



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO COMBINADO Y  
TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS, EN LAS COMUNIDADES: LAS JUNTAS,  
ESPEJO 2 Y GUALCHÁN, PARROQUIA EL GOALTAL, CANTÓN ESPEJO,  
PROVINCIA DE CARCHI**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniero e Ingeniera Civil

AUTORES: Richard Andrés Meneses Suárez

Erika Liliana Yupa Majín

TUTORA: María Gabriela Soria Pugo

Quito - Ecuador  
2023

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Nosotros, Richard Andrés Meneses Suárez con documento de identificación N° 0401794235 y Erika Liliana Yupa Majín con documento de identificación N° 1724703861; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 24 de marzo del 2023

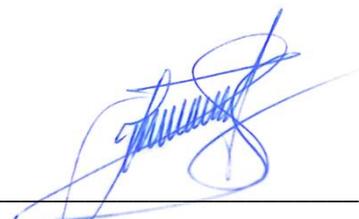
Atentamente,



---

Richard Andrés Meneses Suárez

0401794235



---

Erika Liliana Yupa Majín

1724703861

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Richard Andrés Meneses Suárez con documento de identificación N° 0401794235 y Erika Liliana Yupa Majín con documento de identificación N° 1724703861; expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Rediseño del Sistema de Alcantarillado combinado y tratamiento de Aguas servidas, en las Comunidades: Las Juntas, Espejo 2 y Gualchán, Parroquia el Goaltal, Cantón Espejo, Provincia de Carchi”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Civiles, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 24 de marzo del 2023

Atentamente,



---

Richard Andrés Meneses Suárez

0401794235



---

Erika Liliana Yupa Majín

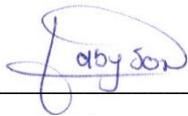
1724703861

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, María Gabriela Soria Pugo con documento de identificación N° 1803981214, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: REDISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO COMBINADO Y TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS, EN LAS COMUNIDADES: LAS JUNTAS, ESPEJO 2 Y GUALCHÁN, PARROQUIA EL GOALTAL, CANTÓN ESPEJO, PROVINCIA DE CARCHI, realizado por Richard Andrés Meneses Suárez con documento de identificación N° 0401794235 y Erika Liliana Yupa Majín con documento de identificación N° 1724703861, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción de Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 24 de marzo del 2023

Atentamente,



---

Ing. María Gabriela Soria Pugo, M.Sc.

1803981214

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este trabajo a Dios por no dejado solo y darme la voluntad necesaria para haber podido culminar este logro en mi vida. Haberme brindado sabiduría, salud, y cuidarme cada día. A mis padres por su amor y siempre haber estado ahí para mí, a pesar de las adversidades que pasamos, su apoyo y comprensión fueron de gran impulso para llegar a este logro. A la Ing. Martha María a quien con cariño le conocemos como Cubanita por sus enseñanzas y compartir sus conocimientos y consejo, que fueron de gran ayuda en mi formación académica. A mi hermano por siempre haber estado ahí para ayudarme en todo momento.

*Andrés Meneses*

## AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mis padres Sr. Rodrigo Meneses y Sra. Rosa Inés Suárez Reina, por haberme dado todo su apoyo en este largo camino que me lleva a poder culminar esta meta en mi formación académica como Ingeniero Civil. Gracias a mi madre y a mi padre por no haberme dejado solo cuando mas lo necesite, por haber confiado en que podría lograrlo, gracias a su apoyo hoy veo culminar mis estudios en la carrera. Traerles esa satisfacción y llenarlos de orgullo es la manera en la primera manera en la cual yo les puedo decir gracias amados padres. Gracias por los consejos, por la recomendación, y volviendo a recalcar su apoyo y comprensión. Fue gracias a eso que, aun cuando me quería dar por vencido, recordaba sus palabras y su esfuerzo para decirme a mi mismo que no tenia permitida fallarles.

En mi mente esta presente otra persona que es muy importante para mí, esa persona es mi abuelito José Antonio Herminio Meneses, a quien agradezco enormemente los consejos que solía darme, el apoyo incondicional y cariño fraterno que brindaba. El deseaba verme graduado, pero me consuela saber que logre esta meta y él puede verme desde el cielo como su nieto ahora es un profesional.

Quiero agradecer a mi amigo Cristian Paredes, por ser una pieza fundamental en este camino, siempre brindándome su apoyo en ciertos momentos de dificultad, gracias por ser un verdadero amigo, siempre estar ahí cuando lo he necesitado.

Quiero agradecer a mi compañera de este proyecto Erika Yupa, por ser una gran amiga en todo este proceso. Con ella iniciamos juntos esta carrera y la terminamos juntos, te agradezco la paciencia y perseverancia, dedicación y apoyo que me brindas cada día.

Quiero agradecer a Srta. Mirtha Álvarez, por ser una de las personas más importantes presentes en mi vida desde mi llegada a la ciudad de Quito, gracias por su apoyo incondicional consejos y por ser unos de los pilares fundamentales en mi vida.

*Andrés Meneses*

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar este proyecto en primer lugar a Dios por haberme dado la fortaleza para seguir, por haberme dado salud y paciencia para lograr este propósito

A mis padres Julián Yupa y Rufina Majín por el amor que siempre me han demostrado en todas las formas posibles, por siempre apoyarme con su experiencia, sabiduría y enseñarme a tomar buenas decisiones, por ser un ejemplo a seguir y formarme como una buena hija y buena mujer.

A mis hermanos Luis Fernando y Christian Fabricio por tanto cariño y apoyo en todo este proceso, porque me han enseñado que todo se puede lograr con esfuerzo, sacrificio y dedicación.

*Erika Yupa*

## AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por mantenerme siempre en el camino correcto, por siempre mantenerme con salud y la de mi familia, a mi madre por el acompañamiento en las noches y las madrugadas de estudio, por las palabras de aliento a no desfallecer. Gracias

A Cristhian por enseñarme el cómo funcionan las cosas realmente importantes, por llenar mi vida de alegría y estar conmigo siempre desde el día uno, por querer hacerme cada día mejor y sobre todo por siempre contar contigo en las buenas y las malas, gracias por esas palabras de aliento justo en el momento adecuado, lo logramos.

A mi amigo Andrés, compañero de proyecto de titulación, por estar en todo este proceso desde el inicio y hasta el final, por compartir muchas alegrías, tristezas y toda la experiencia que nos queda al culminar esta etapa.

Agradecer de igual manera la Ing. Gabriela Soria por la excelente guía y orientación para la elaboración de este proyecto, al Ing. Andrés Heredia por estar siempre pendiente de nosotros con los tiempos de entrega, documentos y más. Así mismo agradezco a todos los docentes que a lo largo de la carrera me enseñaron tanto de manera académica, personal y de su experiencia, siempre impulsándome a seguir adelante.

