	2591.32	31.51	27.53	OK
133	2+640	2564.72	1.00	2563.72	0.00	211.20	0.65	2595.3	2591.29	31.59	27.57	OK
134	2+660	2564.58	1.00	2563.58	0.01	211.20	0.65	2595.3	2591.26	31.72	27.68	OK
135	2+680	2564.45	1.00	2563.45	0.01	211.20	0.65	2595.3	2591.23	31.85	27.77	OK
136	2+700	2564.32	1.00	2563.32	0.01	211.20	0.65	2595.3	2591.2	31.98	27.88	OK
137	2+720	2564.16	1.00	2563.16	0.01	211.20	0.65	2595.3	2591.17	32.14	28	OK
138	2+740	2564.17	1.00	2563.17	0.00	211.20	0.65	2595.3	2591.14	32.13	27.96	OK
139	2+760	2564.43	1.00	2563.43	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2591.11	31.87	27.67	OK
140	2+780	2564.77	1.00	2563.77	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2591.07	31.53	27.3	OK
141	2+800	2564.99	1.00	2563.99	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2591.04	31.31	27.05	OK
142	2+820	2565.47	1.00	2564.47	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2591.01	30.83	26.54	OK
143	2+840	2565.88	1.00	2564.88	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2590.98	30.42	26.1	OK
144	2+860	2566.29	1.00	2565.29	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2590.95	30.01	25.66	OK
145	2+880	2566.7	1.00	2565.70	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2590.92	29.61	25.23	OK
146	2+900	2567.13	1.00	2566.13	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2590.89	29.18	24.77	OK
147	2+920	2567.5	1.00	2566.50	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2590.86	28.8	24.36	OK
148	2+940	2567.89	1.00	2566.89	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2590.83	28.41	23.94	OK
149	2+960	2568.28	1.00	2567.28	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2590.8	28.02	23.52	OK
150	2+980	2568.68	1.00	2567.68	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2590.77	27.63	23.1	OK
151	3+000	2569.01	1.00	2568.01	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2590.74	27.3	22.74	OK
152	3+020	2569.39	1.00	2568.39	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2590.71	26.92	22.32	OK

N	Abs.	C. Terr.	Prof.	C.Clave	J	D. Calc.	V	C. Está	C.Piez.	P.	P. Diná.	Verifi.
[-]	[m]	[msnm]	[m]	[msnm]	[m/m]	[mm]	[m/s]	[msnm]	[msnm]	[mca]	[mca]	[-]
153	3+040	2569.74	1.00	2568.74	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2590.68	26.57	21.94	OK
154	3+060	2570.04	1.00	2569.04	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2590.65	26.26	21.61	OK
155	3+080	2570.38	1.00	2569.38	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2590.62	25.92	21.24	OK
156	3+100	2570.62	1.00	2569.62	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2590.59	25.69	20.97	OK
157	3+120	2570.86	1.00	2569.86	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2590.56	25.44	20.69	OK
158	3+140	2571.09	1.00	2570.09	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2590.53	25.22	20.44	OK
159	3+160	2571.36	1.00	2570.36	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2590.5	24.95	20.14	OK
160	3+180	2571.61	1.00	2570.61	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2590.47	24.69	19.86	OK
161	3+200	2571.88	1.00	2570.88	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2590.44	24.42	19.55	OK
162	3+220	2572.01	1.00	2571.01	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2590.41	24.29	19.4	OK
163	3+240	2572.29	1.00	2571.29	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2590.38	24.02	19.09	OK
164	3+260	2572.54	1.00	2571.54	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2590.35	23.76	18.8	OK
165	3+280	2572.82	1.00	2571.82	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2590.31	23.48	18.49	OK
166	3+300	2573.15	1.00	2572.15	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2590.28	23.15	18.13	OK
167	3+320	2573.53	1.00	2572.53	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2590.25	22.77	17.72	OK
168	3+340	2573.64	1.00	2572.64	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2590.22	22.66	17.58	OK
169	3+360	2573.65	1.00	2572.65	0.00	211.20	0.65	2595.3	2590.19	22.66	17.55	OK
170	3+380	2573.85	1.00	2572.85	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2590.16	22.46	17.32	OK
171	3+400	2573.81	1.00	2572.81	0.00	211.20	0.65	2595.3	2590.13	22.49	17.32	OK
172	3+420	2573.78	1.00	2572.78	0.00	211.20	0.65	2595.3	2590.1	22.52	17.32	OK
173	3+440	2573.87	1.00	2572.87	0.00	211.20	0.65	2595.3	2590.07	22.43	17.2	OK
174	3+460	2573.84	1.00	2572.84	0.00	211.20	0.65	2595.3	2590.04	22.46	17.2	OK
175	3+480	2574.03	1.00	2573.03	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2590.01	22.27	16.98	OK
176	3+500	2574.14	1.00	2573.14	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2589.98	22.17	16.84	OK
177	3+520	2574.41	1.00	2573.41	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2589.95	21.9	16.54	OK
178	3+540	2575.1	1.00	2574.10	-0.03	211.20	0.65	2595.3	2589.92	21.21	15.82	OK