*Erika Yupa*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

|  |          |
|--|----------|
| <b>CAPÍTULO I.....</b>                             | <b>1</b> |
| <b>ANTECEDENTES Y GENERALIDADES .....</b>          | <b>1</b> |
| 1.1. Introducción.....                             | 1        |
| 1.2. Planteamiento del Problema .....              | 2        |
| 1.2.1. Antecedentes .....                          | 2        |
| 1.2.2. Importancia y alcance .....                 | 3        |
| 1.2.3. Delimitación.....                           | 4        |
| 1.3. Justificación.....                            | 4        |
| 1.4. Objetivos .....                               | 6        |
| 1.4.1. Objetivo General .....                      | 6        |
| 1.4.2. Objetivos Específicos.....                  | 6        |
| <b>CAPÍTULO II.....</b>                            | <b>8</b> |
| <b>DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO.....</b>      | <b>8</b> |
| 2.1. Aspectos generales.....                       | 8        |
| 2.1.1. Ubicación del proyecto .....                | 8        |
| 2.1.2. Coordenadas georreferenciadas .....         | 9        |
| 2.1.3. Límites .....                               | 9        |
| 2.1.4. Área del estudio.....                       | 9        |
| 2.2. Aspectos físicos.....                         | 12       |
| 2.2.1. Tipo de suelo .....                         | 12       |
| 2.2.2. Uso de suelo .....                          | 13       |
| 2.2.3. Distribución general del tipo de suelo..... | 14       |
| 2.2.4. Topografía y relieve .....                  | 16       |

|  |           |
|--|-----------|
| 2.3. Aspectos Naturales .....                                  | 17        |
| 2.3.1. Climatología.....                                       | 17        |
| 2.3.2. Hidrografía .....                                       | 18        |
| 2.3.3. Geología .....  | 19        |
| 2.3.4. Riesgo Volcánico .....                                  | 20        |
| 2.3.5. Riesgo sísmico .....                                    | 21        |
| 2.4. Descripción de la situación actual .....                  | 22        |
| 2.4.1. Población.....  | 22        |
| 2.4.2. Educación.....  | 24        |
| 2.4.3. Salud.....  | 25        |
| 2.5. Aspecto Socio-Económico.....                              | 25        |
| 2.5.1. Infraestructura y servicios .....                       | 26        |
| 2.6. Diagnóstico del sistema de alcantarillado existente ..... | 28        |
| <b>CAPÍTULO III.....</b>                                       | <b>30</b> |
| <b>MARCO TEÓRICO .....</b>                                     | <b>30</b> |
| 3.1. Sistema de alcantarillado .....                           | 30        |
| 3.1.1. Partes de un sistema de alcantarillado.....             | 30        |
| 3.1.2. Clasificación de conductos de un alcantarillado .....   | 31        |
| 3.2. Tipos de alcantarillado .....                             | 31        |
| 3.2.1. Alcantarillado Sanitario .....                          | 31        |
| 3.2.2. Alcantarillado Pluvial.....                             | 32        |
| 3.2.3. Alcantarillado combinado .....                          | 32        |
| 3.3. Fundamentos Hidráulicos .....                             | 32        |
| 3.3.1. Velocidad flujo en tubería.....                         | 32        |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.3.2. Método de Newton – Raphson.....             | 33        |
| 3.3.3. Coeficiente de rugosidad.....               | 34        |
| 3.3.4. Sección óptima.....                         | 36        |
| 3.4. El tratamiento de aguas residuales.....       | 36        |
| 3.5. Evaluación de aguas residuales.....           | 39        |
| 3.5.1. Materia orgánica.....                       | 39        |
| 3.5.2. Sólidos en suspensión.....                  | 40        |
| 3.5.3. Fosforo y nitrógeno.....                    | 40        |
| 3.5.4. Otros contaminantes.....                    | 41        |
| 3.6. Tipos de tratamiento.....                     | 42        |
| 3.6.1. Tratamiento Preliminar.....                 | 42        |
| 3.6.2. Tratamiento Primario.....                   | 42        |
| 3.6.3. Tratamiento Secundario.....                 | 43        |
| <b>CAPÍTULO IV.....</b>                            | <b>45</b> |
| <b>METODOLOGÍA.....</b>                            | <b>45</b> |
| 4.1. Definición de metodología.....                | 45        |
| 4.2. Enfoque.....                                  | 45        |
| 4.3. Tipos de investigación.....                   | 46        |
| 4.4. Técnicas o instrumentos de investigación..... | 46        |
| 4.5. Procedimiento.....                            | 47        |
| 4.6. Materiales.....                               | 48        |
| <b>CAPÍTULO V.....</b>                             | <b>50</b> |
| <b>BASES DE DISEÑO.....</b>                        | <b>50</b> |
| 5.1. Parámetros de diseño.....                     | 50        |

|   |    |
|---|----|
| 5.2. Período de diseño .....                                  | 50 |
| 5.3. Población de diseño .....                                | 51 |
| 5.4. Población actual .....                                   | 51 |
| 5.5. Tasa de crecimiento anual.....                           | 51 |
| 5.6. Población futura .....                                   | 52 |
| 5.7. Método aritmético .....                                  | 53 |
| 5.8. Método Geométrico .....                                  | 57 |
| 5.9. Método de zonificación o densidades .....                | 64 |
| 5.10. Resumen de proyecciones poblacionales.....              | 67 |
| 5.11. Densidad poblacional.....                               | 69 |
| 5.12. Densidad poblacional actual .....                       | 70 |
| 5.13. Densidad poblacional futura .....                       | 71 |
| 5.14. Dotación de agua potable.....                           | 71 |
| 5.15. Trazado de la red de alcantarillado .....               | 73 |
| 5.16. Áreas de aportación.....                                | 73 |
| 5.17. Análisis de caudales .....                              | 77 |
| 5.17.1. Caudal de aguas residuales.....                       | 77 |
| 5.17.2. Caudal residual doméstico .....                       | 78 |
| 5.17.3. Coeficiente de retorno (R).....                       | 78 |
| 5.17.4. Caudal institucional.....                             | 79 |
| 5.17.5. Caudal de Infiltración.....                           | 80 |
| 5.17.6. Caudal Conexiones erradas .....                       | 81 |
| 5.18. Caudal medio diario de aguas residuales .....           | 81 |
| 5.19. Caudal máximo horario de aguas residuales.....          | 82 |
| 5.20. Coeficiente de mayoración y minoración de caudales..... | 82 |