N	Abs.	C. Terr.	Prof.	C.Clave	J	D. Calc.	V	C. Está	C.Piez.	P.	P. Diná.	Verifi.
[-]	[m]	[msnm]	[m]	[msnm]	[m/m]	[mm]	[m/s]	[msnm]	[msnm]	[mca]	[mca]	[-]
179	3+560	2575.64	1.00	2574.64	-0.03	211.20	0.65	2595.3	2589.89	20.66	15.25	OK
180	3+580	2576.36	1.00	2575.36	-0.04	211.20	0.65	2595.3	2589.86	19.94	14.5	OK
181	3+600	2577.05	1.00	2576.05	-0.03	211.20	0.65	2595.3	2589.83	19.25	13.78	OK
182	3+620	2577.81	1.00	2576.81	-0.04	211.20	0.65	2595.3	2589.8	18.5	12.99	OK
183	3+640	2578.51	1.00	2577.51	-0.03	211.20	0.65	2595.3	2589.77	17.8	12.26	OK
184	3+660	2579.15	1.00	2578.15	-0.03	211.20	0.65	2595.3	2589.74	17.15	11.59	OK
185	3+680	2579.77	1.00	2578.77	-0.03	211.20	0.65	2595.3	2589.71	16.53	10.93	OK
186	3+700	2580.54	1.00	2579.54	-0.04	211.20	0.65	2595.3	2589.68	15.76	10.14	OK
187	3+720	2581.4	1.00	2580.40	-0.04	211.20	0.65	2595.3	2589.65	14.91	9.25	OK
188	3+740	2582.05	1.00	2581.05	-0.03	211.20	0.65	2595.3	2589.62	14.25	8.57	OK
189	3+760	2582.61	1.00	2581.61	-0.03	211.20	0.65	2595.3	2589.58	13.7	7.98	OK
190	3+780	2583.57	1.00	2582.57	-0.05	211.20	0.65	2595.3	2589.55	12.73	6.98	OK
191	3+800	2583.89	1.00	2582.89	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2589.52	12.42	6.64	OK
192	3+820	2584.44	1.00	2583.44	-0.03	211.20	0.65	2595.3	2589.49	11.87	6.06	OK
193	3+840	2584.67	1.00	2583.67	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2589.46	11.63	5.79	OK
194	3+860	2584.64	1.00	2583.64	0.00	211.20	0.65	2595.3	2589.43	11.66	5.79	OK
195	3+880	2584.52	1.00	2583.52	0.01	211.20	0.65	2595.3	2589.4	11.78	5.88	OK
196	3+900	2580.75	1.00	2579.75	0.19	211.20	0.65	2595.3	2589.37	15.55	9.62	OK
197	3+920	2575.22	1.00	2574.22	0.27	211.20	0.65	2595.3	2589.34	21.08	15.12	OK
198	3+940	2571.69	1.00	2570.69	0.17	211.20	0.65	2595.3	2589.31	24.61	18.62	OK
199	3+943	2570.96	0.00	2570.96	-0.10	211.20	0.65	2595.3	2589.31	24.34	18.35	OK
200	3+960	2567.62	0.00	2567.62	0.19	211.20	0.65	2595.3	2589.28	27.68	21.65	OK
201	3+968	2567.91	0.00	2567.91	-0.03	211.20	0.65	2595.3	2589.27	27.39	21.36	OK
202	3+980	2571.21	1.00	2570.21	-0.11	211.20	0.65	2595.3	2589.23	25.09	19.03	OK
203	4+000	2572.49	1.00	2571.49	-0.06	211.20	0.65	2595.3	2589.2	23.82	17.72	OK
204	4+020	2572.74	1.00	2571.74	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2589.17	23.56	17.43	OK

N	Abs.	C. Terr.	Prof.	C.Clave	J	D. Calc.	V	C. Está	C.Piez.	P.	P. Diná.	Verifi.
[-]	[m]	[msnm]	[m]	[msnm]	[m/m]	[mm]	[m/s]	[msnm]	[msnm]	[mca]	[mca]	[-]
205	4+040	2577.27	1.00	2576.27	-0.22	211.20	0.65	2595.3	2589.14	19.03	12.87	OK
206	4+060	2580.45	1.00	2579.45	-0.16	211.20	0.65	2595.3	2589.11	15.85	9.66	OK
207	4+080	2582.47	1.00	2581.47	-0.10	211.20	0.65	2595.3	2589.08	13.84	7.62	OK
208	4+100	2583.56	1.00	2582.56	-0.05	211.20	0.65	2595.3	2589.05	12.75	6.49	OK
209	4+120	2585.1	1.00	2584.10	-0.08	211.20	0.65	2595.3	2589.02	11.2	4.92	OK
210	4+140	2585.36	1.00	2584.36	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2588.99	10.94	4.63	OK
211	4+160	2586.24	1.00	2585.24	-0.04	211.20	0.65	2595.3	2588.96	10.06	3.72	OK
212	4+180	2587.93	1.50	2586.43	-0.06	211.20	0.65	2595.3	2588.93	8.87	2.5	OK
213	4+200	2589.24	2.50	2586.74	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2588.9	8.56	2.16	OK
214	4+220	2590.04	3.50	2586.54	0.01	211.20	0.65	2595.3	2588.87	8.76	2.33	OK
215	4+240	2590.8	4.00	2586.80	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2588.84	8.51	2.04	OK
216	4+260	2591.61	4.80	2586.81	0.00	211.20	0.65	2595.3	2588.81	8.5	2	OK
217	4+280	2591.12	4.40	2586.72	0.00	211.20	0.65	2595.3	2588.78	8.58	2.06	OK
218	4+300	2590.63	4.00	2586.63	0.00	211.20	0.65	2595.3	2588.75	8.67	2.11	OK
219	4+320	2590.18	3.50	2586.68	0.00	211.20	0.65	2595.3	2588.72	8.62	2.04	OK
220	4+340	2589.6	3.00	2586.60	0.00	211.20	0.65	2595.3	2588.69	8.71	2.09	OK
221	4+360	2589.16	2.60	2586.56	0.00	211.20	0.65	2595.3	2588.66	8.74	2.09	OK
222	4+380	2588.84	2.30	2586.54	0.00	211.20	0.65	2595.3	2588.62	8.76	2.08	OK
223	4+400	2588.42	2.00	2586.42	0.01	211.20	0.65	2595.3	2588.59	8.88	2.18	OK
224	4+420	2587.61	1.50	2586.11	0.02	211.20	0.65	2595.3	2588.56	9.19	2.45	OK
225	4+440	2586.9	1.00	2585.90	0.01	211.20	0.65	2595.3	2588.53	9.41	2.64	OK
226	4+460	2586.01	1.00	2585.01	0.04	211.20	0.65	2595.3	2588.5	10.29	3.49	OK
227	4+480	2585.11	1.00	2584.11	0.05	211.20	0.65	2595.3	2588.47	11.2	4.37	OK
228	4+500	2584.19	1.00	2583.19	0.05	211.20	0.65	2595.3	2588.44	12.11	5.25	OK
229	4+520	2583.29	1.00	2582.29	0.05	211.20	0.65	2595.3	2588.41	13.02	6.12	OK
230	4+540	2582.28	1.00	2581.28	0.05	211.20	0.65	2595.3	2588.38	14.02	7.1	OK