|  |           |
|--|-----------|
| 5.21. Caudal pluvial .....   | 83        |
| 5.21.1. Período de retorno .....                                   | 84        |
| 5.21.2. Coeficiente de escorrentía (C).....                        | 85        |
| 5.21.3. Intensidad de lluvia (I) .....                             | 86        |
| 5.21.4. Tiempo de concentración .....                              | 87        |
| 5.21.5. Área de drenaje.....                                       | 88        |
| 5.22. Caudal de diseño .....                                       | 88        |
| 5.22.1. Diámetro Interno Mínimo .....                              | 88        |
| 5.22.2. Material .....   | 88        |
| 5.22.3. Velocidad y pendiente mínima.....                          | 89        |
| 5.22.4. Velocidad y pendiente máxima. ....                         | 89        |
| 5.22.5. Profundidad hidráulica máxima. ....                        | 89        |
| 5.22.6. Profundidad mínima a la cota clave. ....                   | 89        |
| 5.22.7. Profundidad máxima a la cota clave. ....                   | 90        |
| <b>CAPÍTULO VI .....</b>   | <b>91</b> |
| <b>CÁLCULOS Y DISEÑOS.....</b>                                     | <b>91</b> |
| 6.1. Diseño del sistema de alcantarillado combinado .....          | 91        |
| 6.2. Ejemplo de cálculo.....                                       | 91        |
| 6.2.1. Caudales .....  | 91        |
| 6.2.2. Pendientes .....  | 94        |
| 6.2.3. Velocidades y caudales en condiciones de tubería llena..... | 94        |
| 6.2.4. Tubería circular parcialmente llena.....                    | 95        |
| 6.2.5. Velocidades mínimas y máximas reales del sistema .....      | 98        |
| 6.2.6. Relaciones Hidráulicas.....                                 | 98        |

|   |            |
|---|------------|
| 6.3. Criterios y parámetros hidráulicos de diseño.....                      | 100        |
| 6.3.1. Diámetro Interno Mínimo y material .....                             | 100        |
| 6.3.2. Caudales de diseño.....  | 101        |
| 6.3.3. Velocidad y pendiente mínima.....                                    | 103        |
| 6.3.4. Velocidad y pendiente máxima.....                                    | 105        |
| 6.3.5. Estado de flujo.....   | 107        |
| 6.3.6. Análisis de flujo a sección llena.....                               | 109        |
| 6.3.7. Análisis de flujo a sección parcialmente llena. ....                 | 111        |
| 6.3.8. Relaciones hidráulicas en conductos circulares.....                  | 112        |
| 6.4. Análisis comparativo con el programa Sewer- Cad.....                   | 117        |
| 6.4.1. Datos de la comunidad de Gualchán obtenidos mediante SewerCAD .....  | 118        |
| 6.4.2. Datos de la comunidad de Las Juntas obtenidos mediante SewerCAD..... | 121        |
| 6.4.3. Cuadro comparativo entre los resultados del Excel y el SewerCAD..... | 126        |
| 6.5. Diseño hidráulico de estructuras complementarias.....                  | 127        |
| 6.5.1. Pozos de Caída .....   | 127        |
| 6.5.2. Sucesión de colchones en forma de escalera.....                      | 132        |
| 6.5.3. Rápida con bloques disipadores.....                                  | 134        |
| 6.5.4. Rápida con disipador de impacto .....                                | 135        |
| 6.6. Separador de caudales.....   | 138        |
| 6.7. Parámetros de diseño .....   | 138        |
| 6.8. Método de cálculo.....   | 140        |
| <b>CAPÍTULO VII.....</b>  | <b>144</b> |
| <b>ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS .....</b>                  | <b>144</b> |
| 7.1. Generalidades.....   | 144        |

|  |            |
|--|------------|
| 7.2. Características de las aguas servidas.....                                  | 145        |
| 7.2.1. Características físicas .....   | 145        |
| 7.2.2. Características químicas.....   | 146        |
| 7.2.3. Características biológicas.....   | 147        |
| 7.3. Normativa Legal .....   | 147        |
| 7.4. Análisis químico del agua.....  | 148        |
| 7.5. Tipos de tratamiento .....  | 152        |
| 7.5.1. Tratamiento Preliminar .....  | 152        |
| 7.5.2. Tratamiento Primario .....  | 152        |
| 7.6. Evaluación de Alternativas de Tratamiento del agua .....                    | 153        |
| 7.7. Selección de la Alternativa de tratamiento del agua.....                    | 153        |
| 7.7.1. Diseño de Fosa Séptica para la comunidad de Espejo 2 .....                | 153        |
| 7.7.2. Diseño de fosa séptica para las comunidades de Gualchán y Las Juntas..... | 163        |
| 7.8. Descarga al cuerpo receptor.....  | 168        |
| 7.9. Planos descriptivos del proyecto.....                                       | 169        |
| 7.10. Discusión.....   | 170        |
| 7.10.1. Tramos de Gualchán .....   | 171        |
| 7.10.2. Tramos de Las Juntas .....   | 172        |
| 7.10.3. Tratamiento .....  | 173        |
| 7.10.4. Mantenimiento .....  | 174        |
| <b>CAPÍTULO VIII.....</b>  | <b>176</b> |
| <b>EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL.....</b>                                      | <b>176</b> |
| 8. Antecedentes .....  | 176        |
| 8.1. Descripción del proyecto .....  | 176        |

|   |            |
|---|------------|
| 8.2. Diagnóstico ambiental del sector .....             | 177        |
| 8.3. Medio Físico .....                                 | 179        |
| 8.4. Medio Biótico .....                                | 179        |
| 8.4.1. Flora .....                                      | 180        |
| 8.4.2. Fauna .....                                      | 180        |
| 8.5. Medio Socio-Económico .....                        | 180        |
| 8.6. Identificación de impactos ambientales .....       | 181        |
| 8.7. Valoración de los impactos ambientales .....       | 182        |
| <b>CAPÍTULO IX .....</b>                                | <b>187</b> |
| <b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....</b>        | <b>187</b> |
| 9.1. Introducción .....                                 | 187        |
| 9.2. Aspectos de organización .....                     | 187        |
| 9.3. Personal para operación y mantenimiento .....      | 188        |
| 9.4. Importancia del mantenimiento .....                | 189        |
| 9.5. Mantenimiento preventivo .....                     | 190        |
| 9.5.1. Obstrucciones .....                              | 190        |
| 9.5.2. Pérdida de capacidad .....                       | 191        |
| 9.5.3. Roturas .....                                    | 192        |
| 9.5.4. Vandalismo .....                                 | 193        |
| 9.5.5. Limpieza de la trampa de grasas .....            | 194        |
| 9.5.6. Limpieza de los tanques sépticos .....           | 194        |
| 9.5.7. Limpieza a los colectores .....                  | 196        |
| 9.5.8. Limpieza de los dispositivos de inspección ..... | 197        |
| 9.6. Mantenimiento correctivo .....                     | 198        |

|                                     |            |
|-------------------------------------|------------|
| 9.6.1. Atoros.....                  | 198        |
| 9.6.2. Piques y desatoros .....     | 199        |
| 9.6.3. Reemplazo de colectores..... | 201        |
| <b>CAPÍTULO X.....</b>              | <b>203</b> |
| <b>PRESUPUESTO .....</b>            | <b>203</b> |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>            | <b>205</b> |
| <b>RECOMENDACIONES .....</b>        | <b>207</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>            | <b>208</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                  | <b>213</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1</b> Coordenadas georreferenciadas .....  | 9  |
| <b>Tabla 2</b> Tipos de suelos en la zona y sus características.....                                | 13 |
| <b>Tabla 3</b> Uso actual y tipos de cobertura.....   | 15 |
| <b>Tabla 4</b> Afluentes hídricos Parroquia El Goaltal .....  | 19 |
| <b>Tabla 5</b> Tabla de crecimiento anual del Cantón Espejo.....                                    | 22 |
| <b>Tabla 6</b> Proyección de la poblacional comunidad Gualchán por el método aritmético<br>.....    | 23 |
| <b>Tabla 7</b> Tasa neta de asistencia Educación .....  | 25 |
| <b>Tabla 8</b> Viviendas por conexión del agua.....   | 27 |
| <b>Tabla 9</b> Tabla con diferentes valores de rugosidad para diferentes materiales.....            | 35 |
| <b>Tabla 10</b> Rangos de DQO y DBO5 en ARU .....   | 38 |
| <b>Tabla 11</b> Relación bio-degradabilidad ARU.....  | 38 |
| <b>Tabla 12</b> Contribución de contenido en materia orgánica de un ARU .....                       | 40 |
| <b>Tabla 13</b> Tabla de crecimiento anual del Cantón Espejo.....                                   | 51 |
| <b>Tabla 14</b> Proyección de la poblacional comunidad Gualchán por el método aritmético<br>.....   | 54 |
| <b>Tabla 15</b> Proyección de la poblacional comunidad Espejo 2 por el método aritmético<br>.....   | 55 |
| <b>Tabla 16</b> Proyección de la poblacional comunidad Las Juntas por el método<br>aritmético ..... | 56 |
| <b>Tabla 17</b> Proyección de la poblacional comunidad Gualchán por el método<br>geométrico.....    | 58 |
| <b>Tabla 18</b> Proyección de la poblacional comunidad Espejo 2 por el método<br>geométrico.....    | 59 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 19</b> Proyección de la poblacional comunidad Las Juntas por el método geométrico.....          | 60 |
| <b>Tabla 20</b> Análisis comparativo entre los métodos aritmético y geométrico comunidad Gualchán .....  | 61 |
| <b>Tabla 21</b> Análisis comparativo entre los métodos aritmético y geométrico comunidad Espejo 2.....   | 62 |
| <b>Tabla 22</b> Análisis comparativo entre los métodos aritmético y geométrico comunidad Las Juntas..... | 63 |
| <b>Tabla 23</b> Resumen de proyecciones poblacionales de la comunidad Gualchán para el año 2052.....     | 68 |
| <b>Tabla 24</b> Resumen de proyecciones poblacionales de la comunidad Espejo 2 para el año 2052.....     | 68 |
| <b>Tabla 25</b> Resumen de proyecciones poblacionales de la comunidad Las Juntas para el año 2052.....   | 68 |
| <b>Tabla 26</b> Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua. ....                        | 72 |
| <b>Tabla 27</b> Dotación para distintos niveles de servicio.....   | 72 |
| <b>Tabla 28</b> Áreas de Aportación comunidad Las Juntas.....  | 74 |
| <b>Tabla 29</b> Áreas de Aportación comunidad Gualchán .....   | 75 |
| <b>Tabla 30</b> Coeficientes de retorno de aguas servidas domésticas .....                               | 79 |
| <b>Tabla 31</b> Contribución mínima en zonas residenciales.....  | 79 |
| <b>Tabla 32</b> Contribución mínima en zonas residenciales.....  | 80 |
| <b>Tabla 33</b> Aportes máximos por conexiones erradas con sistema pluvial. ....                         | 81 |
| <b>Tabla 34</b> Coeficientes de mayoración y minoración de caudales .....                                | 83 |
| <b>Tabla 35</b> Períodos de retorno para diferentes ocupaciones del área. ....                           | 84 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 36</b> Valores usados para determinar un coeficiente de escorrentía según las características de la superficie. ....           | 85  |
| <b>Tabla 37</b> Diámetros y materiales de los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de gualchán. ....            | 100 |
| <b>Tabla 38</b> Diámetros y materiales de los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Las Juntas. ....          | 101 |
| <b>Tabla 39</b> Caudales generados del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Gualchán. ....                              | 102 |
| <b>Tabla 40</b> Caudales generados del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Las Juntas. ....                            | 103 |
| <b>Tabla 41</b> Velocidad y pendiente mínima en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Gualchán. ....      | 104 |
| <b>Tabla 42</b> Velocidad y pendiente mínima en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Las Juntas. ....    | 105 |
| <b>Tabla 43</b> Velocidad y pendiente máxima en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Gualchán. ....      | 106 |
| <b>Tabla 44</b> Velocidad y pendiente máxima en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Las Juntas. ....    | 107 |
| <b>Tabla 45</b> Estado de flujo en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Gualchán. ....                   | 108 |
| <b>Tabla 46</b> Estado de flujo en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Las Juntas. ....                 | 109 |
| <b>Tabla 47</b> Análisis de flujo a sección llena en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Gualchán. .... | 110 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Tabla 48</b> Análisis de flujo a sección llena en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Las Juntas.....               | 110 |
| <b>Tabla 49</b> Análisis de flujo a sección parcialmente llena en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Gualchán.....    | 111 |
| <b>Tabla 50</b> Análisis de flujo a sección parcialmente llena en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Las Juntas. .... | 112 |
| <b>Tabla 51</b> Relaciones hidráulicas en conductos circulares del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Gualchán. ....                 | 113 |
| <b>Tabla 52</b> Relaciones hidráulicas en conductos circulares del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Las Juntas.....                | 114 |
| <b>Tabla 53</b> Tabla resumen del alcantarillado de Gualchán. ....   | 115 |
| <b>Tabla 54</b> Tabla resumen del alcantarillado de Las Juntas.....  | 116 |
| <b>Tabla 55</b> Cuadro comparativo de los datos de Gualchán.....   | 126 |
| <b>Tabla 56</b> Cuadro comparativo de los datos de Las Juntas .....  | 126 |
| <b>Tabla 57</b> Dimensiones del dissipador de impacto arrojados por el gráfico de W/D. .   | 137 |
| <b>Tabla 58</b> Criterio de calidad de aguas para consumo humano y doméstico que requieren de tratamiento convencional .....                           | 151 |
| <b>Tabla 59</b> Diseño de fosa séptica de Gualchán.....  | 164 |
| <b>Tabla 60</b> Diseño de fosa séptica de Las Juntas. ....   | 165 |
| <b>Tabla 61</b> Comparación directa entre los diferentes tipos de pozos en las comunidades. ....   | 165 |
| <b>Tabla 62</b> Resumen de estructuras de tratamiento en cada comunidad.....   | 168 |
| <b>Tabla 63</b> Presupuesto final del proyecto .....   | 204 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> Mapa de visualización de la Parroquia el Goaltal, Cantón Espejo, Provincia del Carchi ..... | 8  |
| <b>Figura 2</b> Mapa de visualización de la comunidad Gualchán. ....  | 10 |
| <b>Figura 3</b> Mapa de visualización de la comunidad Espejo2.....  | 11 |
| <b>Figura 4</b> <i>Mapa de visualización de la comunidad Las Juntas.</i> ....                               | 11 |
| <b>Figura 5</b> <i>Mapa de suelos Parroquia El Goaltal.</i> ....  | 12 |
| <b>Figura 6</b> <i>Mapa de Cobertura y Uso de Suelos Parroquia El Goaltal.</i> ....                         | 14 |