N	Abs.	C. Terr.	Prof.	C.Clave	J	D. Calc.	V	C. Está	C.Piez.	P.	P. Diná.	Verifi.
[-]	[m]	[msnm]	[m]	[msnm]	[m/m]	[mm]	[m/s]	[msnm]	[msnm]	[mca]	[mca]	[-]
231	4+560	2582.52	1.00	2581.52	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2588.35	13.78	6.83	OK
232	4+580	2583.28	1.00	2582.28	-0.04	211.20	0.65	2595.3	2588.32	13.02	6.04	OK
233	4+600	2583.74	1.00	2582.74	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2588.29	12.56	5.55	OK
234	4+620	2583.84	1.00	2582.84	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2588.26	12.46	5.42	OK
235	4+640	2583.97	1.00	2582.97	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2588.23	12.33	5.26	OK
236	4+660	2584.1	1.00	2583.10	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2588.2	12.2	5.1	OK
237	4+680	2584.27	1.00	2583.27	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2588.17	12.03	4.9	OK
238	4+700	2584.41	1.00	2583.41	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2588.14	11.89	4.73	OK
239	4+720	2584.5	1.00	2583.50	0.00	211.20	0.65	2595.3	2588.11	11.81	4.61	OK
240	4+740	2584.52	1.00	2583.52	0.00	211.20	0.65	2595.3	2588.08	11.78	4.56	OK
241	4+760	2584.32	1.00	2583.32	0.01	211.20	0.65	2595.3	2588.05	11.98	4.72	OK
242	4+780	2584.03	1.00	2583.03	0.01	211.20	0.65	2595.3	2588.02	12.27	4.99	OK
243	4+800	2583.71	1.00	2582.71	0.02	211.20	0.65	2595.3	2587.99	12.59	5.28	OK
244	4+820	2583.49	1.00	2582.49	0.01	211.20	0.65	2595.3	2587.96	12.82	5.47	OK
245	4+840	2583.56	1.00	2582.56	0.00	211.20	0.65	2595.3	2587.93	12.75	5.37	OK
246	4+860	2583.88	1.00	2582.88	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2587.89	12.42	5.02	OK
247	4+880	2584.24	1.00	2583.24	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2587.86	12.06	4.62	OK
248	4+900	2584.78	1.00	2583.78	-0.03	211.20	0.65	2595.3	2587.83	11.53	4.06	OK
249	4+920	2585.31	1.00	2584.31	-0.03	211.20	0.65	2595.3	2587.8	10.99	3.49	OK
250	4+940	2586.4	1.50	2584.90	-0.03	211.20	0.65	2595.3	2587.77	10.4	2.87	OK
251	4+960	2587.25	2.00	2585.25	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2587.74	10.05	2.49	OK
252	4+980	2588.4	2.80	2585.60	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2587.71	9.7	2.11	OK
253	5+000	2588.76	3.20	2585.56	0.00	211.20	0.65	2595.3	2587.68	9.74	2.12	OK
254	5+020	2588.35	3.00	2585.35	0.01	211.20	0.65	2595.3	2587.65	9.95	2.3	OK
255	5+040	2587.92	2.50	2585.42	0.00	211.20	0.65	2595.3	2587.62	9.88	2.2	OK
256	5+060	2586.89	1.50	2585.39	0.00	211.20	0.65	2595.3	2587.59	9.91	2.2	OK

N	Abs.	C. Terr.	Prof.	C.Clave	J	D. Calc.	V	C. Está	C.Piez.	P.	P. Diná.	Verifi.
[-]	[m]	[msnm]	[m]	[msnm]	[m/m]	[mm]	[m/s]	[msnm]	[msnm]	[mca]	[mca]	[-]
257	5+080	2585.96	1.00	2584.96	0.02	211.20	0.65	2595.3	2587.56	10.34	2.6	OK
258	5+100	2585.21	1.00	2584.21	0.04	211.20	0.65	2595.3	2587.53	11.09	3.32	OK
259	5+120	2584.49	1.00	2583.49	0.04	211.20	0.65	2595.3	2587.5	11.81	4.01	OK
260	5+140	2583.38	1.00	2582.38	0.06	211.20	0.65	2595.3	2587.47	12.93	5.09	OK
261	5+160	2581.42	1.00	2580.42	0.10	211.20	0.65	2595.3	2587.44	14.88	7.01	OK
262	5+180	2580.17	1.00	2579.17	0.06	211.20	0.65	2595.3	2587.41	16.13	8.24	OK
263	5+200	2579.75	1.00	2578.75	0.02	211.20	0.65	2595.3	2587.38	16.55	8.62	OK
264	5+220	2580.38	1.00	2579.38	-0.03	211.20	0.65	2595.3	2587.35	15.92	7.97	OK
265	5+240	2581.92	1.00	2580.92	-0.08	211.20	0.65	2595.3	2587.32	14.38	6.4	OK
266	5+260	2583.23	1.00	2582.23	-0.07	211.20	0.65	2595.3	2587.29	13.07	5.05	OK
267	5+280	2584.22	1.00	2583.22	-0.05	211.20	0.65	2595.3	2587.26	12.08	4.03	OK
268	5+300	2585.07	1.00	2584.07	-0.04	211.20	0.65	2595.3	2587.23	11.23	3.15	OK
269	5+320	2585.92	1.50	2584.42	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2587.19	10.88	2.77	OK
270	5+340	2586.84	2.00	2584.84	-0.02	211.20	0.65	2595.3	2587.16	10.46	2.33	OK
271	5+360	2587.42	2.30	2585.12	-0.01	211.20	0.65	2595.3	2587.13	10.18	2.02	OK
272	5+380	2586.26	1.50	2584.76	0.02	211.20	0.65	2595.3	2587.1	10.54	2.34	OK
273	5+391	2585.74	1.00	2584.74	0.00	211.20	0.65	2595.3	2587.09	10.56	2.35	OK

## Válvulas

Para que el funcionamiento de la tubería no se vea interrumpido por ciertos factores, es importante ubicar válvulas donde sea necesario durante el trayecto de la conducción.

### Válvula de aire

A lo largo de la línea de conducción debido a la topografía del terreno existen puntos altos donde el aire se va a acumular y disminuirá el caudal, entonces para evitar ese efecto se colocan accesorios como la válvula de aire. Las válvulas de aire se han colocado en los siguientes puntos:

**Tabla 28**

*Ubicación de válvulas de aire*

N° Válvulas	Abscisa
VALV-1A	1+230
VALV-2A	2+440
VALV-3A	3+880
VALV-4A	4+180
VALV-5A	4+980

### Válvula de desagüe

De la misma forma estas válvulas son necesarias para los puntos bajos de la tubería, ya sea cuando la conducción se encuentre llena y se requiera evacuar agua, además también permite dar alguna reparación o mantenimiento a la tubería.