| <b>Figura 7</b> Levantamiento topográfico altimétrico de la comunidad de Gualchán.....                      | 16 |
| <b>Figura 8</b> Levantamiento topográfico altimétrico de la comunidad de Las Juntas .....                   | 17 |
| <b>Figura 9</b> Mapa de Microcuencas Parroquia El Goaltal.....  | 18 |
| <b>Figura 10</b> Mapa Geológico Parroquia El Goaltal. ....  | 20 |
| <b>Figura 11</b> Mapa para diseño sísmico (NEC-15). ....  | 21 |
| <b>Figura 12</b> Tabla de crecimiento poblacional del Cantón Espejo .....                                   | 23 |
| <b>Figura 13</b> Proyección de la poblacional por el método aritmético .....                                | 24 |
| <b>Figura 15</b> Tabla con diferentes valores de rugosidad para diferentes materiales .....                 | 35 |
| <b>Figura 17</b> Tabla de crecimiento poblacional del Cantón Espejo. ....                                   | 52 |
| <b>Figura 18</b> Proyección de la poblacional por el método aritmético .....                                | 54 |
| <b>Figura 19</b> Proyección de la poblacional por el método aritmético. ....                                | 55 |
| <b>Figura 20</b> Proyección de la poblacional comunidad Las Juntas por el método aritmético. ....           | 56 |
| <b>Figura 21</b> Proyección de la poblacional por el método geométrico. ....                                | 58 |
| <b>Figura 22</b> Proyección de la poblacional por el método geométrico. ....                                | 59 |
| <b>Figura 23</b> Proyección de la poblacional comunidad Las Juntas por el método geométrico.....            | 60 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 24</b> Análisis comparativo entre los métodos aritmético y geométrico<br>comunidad Gualchán. ....  | 61  |
| <b>Figura 25</b> Análisis comparativo entre los métodos aritmético y geométrico<br>comunidad Espejo 2 .....  | 62  |
| <b>Figura 26</b> Análisis comparativo entre los métodos aritmético y geométrico<br>comunidad Las Juntas. ....  | 63  |
| <b>Figura 27</b> Mapa de visualización de la distribución de viviendas y lotes de la<br>comunidad de Gualchán, Cantón Espejo, Provincia del Carchi. .... | 65  |
| <b>Figura 28</b> Mapa de visualización de la distribución de viviendas de la comunidad de<br>Espejo 2, Cantón Espejo, Provincia del Carchi. ....         | 66  |
| <b>Figura 29</b> Mapa de visualización de la distribución de viviendas de la comunidad Las<br>Juntas, Cantón Espejo, Provincia del Carchi. ....          | 67  |
| <b>Figura 30</b> Situación de la vivienda. ....  | 70  |
| <b>Figura 31</b> Área de aportación de Gualchán .....  | 76  |
| <b>Figura 32</b> Área de aportación de Las Juntas .....  | 77  |
| <b>Figura 33</b> Intensidades Máximas de 10 min en un periodo de retorno de 5 años.....  | 86  |
| <b>Figura 34</b> Relaciones Hidráulicas de una Sección Circular.....   | 99  |
| <b>Figura 35</b> Datos para los conductos de Gualchan obtenidos en SewerCAD.....   | 118 |
| <b>Figura 36</b> Datos para los pozos de Gualchan obtenidos en SewerCAD.....   | 118 |
| <b>Figura 37</b> Velocidades en las tuberías de la comunidad de Gualchan mediante<br>SewerCAD. ....  | 119 |
| <b>Figura 38</b> Caudales del flujo en las tuberías de la comunidad de Gualchan mediante<br>SewerCAD. ....   | 119 |
| <b>Figura 39</b> Pendientes en las tuberías de la comunidad de Gualchan mediante<br>SewerCAD. ....   | 120 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 40</b> Datos para los conductos de Las Juntas obtenidos en SewerCAD.....                              | 121 |
| <b>Figura 41</b> Datos para los pozos de Las Juntas obtenidos en SewerCAD. ....                                 | 122 |
| <b>Figura 42</b> Velocidades en las tuberías de la comunidad de Las Juntas mediante SewerCAD. ....              | 123 |
| <b>Figura 43</b> Caudales del flujo en las tuberías de la comunidad de Las Juntas mediante SewerCAD. ....       | 124 |
| <b>Figura 44</b> Pendientes en las tuberías de la comunidad de Las Juntas mediante SewerCAD. ....               | 125 |
| <b>Figura 45</b> Diseño del pozo de Caída Tipo 1. ....  | 128 |
| <b>Figura 46</b> Parámetros de Diseño del pozo de Caída Tipo 1.....   | 128 |
| <b>Figura 47</b> Diseño del pozo de Caída Tipo 2. ....  | 129 |
| <b>Figura 48</b> Parámetros de Diseño del pozo de Caída Tipo 2.....   | 130 |
| <b>Figura 49</b> Diseño del pozo de Caída Tipo 3. ....  | 131 |
| <b>Figura 50</b> Parámetros de Diseño del pozo de Caída Tipo 3 para Alturas de Caídas entre 1.00m y 1.5m. ....  | 131 |
| <b>Figura 51</b> Parámetros de Diseño del pozo de Caída Tipo 3 para Alturas de Caídas entre 2.00m y 3.00m. .... | 132 |
| <b>Figura 52</b> Diseño de Rápida en Forma de Escalera. ....  | 133 |
| <b>Figura 53</b> Diseño de Rápida con Bloques Disipadores.....  | 134 |
| <b>Figura 54</b> Diseño de Rápida con Disipador de Impacto. ....  | 135 |
| <b>Figura 55</b> Ábaco de Froude para la obtención de W/D en el disipador de impacto. ....                      | 136 |
| <b>Figura 56</b> Plano del disipador de impacto. ....   | 137 |
| <b>Figura 57</b> Esquema de implantación del separador del caudal. ....   | 138 |
| <b>Figura 58</b> Vertedero Sumergido. ....  | 140 |
| <b>Figura 59</b> Vista de perfil del separador de caudales ....   | 141 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>Figura 60</b> Vista de planta del separador de caudales .....   | 142 |
| <b>Figura 61</b> Resultados fisicoquímicos de la comunidad de Gualchán .....                                       | 149 |
| <b>Figura 62</b> Resultados microbiológicos de la comunidad de Gualchán.....                                       | 149 |
| <b>Figura 63</b> Resultados fisicoquímicos de la comunidad de Las Juntas .....                                     | 150 |
| <b>Figura 64</b> Resultados microbiológicos de la comunidad de Las Juntas .....                                    | 150 |
| <b>Figura 65</b> Diseño de las dimensiones del pozo séptico para una vivienda de la<br>comunidad de Espejo 2. .... | 154 |
| <b>Figura 66</b> Nivel de dotación y contribución de lodos según el tipo de edificación..                          | 155 |
| <b>Figura 67</b> Período de retención derivado del caudal diario estimado.....                                     | 155 |
| <b>Figura 68</b> Altura útil estimada de la fosa séptica según el caudal obtenido. ....                            | 156 |
| <b>Figura 69</b> Corte de la Fosa Séptica. ....  | 156 |
| <b>Figura 70</b> Plano de dimensiones para la planta de la Fosa Séptica.....                                       | 157 |
| <b>Figura 71</b> Cálculo de las dimensiones del pozo absorbente. ....  | 158 |
| <b>Figura 72</b> Planos de la planta del pozo absorbente.....  | 159 |
| <b>Figura 73</b> Planos del corte para el pozo absorbente.....   | 159 |
| <b>Figura 74</b> Cálculo de Drenes Comunidad de Espejo 2. ....   | 161 |
| <b>Figura 75</b> Índice de coeficientes de absorción del terreno según el tiempo de<br>absorción. ....             | 161 |
| <b>Figura 76</b> Planos detallados de la composición del sistema de drenes.....                                    | 162 |
| <b>Figura 77</b> Cámara separadora de drenes para la división de su longitud final. ....                           | 162 |
| <b>Figura 78</b> Esquema de diseño de planta para fosa séptica (ejemplo Espejo 2). ....                            | 166 |
| <b>Figura 79</b> Esquema de diseño de corte para fosa séptica (ejemplo Espejo 2). ....                             | 167 |
| <b>Figura 80</b> Matriz de impactos ambientales .....  | 183 |
| <b>Figura 81</b> Matriz de impactos ambientales Espejo 2 .....   | 184 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Figura 82</b> Matriz para la mitigación de impactos ambientales de Gualchán/Las Juntas ..... | 185 |
| <b>Figura 83</b> Matriz para la mitigación de impactos ambientales de Espejo 2 .....            | 186 |
| <b>Figura 84</b> Limpieza inicial de los colectores .....                                       | 196 |
| <b>Figura 85</b> Limpieza de los terminales.....  | 197 |
| <b>Figura 86</b> Eliminación de los atoros en el conducto.....                                  | 199 |