**Tabla 29**

*Ubicación de válvulas de desagüe*

N° Válvulas	Abscisa
VALV-1D	1+240
VALV-2D	2+120

<b>N° Válvulas</b>	<b>Abscisa</b>
VALV-3D	2+720
VALV-4D	4+540
VALV-5D	5+200

### **Válvulas de control**

Las válvulas de control están ubicadas en el punto de la salida y llegada de la conducción, además del paso elevado que se encuentra en el río San Nicolás.

**Tabla 30**

*Ubicación de válvulas de control*

<b>N° Válvulas</b>	<b>Abscisa</b>
VALV-1C	0+000
VALV-2C	3+943
VALV-3C	3+968
VALV-4C	5+391.20

### **Paso elevado**

En el proyecto propuesto para el rediseño de la línea de conducción en el PK 3+943 m se encuentra ubicado el Río San Nicolás, por tal razón para que la tubería pueda pasar por el trazado establecido se requiere de una obra de arte hidráulica, como lo es el paso elevado. Por este motivo se ha realizado el diseño de esta importante obra la cual tiene una longitud de 26 metros.

### Datos para el diseño del paso elevado

**Tabla 31**

*Datos iniciales*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Longitud	26.00	m
Peso de agua	1000	kg/m <sup>3</sup>
Densidad PVC	1330	kg/m <sup>3</sup>
Diámetro exterior	250	mm
Diámetro interior	240.20	mm
Altura (s)	0.5	m

### Peso de la tubería

La tubería diseñada para la línea de conducción es de material PVC con un diámetro exterior de 250 mm y diámetro interior de 220 mm.

**Tabla 32**

*Peso de la tubería de PVC de 250 mm*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Área exterior	0.0491	m <sup>2</sup>
Área interior	0.0380	m <sup>2</sup>
Área total	0.0111	m <sup>2</sup>
Volumen	0.288	m <sup>3</sup>
W tubería	382.94	kg
W/ metro de tubo	14.73	kg/m

### Peso del agua

**Tabla 33**

*Peso del agua*

Parámetro	Valor	Unidad
Área interior	0.0380	m <sup>2</sup>
Volumen	0.988	m <sup>3</sup>
W	988.35	kg
W/metro de agua	38.01	kg/m

El peso de la tubería más el peso del agua es igual a:

$$Carga\ total = 14.73 + 38.01 = 52.74\ kg/m$$

### Prediseño de cables

#### *Cálculo de la longitud del cable del paso elevado*

Según (Jiménez Delgado, 2007) en el libro de Manual de diseño de Estructuras de Acero de Roger I. Brouckenbrough y Federick S. Merrit establece que la relación entre flechas se encuentra en un rango de L/8 a L/12, donde se obtiene un promedio de L/10, para lo cual se ha tomado este último valor para considerar la flecha del cable.

$$Flecha\ (f) = \frac{L}{10} = \frac{26.00}{10} = 2.60\ m$$

$$Longitud\ del\ cable\ principal\ (L) = 26.68\ m$$

**Tabla 34**

*Longitud entre la torre y el anclaje*

Parámetro	Valor	Unidad
Ht	3.35	m
n	0.1	-
α	21.80	°

Parámetro	Valor	Unidad
L1	9.02	m
L1 adoptado	9.00	m

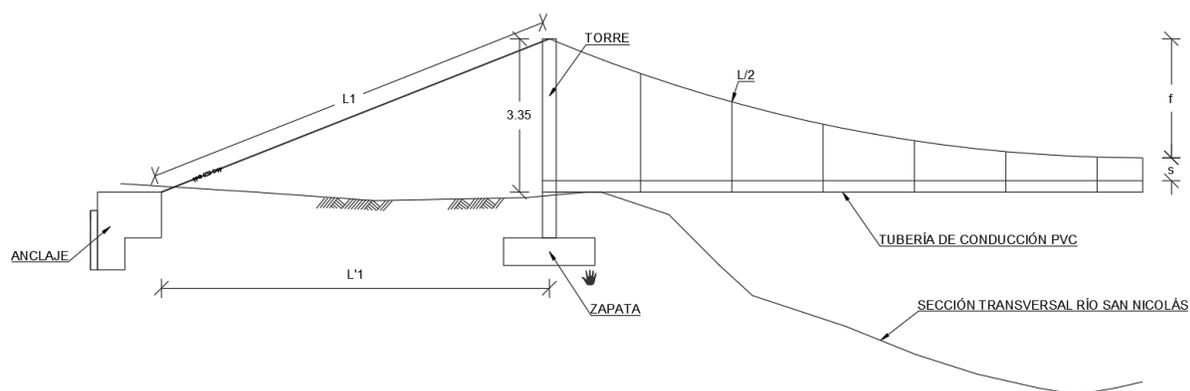
**Tabla 35***Longitud del cable secundario*

Parámetro	Valor	Unidad
L'1	8.375	m
L'1 adoptado	8.5	m

**Tabla 36***Longitud del cable principal*

Parámetro	Valor	Unidad
Altura h	2.60	m
L	26.68	m

A continuación, se presenta un gráfico de vista en elevación del lado longitudinal de la mitad del puente.

**Figura 24***Vista longitudinal de la mitad del paso elevado*

La longitud total del cable desde el anclaje izquierdo hasta el anclaje derecho es:

$$\text{Longitud total de cable} = 8.50 * 4 + 26.68 = 60.68 \text{ m}$$

### ***Péndola***

**Tabla 37**

*Datos de la péndola*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Diámetro cable	9.5	mm
Longitud de péndola	32.08	m
Peso/m	0.37	kgf/m
Peso de péndolas/ml	0.46	kgf/m
Carga de ruptura efectiva	6700	kg

### ***Cables***

**Tabla 38**

*Datos del cable del puente*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Espaciamiento entre cables	2	m
Diámetro de cable	12.5	mm
Áreas del cable	1.23	cm <sup>2</sup>
Diámetro asumido	12.5	mm
Área x espaciamiento entre cables	2.45	cm <sup>2</sup>
Carga de ruptura efectiva	12600	kg
Peso por ml	0.69	kgf/m
Peso/m	1.38	kg/m

**Carga muerta total****Tabla 39***Cálculo de carga muerta*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Peso de la tubería	14.73	kg/m
Péndolas	0.46	kg/m
Cables	1.38	kg/m
Contravientos	3.20	kg/m
Accesorios (5% peso tubería)	0.74	kg/m
Total	20.50	kg/m

**Carga viva****Tabla 40***Cálculo de carga viva*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Peso de una persona /ml	100.000	kg/m
Impacto por válvula	23.78	%
Impacto por válvula asumido	23.80	%
Porcentaje	1.24	%
Carga uniforme distribuida	38.013	kg/m
Carga puntual (péndolas)	176.027	kg/m
Momento	5393.092	kg.m
Peso Carga viva	63.824	kg/m

$$\text{Peso total para el cable} = 63.82 + 20.50 = 84.33 \text{ kg/m}$$

**Tensión del cable del puente**

Para poder encontrar la tensión máxima del cable se calcula de la siguiente manera:

$$T_{m\acute{a}x} = \frac{w * L}{2} * \sqrt{1 + \left(\frac{L}{4h}\right)^2}$$

$$T_h = \frac{w * L^2}{2h}$$

**Tabla 41***Cálculo de la tensión del cable*

Parámetro	Valor	Unidad
Tensión máxima del cable (Tmax)	2951.68	kg
Tensión horizontal sobre el cable (Th)	2740.57	kg
Factor de mayoración	2.50	%
Th mayorado	2809.08	kg

La tensión del fijador se calcula en base al ángulo  $\phi = 21.80^\circ$ , donde es igual a:

$$T_{fijador} = \frac{T_h \text{ mayorada}}{\cos \phi} = \frac{2809.08}{\cos 21.80^\circ} = 3025.47 \text{ kg}$$

El diámetro de cable asumido  $\frac{1}{2}$ " de 12.5 mm

**Tabla 42***Comprobación del diámetro del cable*

Parámetro	Valor	Unidad
Factor de seguridad	3	-
Carga de ruptura efectiva	12600	kg
Área del cable asumido	1.23	cm <sup>2</sup>
Esfuerzo	10267.40	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo factorizado	3422.47	kg/cm <sup>2</sup>
Área de cálculo	0.88	cm <sup>2</sup>
Área de cálculo < Área del cable asumido	0.88 < 1.23	OK

Por lo tanto, el diámetro para el cable es de  $\frac{1}{2}$ ".

### ***Diseño de la péndola***

Para realizar el diseño de la péndola se asumió un diámetro de  $\frac{3}{8}$ ", 9.50 mm

**Tabla 43**

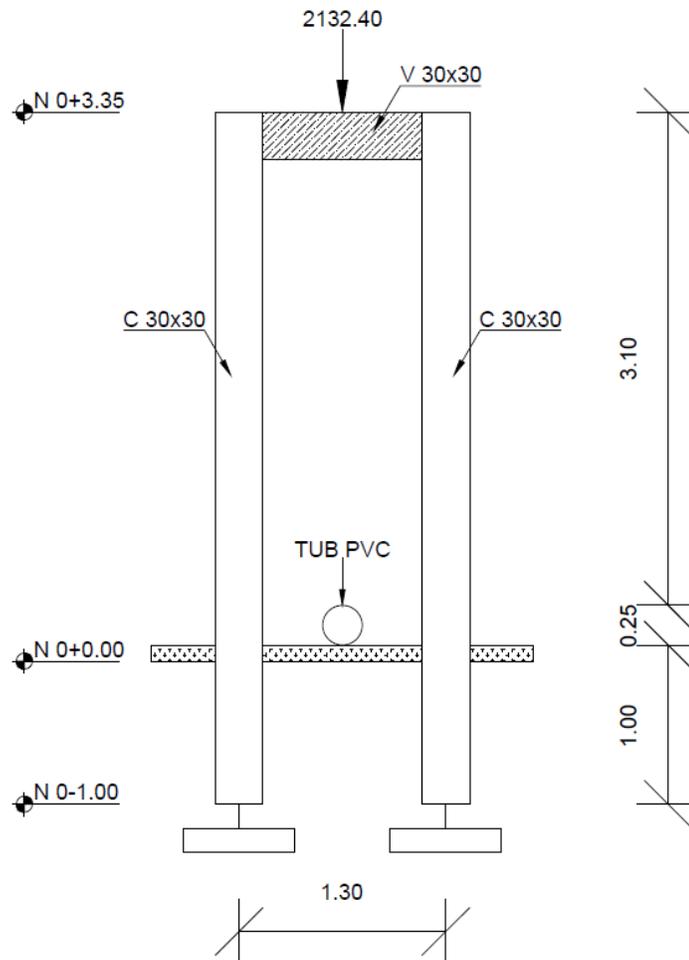
*Datos y parámetros para el diseño de la péndola*

<b>Parámetro</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
Diámetro	9.5	mm
Área de cable	0.71	cm <sup>2</sup>
Peso por ml	0.37	kg/m
Factor de seguridad	3	
Resistencia a ruptura	6700	kg
Área de cable asumido	0.71	cm <sup>2</sup>
Esfuerzo	9452.30	kg/cm <sup>2</sup>
Esfuerzo factorizado	3150.77	kg/cm <sup>2</sup>
Área de cálculo	0.08	cm <sup>2</sup>
Área de cálculo < Área de cable asumido	0.08 < 0.71	OK

Con la verificación del diámetro, entonces se toma como diseño el diámetro asumido de  $\frac{3}{8}$ " (9.50 mm).

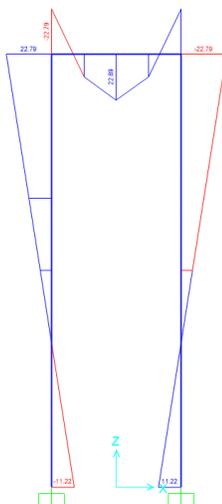
### **Cálculo y diseño de la torre**

Las torres se diseñaron en hormigón armado, las mismas que para el análisis estructural, se considera empotrada en la base con dimensiones, secciones y cargas previamente planteadas.

**Figura 25***Vista en elevación de la torre del puente*

Con la ayuda del software SAP 2000 se realizó el modelamiento de la torre para obtener reacciones, diagrama de cortantes y momentos, de tal manera que se pueda realizar el diseño.