## RESUMEN

El estudio evaluó la condición física y la eficiencia del sistema de recolección de aguas residuales en las comunidades de Las Juntas, Espejo 2 y Gualchán. Se llevaron a cabo inspecciones de campo y se aplicaron conocimientos técnicos y regulaciones para proponer alternativas que permitieran la recolección y tratamiento adecuados de aguas residuales. Los datos recopilados fueron procesados y analizados utilizando Excel, y se utilizó el software SewerCAD para evaluar el estado físico del sistema de alcantarillado. El estudio encontró que el sistema estaba funcionando correctamente, pero se sugirieron mejoras para optimizar el proceso de recolección de aguas residuales y prolongar la vida útil del sistema. El informe evaluó el cumplimiento de los parámetros de EMAAP-Q en relación con las velocidades mínimas y máximas del sistema de alcantarillado propuesto para la comunidad de Gualchán en los tramos del 1 al 7, y concluyó que el sistema cumple con estos parámetros. En el caso de la comunidad de Las Juntas, se analizaron las velocidades máximas y mínimas y las pendientes obtenidas en los tramos del 1 al 4, y se encontró que cumplía con los parámetros establecidos. Es importante cumplir con estos parámetros para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y evitar problemas futuros. El diseño y construcción de sistemas de alcantarillado deben cumplir con las normas establecidas para garantizar su eficiencia y minimizar los riesgos para la salud pública y el medio ambiente.

**Palabras Clave:** Sistema de recolección de aguas residuales, evaluación, mejoras, cumplimiento de normas, alternativas, cumplimiento.

## ABSTRACT

The study evaluated the physical condition and efficiency of the wastewater collection system in the communities of Las Juntas, Espejo 2 and Gualchán. Field inspections were carried out and technical knowledge and regulations were applied to propose alternatives that would allow for the proper collection and treatment of wastewater. The collected data was processed and analyzed using Excel, and SewerCAD software was used to assess the physical condition of the sewerage system. The study found that the system was working properly, but improvements were suggested to optimize the wastewater collection process and extend the useful life of the system. The report evaluated compliance with the EMAAP-Q parameters in relation to the minimum and maximum velocities of the proposed sewerage system for the community of Gualchán in sections 1 through 7, and concluded that the system complies with these parameters. In the case of the community of Las Juntas, the maximum and minimum speeds and the slopes obtained in sections 1 to 4 were analyzed, and it was found that it complied with the established parameters. It is important to comply with these parameters to guarantee the correct operation of the system and to avoid future problems. The design and construction of sewage systems must comply with established standards to guarantee their efficiency and minimize risks to public health and the environment.

**Keywords:** Sewage collection system, wastewater collection, SewerCAD simulator, EMAAP-Q parameters, public health, environment.

# **CAPÍTULO I**

## **ANTECEDENTES Y GENERALIDADES**

### **1.1. Introducción**

El siguiente estudio técnico de titulación se centrará en la evaluación del sistema de alcantarillado de las comunidades de Gualchán, Las Juntas y Espejo 2, pertenecientes al Cantón Espejo Provincia del Carchi. Ya que las 2 primeras comunidades mencionadas (Gualchán, Las Juntas) sí poseen un sistema de alcantarillado, una vez realizada dicha evaluación, se procederá a realizar una revisión de los parámetros y de ser necesario, se presentará el rediseño del sistema en los tramos que presenten valores fuera de los niveles establecidos por las normas vigentes.

La comunidad Espejo 2 no cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario, por lo que en la realización y desarrollo de este proyecto se planteará el diseño de un sistema que cumpla con las normas establecidas, tanto en durabilidad, como en eficiencia del mismo, para el beneficio de los locales que tanto han venido sufriendo las consecuencias de una instalación sin conocimientos técnicos en la materia.

Una vez obtenidos los respectivos resultados del diseño de alcantarillado para todas las comunidades, se plantearán las mejores alternativas para el tratamiento de las aguas residuales. Las alternativas que se diseñarán serán para las comunidades, dicho de otra forma, cada comunidad poseerá una alternativa para sus habitantes ya sea la misma para todas o diferente para cada comunidad. Estas alternativas contribuirán a mejorar la interacción que tiene el ser humano con el medio ambiente.

## **1.2. Planteamiento del Problema**

### **1.2.1. Antecedentes**

En las últimas décadas, a medida de que la población mundial ha crecido exponencialmente, se han desarrollado obras civiles para el aprovechamiento de este recurso y garantizar su correcto manejo y repartición; entre los cuales se destacan a las represas, plantas de tratamiento, redes de distribución y alcantarillado, tanques masivos, tuberías subterráneas de acarreos pluviales y todo lo que pueda ayudar a la población en aprovechar el ciclo natural del agua para su beneficio (Fundación Aquae, 2022). Por lo tanto, es tendencia que la mayoría de países en la actualidad concentren sus recursos en la realización de obras hidráulicas para el bienestar socio-económico del territorio.

No cabe duda de que la implementación de todas estas obras ha sido crucial para dar un paso importante en medidas sanitarias y de desarrollo en todo el planeta, dotando a la población existente en los diferentes países del medio necesario para el tratamiento del agua, de manera que se pueda reutilizar estando en óptimas condiciones. Sin embargo, existen comunidades (en su mayoría de carácter rural o alejadas del urbanismo moderno) que no poseen la facilidad de contar con un tratamiento adecuado para este recurso, teniendo que recurrir a métodos alternativos para que esta pueda cumplir su ciclo natural.

Ubicadas en la parroquia de El Goaltal correspondiente al Cantón Espejo de la Provincia del Carchi, se encuentran las comunidades Gualchán, Espejo 2 y Las Juntas. Las autoridades dotaron del sistema de agua potable a los habitantes del sector y consecuentemente de un sistema de recolección de agua residuales, necesarios para el normal funcionamiento del ciclo del agua en la población.

El problema inicia en que, al tratarse de una zona rural, no todos los habitantes del sector cuentan con el acceso al sistema de recolección de aguas residuales, siendo las comunidades de Gualchán y Las Juntas las únicas que cuentan con servicio de alcantarillado,

pero que genera un problema de impacto ambiental debido a que la descarga de estas aguas no recibe ningún tratamiento previo a ser depositadas en el cuerpo receptor.

Por otra parte, la Comunidad de Espejo 2 se asienta en lugares muy alejados del sistema de alcantarillado, pero muy cercano a la orilla del río blanco, razón por la cual varios de estos habitantes realizan sus descargas directas o indirectas al río blanco. Mientras que los domicilios ubicados entre los tramos de las comunidades que no se encuentran cerca de la ribera del río ni del sistema de alcantarillado, se vieron en la necesidad de construir de manera no técnica pozos sépticos, y de esta manera poder depositar en estos lugares los desechos.

Debido a la falta de conocimiento técnico en la población general, se realizó el uso de mano de obra no calificada, además la falta de planificación de los pobladores y sumada la pésima ubicación de estos pozos sépticos, empezaron a generar filtraciones en el suelo y malos olores.

Con todo esto presente, evaluar el estado físico actual del sistema de alcantarillado, recolección y posterior tratamiento de aguas domiciliarias en las zonas de Gualchán, Las Juntas y Espejo 2 permitirá la optimización de los procesos ocurridos en el sistema, trayendo el mejoramiento potencial de la zona afectada al controlar el comportamiento del agua residual, desde que sale de los domicilios hasta llegar al sitio de descarga.

### **1.2.2. Importancia y alcance**

Es necesario tomar acciones en favor de la población asentada en estos sectores, dado que al construirse pozos sépticos de manera no técnica estos producen filtraciones, malos olores y contaminación del suelo cercano a las demás viviendas. Además, esta contaminación del suelo puede llegar a producir graves daños a la salud de la población general. Por otra parte, al no realizar un adecuado tratamiento de las aguas residuales previamente a su descarga correspondiente en el cuerpo receptor no solo se está cambiando los parámetros químicos del río, sino que se está poniendo en riesgo la salud de las personas que usan las aguas del río para

actividades de recreación. Al tratarse de un sitio turístico debido a su alta riqueza natural con hermosos paisajes, no puede verse opacado por la deplorable acción ambiental que presenta, ya que los principales afectados son los moradores de los sectores que verán como sus ingresos económicos se reducen considerablemente.

La implementación de este proyecto dotará de un servicio de tratamiento adecuado de estas aguas residuales proporcionando una mejor calidad de vida, y evitará que los problemas ya mencionados sigan aumentando. Disminuirá significativamente los daños en el medio ambiente y significará un impulso en el desarrollo turístico del sector. Al tratarse de una zona altamente turística la importancia de poder brindar un sitio de recreación limpio y seguro es de vital importancia para la economía de los moradores.

### **1.2.3. Delimitación**

**Delimitación temporal.** El estudio se llevará a cabo a inicios del mes de enero del año 2022 con una duración aproximada de 12 meses, tiempo que será invertido en el análisis detallado de la parroquia, se evaluará el sistema de alcantarillado actual y planteará alternativas para el correcto tratamiento de aguas residuales.

**Delimitación espacial.** La ubicación del proyecto a realizar será en la provincia del Carchi, Cantón Espejo, parroquia El Goaltal, en las comunidades de Gualchán, Espejo 2, Las Juntas. Las respectivas delimitaciones para cada comunidad se las puede revisar en las figuras 2, figura 3, figura 4, pertenecientes al siguiente capítulo.

### **1.3. Justificación**

El momento en que las autoridades implementaron el sistema de recolección de aguas residuales se hizo con el fin de poder brindar a las comunidades el servicio básico de alcantarillado, lo cual benefició considerablemente a una buena parte de la población. Sin embargo, varios habitantes no pudieron acceder al servicio debido a la ubicación de sus hogares, los cuales se encuentran muy alejados de la red principal de recolección.

Actualmente no existen planos en los que se pueda observar el trazado de la red de recolección, diámetros de tubería usados, profundidades de pozos de revisión ni los materiales que fueron utilizados para su construcción. Por lo cual se hace necesario obtener planos detallados y actualizados para poder realizar una evaluación del estado actual de la red que presta el servicio de alcantarillado, debido a que puede presentar fallas en su construcción que serán evitadas mediante una evaluación oportuna de la misma. Además, las descargas del sistema de alcantarillado, así como las filtraciones de los pozos sépticos y las descargas domiciliarias cercanas a la orilla del río, generan un enorme problema de contaminación ambiental. Dado la problemática planteada es de vital importancia tomar acciones que sean amigables con el medio ambiente y los habitantes que hacen de estos sectores no solo su hogar, sino su lugar de trabajo.