**Figura 26***Modelamiento de la torre en SAP 2000*



Para el diseño del armado, los cálculos se realizaron en hojas electrónicas de Excel, mediante la teoría de última resistencia considerando las normas vigentes en el país. Los resultados procesados por el software, se ingresaron en la hoja electrónica, obteniendo el diseño final de cuantías y acero de refuerzo como se presenta en las siguientes tablas:

#### ***Diseño de viga de la torre***

**Tabla 44**

*Diseño a flexión (viga de la torre)*

Ubicación	As Calculado	As min	Armado	As Diseño
	[cm <sup>2</sup> ]	[cm <sup>2</sup> ]	-	[cm <sup>2</sup> ]
Superior	0.73	2.525	3 $\phi$ 12mm	3.393
Inferior	0.53	2.525	3 $\phi$ 12mm	3.393

**Tabla 45**

*Diseño a corte (viga de la torre)*

Av	Armado	Av Diseño
[cm <sup>2</sup> ]	-	[cm <sup>2</sup> ]
1.57	1 est $\phi$ 10mm @10cm	1.57

**Tabla 46***Espaciamiento del diseño a corte (viga de la torre)*

<b>Zona</b>	<b>Espaciamiento S</b>	<b>Longitud Lo</b>
	[cm]	[cm]
Confinada	10	60
No confinada	10	-

***Diseño de la columna de la torre*****Tabla 47***Diseño a flexión (columna de la torre)*

<b>As Calculado</b>	<b>Armado</b>	<b>As Diseño</b>
[cm <sup>2</sup> ]	-	[cm <sup>2</sup> ]
9.00	8 $\phi$ 12mm	9.05

**Tabla 48***Diseño a corte (columna de la torre)*

<b>Av</b>	<b>Armado</b>	<b>Av Diseño</b>
[cm <sup>2</sup> ]	-	[cm <sup>2</sup> ]
1.57	1est $\phi$ 10mm @10cm	1.57

**Tabla 49***Espaciamiento del diseño a corte (columna de la torre)*

<b>Zona</b>	<b>Espaciamiento S</b>	<b>Longitud Lo</b>
	[cm]	[cm]
Confinada	10	65.00
No confinada	10	-

### Diseño de la zapata de la torre

Para el diseño de la zapata de la torre se ha considerado de tipo combinada por el espacio donde se ubica la tubería de PVC. A continuación, se presenta el diseño:

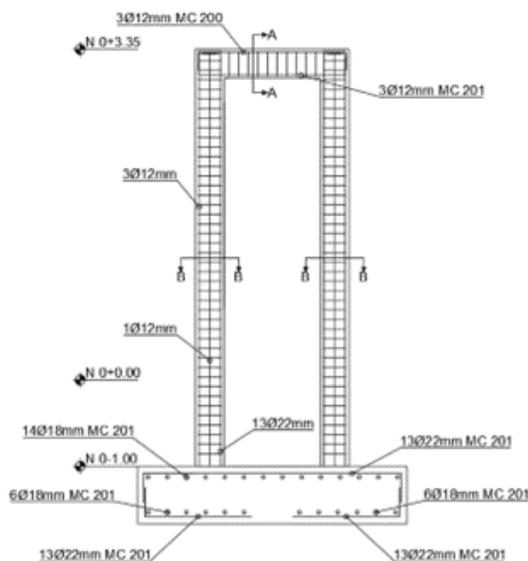
**Tabla 50**

*Diseño de zapata*

Sentido	Ubicación	As calculado	Armado	As Diseño	Espaciamiento
-	-	[cm <sup>2</sup> ]	-	[cm <sup>2</sup> ]	[cm]
Longitudinal	Superior	48.51	13 $\phi$ 22	49.42	15
Longitudinal	Inferior izquierda	48.51	13 $\phi$ 22	49.42	15
Longitudinal	Inferior derecha	48.51	13 $\phi$ 22	49.42	15
Transversal	Superior	10.80	1 $\phi$ 18	-	20
Transversal	Inferior izquierda	14.44	6 $\phi$ 20	15.268	20
Transversal	Inferior derecha	14.44	6 $\phi$ 20	15.268	20

**Figura 27**

*Armado de la torre*



### Presupuesto referencial

Para la elaboración del presupuesto general del rediseño de la línea de conducción desde la vertiente de Cotogchoa hasta el tanque de Albornoz en el cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha, ha sido calculado considerando costos estimados referentes a la planificación y construcción del proyecto que tiene por fin ser una infraestructura eficiente y segura para el abastecimiento de agua en el cantón.

En el presupuesto referencial que se presenta a nivel de prefactibilidad, se tomó en cuenta costos administrativos, cantidades de obra, suministros de materiales, mano de obra, así como el equipo y maquinaria necesarios para cada etapa de la construcción del rediseño. El desglose detallado del presupuesto se ha calculado mediante información del Servicio Nacional de Contratación Pública (SERCOP) y Cámara de la Industria de la Construcción (CAMICON).

**Tabla 51**

*Presupuesto referencial de línea de conducción*

N°	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Replanteo y nivelación	m2	5391.20	\$3.45	\$18 576.06
2	Limpieza de terreno, incluye desbroce de maleza	m2	5391.20	\$1.25	\$6 723.90
3	Excavación para conformación de zanja	m3	6700.00	\$4.85	\$32 479.74
4	Relleno de zanjas (incluye recubrimiento total de tubería con arena e=10cm)	m3	189.17	\$11.56	\$2 186.43
5	Tubería Diámetro 250 mm	m	5391.20	\$67.33	\$362 980.25

N°	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
<b>Caja de válvulas de desagüe</b>					
6	Hormigón f'c=210Kg/cm2 incluye encofrado	m3	2.00	\$158.55	\$317.10
7	Tapa metálica 0.7 m x 0.7 m	u	5.00	\$21.42	\$107.09
<b>Accesorios de válvulas de desagüe</b>					
8	Adaptador de PVC-HG 10"x250MM	u	10.00	\$15.53	\$155.25
9	Tramo corto PVC-R 10"; L=0.80M	u	10.00	\$36.71	\$367.08
10	Tee HG 10"	u	5.00	\$17.25	\$86.25
11	Tramo corto PVC-R; L=0.10M	u	5.00	\$4.60	\$23.00
12	Universal HG 10"	u	10.00	\$21.65	\$216.55
13	Tramo corto PVC-R 10"; L=0.15M	u	10.00	\$6.90	\$69.00
14	Válvula de compuerta 10"	u	5.00	\$1 785.92	\$8 929.58
15	Tapón HG 10"	u	5.00	\$6.33	\$31.63
<b>Caja de válvulas de aire</b>					
16	Tapa metálica 0.7 m x 0.7 m  Accesorios de válvula de aire	u	5.00	\$21.42	\$107.09
17	Collar de derivación 250MM	u	5.00	\$265.19	\$1 325.95

N°	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
18	Tramo corto HG 10"; L=0.35M	u	5.00	\$42.34	\$211.72
19	Tee simple HG	u	5.00	\$804.90	\$4 024.48
20	Tramo corto HG 1/2"; L=0.10M	u	10.00	\$12.10	\$120.98
21	Válvula de aire doble acción 1"	u	5.00	\$1 954.99	\$9 774.94
				<b>Total</b>	<b>\$449 334.72</b>

**Tabla 52**

*Presupuesto referencial paso elevado 26 m*

N°	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
1	Limpieza de terreno, incluye desbroce de maleza	m2	13.45	\$1.25	\$16.77
2	Replanteo y nivelación	m2	13.45	\$3.45	\$46.34
3	Excavación para cimentación	m3	13.98	\$11.37	\$158.95
4	Hormigón f'c=210Kg/cm2 incluido encofrado	m3	7.8	\$158.55	\$1 236.70
5	Hormigón ciclópeo	m3	4	\$104.77	\$419.09
6	Acero de refuerzo	kg	3028.26	\$1.62	\$4 896.58
<b>Super estructura</b>					
7	Cable tirante 1/2"	m	45	\$18.00	\$809.89

N°	Rubro	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Precio total
8	Cable de suspensión 3/8"	m	17.7	\$11.79	\$208.64
9	Guarda cable para $\emptyset$ 3/8"	u	12	\$2.16	\$25.94
10	Mordazas para $\emptyset$ 3/8"	u	48	\$0.84	\$40.30
11	Mordaza modificada para $\emptyset$ = (acero) 1/2"	u	12	\$1.76	\$21.16
12	Guarda cable para $\emptyset$ = (acero) 1/2"	u	2	\$2.92	\$5.84
13	Mordazas para $\emptyset$ = (acero) 1/2"	u	8	\$1.68	\$13.43
14	Tensor de $\emptyset$ = 7/8" (acero)	u	1	\$2.53	\$2.53
15	Candado de bronce o cobre	u	1	\$15.70	\$15.70
16	Cadena de acero L=1.0 m	u	1	\$4.51	\$4.51
				<b>Total</b>	<b>\$7 922.36</b>

El valor total del presupuesto para la construcción de la línea de condición con su paso elevado se estima un monto aproximado de **\$457 257.08** dólares, donde se ha considerado un porcentaje del 15% de costos indirectos.

## Conclusiones

- Una vez realizada la evaluación del sistema existente se pudo verificar que este tiene aproximadamente 50 años de servicio, lo cual indica que ya cumplió con su vida útil, ya que de acuerdo a la norma de diseño de sistemas de agua y líneas de conducción de la Senagua (2010), el periodo de diseño se encuentra en el rango de 20 a 30 años para tubería de asbesto cemento.
- El sistema actual presenta el 60% de la infraestructura medianamente funcional, además, la captación tiene un estado de deterioro en las paredes y tumbado, debido a la falta de mantenimiento, de igual forma el tanque de carga de la captación presenta fugas.
- Con la evaluación realizada se determinó que la tubería del sistema actual tiene una longitud estimada de 3401.81 metros, de los cuales 21.75 metros son de PVC de 200 mm de diámetro y el resto es de asbesto cemento, con un diámetro de 315 mm. Además, el 80.31% de la longitud atraviesa por propiedades privadas tanto industriales como residenciales, en 11 tramos a lo largo del trayecto de conducción dificultando el acceso a reparaciones y mantenimiento de la misma, ya que de acuerdo a la normativa de diseño las líneas de conducción no pueden cruzar propiedad privada.
- Dentro de la información recopilada con la realización de los aforos mediante los métodos relación sección-velocidad y vertederos de pared delgada en V, se determinó que el caudal de la captación es de 26.17 lt/seg y en el tanque de reserva es de 22.22 lt/seg, es decir, que se da una disminución del 15 % del caudal de salida, debido a que existen pérdidas y un bypass de la línea de conducción.
- Para determinar la calidad del agua se tomó muestras en campo en la vertiente de Cotogchoa, los cuales fueron enviados a un laboratorio acreditado para realizar

análisis físicos, químicos y microbiológicos; de los cuales se analizaron 11 parámetros donde todos se encuentran dentro de los límites permisibles de acuerdo a la norma INEN 1108, por lo cual el tratamiento recomendado es únicamente la cloración.

- Se realizó el levantamiento topográfico mediante estación total y su posterior georreferenciación con los equipos Trimble R8 GNSS, con el fin de realizar un nuevo trazado para la línea de conducción obteniendo un plano planimétrico con precisión y detalle, donde consta información de calles y sistemas de tuberías existentes.
- Además, se logró obtener las curvas de nivel de toda la zona de estudio que permitió un adecuado análisis del terreno a través de perfiles longitudinales estableciendo una diferencia de nivel entre la captación y el tanque de 6.71 metros, toda la información fue procesada y depurada mediante el software AutoCAD Civil 3D.
- Se realizó el diseño hidráulico mediante el uso de hojas electrónicas de Excel del sistema actual; donde se pudo evidenciar que en los primeros 40 metros de la salida de la conducción las presiones son críticas por debajo del límite permitido, en los siguientes 500 metros no alcanzan una presión óptima lo que evidencia que la tubería trabaja parcialmente llena. La velocidad durante todo el trayecto es mínima, hasta los 640 m de longitud, donde existe un bypass, disminuyendo la velocidad a 0.287 m/seg, por ende, se confirma la información obtenida del guarda tanques de que se tarda en llegar al tanque de reserva, por lo tanto, durante una reparación o mantenimiento se ve comprometido el abastecimiento de agua a la comunidad.
- Se trazó y propuso una alternativa que implica adaptarse a la infraestructura vial existente, debido a que se encuentra en una zona poblada y en desarrollo. El caudal de diseño (Qmd) es de 29.51 lt/seg para una población futura de 4400 habitantes, el

diámetro de tubería de PVC es de 250 mm, con una velocidad de 0.65 m/seg y presiones que cumplen con las normas de diseño a lo largo de la línea de conducción.

- Se elaboró un presupuesto referencial en base al diseño realizado, obteniendo un costo total de USD 457 257.08, conformado por: línea de conducción USD 449 334.72 y paso elevado USD 7 922.36. Se ha considerado un porcentaje de costo indirecto del 15%. Todo este análisis de costo se realizó en base a las cantidades y detalles establecidos en los planos elaborados para la construcción.

### **Recomendaciones**

- Se recomienda realizar el mantenimiento de las instalaciones de la captación, además de un análisis y estudio posterior de una nueva infraestructura en la vertiente de Cotogchoa con tecnología actual que permita mejorar la eficiencia y calidad del sistema de abastecimiento.
- Para la captación y el tanque de reserva se recomienda implementar sistemas de control volumétrico para monitorear el caudal de salida y llegada de manera constante y establecer el correcto funcionamiento del sistema. Además de implementar un sistema de cloración óptimo que permita dosificar acorde a estudios y pruebas.
- Se debe analizar las demás fuentes de abastecimiento del sistema de Sangolquí para población futura y poder conocer su capacidad real de distribución.

## Bibliografía

Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador. (2008). *Constitución de la República del*

*Ecuador*. Obtenido de

[https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion\\_de\\_bolsillo.pdf](https://www.asambleanacional.gob.ec/sites/default/files/documents/old/constitucion_de_bolsillo.pdf)

Ecuador. GADMUR. (2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, Cantón Rumiñahui*

*20212-2025. Actualización 2020-2025*. Obtenido de <http://bit.ly/PDYOT-Ruminahui2020-2025>

Fundacion Aquae. (04 de 06 de 2017). Obtenido de <https://www.fundacionaquae.org/cuanta-agua-en-la-tierra/>

GADMUR. (2014). Recuperado de Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial Cantón Rumiñahui2012 – 2025. Actualización 2014 – 2019.

INEN 1108. (19 de 08 de 2011). Obtenido de <http://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf>

INEN. (2014). NTE INEN 1108: AGUA POTABLE. REQUISITOS. Ecuador. Obtenido de <https://www.pudeleco.com/files/a16057d.pdf>

Jiménez Delgado, D. (2007). Diseño estructural de paso elevado de variante de la línea de conducción de plan maestro de agua potable de la ciudad de Loja en la quebrada Chirimoyo. Loja, Ecuador.

Jiménez Terán, J. (12 de 09 de 2012). *Universidad Veracruzana*. Obtenido de

<https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>

Krochin, S. (1978). *Diseño Hidráulico*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

Ministerio del Ambiente. (s.f.). Acuerdo Ministerial 097-A. Ecuador. Obtenido de

[https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento\\_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015\\_0.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf)

- Orellana, J. (15 de 04 de 2005). *Universidad Tecnológica Nacional*. Obtenido de [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing\\_sanitaria/Ingenieria\\_Sanitaria\\_A4\\_Capitulo\\_07\\_Conduccion\\_de\\_las\\_Aguas.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/ing_sanitaria/Ingenieria_Sanitaria_A4_Capitulo_07_Conduccion_de_las_Aguas.pdf)
- Organización Mundial de la Salud. (2018). *Guías para la calidad del agua de consumo humano: cuarta edición que incorpora la primera adenda*. Obtenido de Organización Mundial de la Salud.: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/272403>
- Organización Panamericana de la Salud. (17 de Diciembre de 2021). Situación del marco para la seguridad del agua de consumo humano en América Latina y el Caribe. Washington, D.C. doi:<https://doi.org/10.37774/9789275324554>
- Pérez, L. (12 de 09 de 2018). *Sswm*. Obtenido de [https://sswm.info/sites/default/files/reference\\_attachments/SAGARPA%20s.f.%20L%C3%ADneas%20de%20Conduccion%20por%20gravedad..pdf](https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/SAGARPA%20s.f.%20L%C3%ADneas%20de%20Conduccion%20por%20gravedad..pdf)
- Plastigama. (2007). Tuberías y accesorios para presión. Ecuador.
- Pradillo, B. (12 de 09 de 2016). Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/beatriz-pradillo/parametros-control-agua-potable>
- Rocha, A. (22 de 07 de 2003). Obtenido de [https://www.imefen.uni.edu.pe/Temas\\_interes/ROCHA/La\\_bocatoma.PDF](https://www.imefen.uni.edu.pe/Temas_interes/ROCHA/La_bocatoma.PDF)
- Secretaría del Agua. (s.f.). *CO 10.07 - 601*. Obtenido de NORMAS PARA ESTUDIO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y DISPOSICIÓN DE AGUAS RESIDUALES PARA POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES:  
<https://www.bing.com/ck/a?!&&p=295a3bd3bd6be0cbJmItdHM9MTY3MjI3MjAwMCZpZ3VpZD0wMGE2ZWnkMC1mZjQ1LTY4ZDIiMTcxYS1mZTk2ZmVIMjY5NjYmaW5zaWQ9NTE1OQ&ptn=3&hsh=3&fclid=00a6ecd0-ff45-68d2-171a-fe96fee26966&psq=s+NORMAS+PARA+ESTUDIO+Y+DISE%c3%91O+DE+SISTEMAS+DE+AGU>

SENAGUA. (2014). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.

SENAGUA. (25 de 09 de 2016). *NORMATIVA ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA*

*POBLACIONES MAYORES A 1000 HABITANTES*. Obtenido de

<https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/norma-co-10-7-602-poblacion-mayor-a-1000-habitantes.pdf>

## **Apéndices**

Apéndice A. Mapa político del cantón Rumiñahui

Apéndice B. Mapa de ubicación del proyecto

Apéndice C. Plano topográfico

Apéndice D. Perfil de la línea actual de conducción

Apéndice E. Plano de planimetría de línea de conducción rediseño

Apéndice F. Plano de perfiles longitudinales y secciones transversales del rediseño

Apéndice G. Plano de paso elevado

Apéndice H. Informe de resultados de análisis microbiológico

Apéndice I. Informe de resultados de análisis físico-químico

Apéndice J. Resultados del ensayo de contenido de humedad

Apéndice K. Resultados del ensayo de granulometría

Apéndice L. Resultados del ensayo de límites de consistencia