Este proyecto beneficiará a un aproximado de 400 personas que residen en la zona, y a un número indeterminado de visitantes que la frecuentan para disfrutar de su clima y atractivos turísticos propios de una localidad rica en biodiversidad. Sin embargo, el principal beneficiario de este proyecto es el ecosistema, ya que, mediante conocimientos técnicos de ingeniería, se dará una solución definitiva a la constante problemática de contaminación ambiental.

La realización del proyecto cuenta con el apoyo del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Espejo, y los dirigentes de cada comunidad, que brindarán datos de gran importancia acerca del terreno y estudios previos. También se cuenta con la asesoría técnica de profesionales especializados de la Universidad Politécnica Salesiana. Todas las comunidades cuentan con caminos en buen estado, que reducen costos y facilitan el transporte de material que puede ser utilizado en la construcción de las estructuras necesarias para la implementación de un buen sistema de tratamiento

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Evaluar el estado físico y la eficiencia del sistema de recolección de aguas servidas presente en las comunidades Las Juntas, Espejo 2 y Gualchán, mediante inspecciones de campo y la aplicación de conocimientos técnicos y normativas vigentes, para plantear alternativas que permitan una correcta recolección de las aguas residuales y posterior tratamiento.

### **1.4.2. Objetivos Específicos.**

Realizar un levantamiento topográfico del sector en donde se va a realizar el proyecto mediante equipos de topografía correctamente calibrados para ubicar espacialmente el proyecto.

Evaluar el estado actual y el funcionamiento del sistema de recolección mediante el uso de software, con la toma de datos en situ (Caudales, pendientes, diámetros de tubería, materiales, acometidas, descargas, alturas de pozos), y poder emitir un informe detallando si el sistema es óptimo o si requiere de una intervención.

Realizar el análisis de los posibles sitios de descarga mediante inspecciones de campo y análisis de la topografía del lugar para determinar los mejores puntos en los cuales se pueda colocar y diseñar obras tales como, separadores de caudales del sistema de alcantarillado y las estructuras complementarias de las alternativas de diseño.

Realizar un análisis Técnico – Económico de cada una de las alternativas planteadas en función de la durabilidad, eficiencia y costo para determinar la opción más viable a las necesidades de los moradores.

Realizar el diseño de la alternativa más viable para el sistema de alcantarillado combinado mediante la aplicación de conocimientos técnicos de ingeniería y respetando

todos los parámetros establecidos en las respectivas normas, que asegure un diseño eficiente, con alta durabilidad, alta confiabilidad y bajos costos de construcción y mantenimiento.

## CAPÍTULO II

### DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DEL PROYECTO

#### 2.1. Aspectos generales

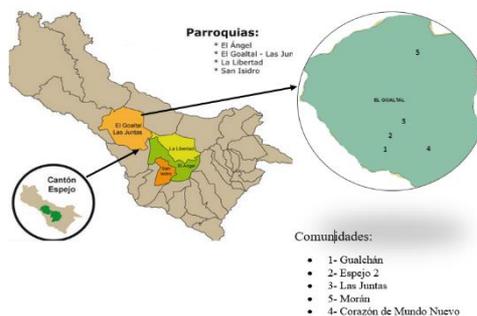
La provincia de El Goatal se destaca por tener un clima subtropical de alto grado de humedad, pudiendo resultar bastante frío en la mayoría del tiempo al oscilar su temperatura entre los 6 y 23 grados Celsius. Posee una altitud que inicia desde los 1050 m.s.n.m. ubicados en Gualchán, llegando a los aproximadamente 4000 m.s.n.m. en Piedras Puntas, perteneciente a la comunidad de Morán. Su superficie es en su mayoría boscosa, con una distribución de 24383 hectáreas, con una población censada de 816 habitantes totales. Estos se encuentran caracterizados y ordenados en las siguientes comunidades: Cabecera Parroquial, Gualchán, Las Juntas, Corazón del Nuevo Mundo, Espejo 2, Guayabal, Morán, La Cortadera y Chutín Barrios Gualchancito Alto.

##### 2.1.1. Ubicación del proyecto

La ubicación del proceso a realizar será en la provincia del Carchi, Cantón Espejo, parroquia El Goatal, en las comunidades de Gualchán, Espejo 2, Las Juntas.

#### Figura 1.

*Mapa de la Parroquia el Goatal, Cantón Espejo, Provincia del Carchi*



*Nota.* La figura muestra la localización de la parroquia Goatal en la provincia del Carchi. Elaborado por: Los Autores

### 2.1.2. Coordenadas georreferenciadas

El área de cobertura del proyecto se muestra en las siguientes figuras, se encuentran localizados geográficamente entre las siguientes coordenadas planas UTM del sistema WGS84 en la cual se presentan algunos de los puntos más representativos:

**Tabla 1.**

*Coordenadas georreferenciadas.*

| COORDENADAS GEORREFERENCIADAS |       |      |            |       |      |
|-------------------------------|-------|------|------------|-------|------|
| GUALCHAN                      |       |      | LAS JUNTAS |       |      |
| Norte                         | Este  | Cota | Norte      | Este  | Cota |
| 10086                         | 81035 | 1088 | 10086      | 80975 | 1076 |
| 655.3                         | 3.126 | .719 | 107.1      | 2.842 | .381 |

**Coordenadas utm WGS-84**  
**Zona 17 Sur**

*Nota.* Se presentan las coordenadas de los puntos más significativos. Elaborado por:

Los autores

### 2.1.3. Límites

El proyecto de evaluación del sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales existentes para las comunidades de Gualchán, Espejo2 y Las Juntas se encuentra en los siguientes límites:

Dirección Norte: Cantón Tulcán

Dirección Sur: Cantón Mira y Cantón Bolívar

Dirección Este: Cantón Montufar y Tulcán

Dirección Oeste: Cantón Mira Noroccidente

### 2.1.4. Área del estudio

La evaluación del alcantarillado existente se realizará en los sectores Gualchán y Las Juntas, cuyas tuberías conducirán las aguas residuales para su tratamiento y posteriormente su

descarga hacia el cuerpo receptor de agua en este caso el Rio Blanco. Por otro lado, en el sector de Espejo 2, al no contar con alcantarillado, se va optar por otra manera de eliminar las aguas residuales que se va detallar más adelante.

Este proyecto el sistema de tratamiento de aguas residuales se proyectará sobre Gualchán, en un área municipal cerca de la Riviera del Rio Blanco, la misma que cuenta con el espacio óptimo para su implementación.

A continuación, en la figura se muestra el área de evaluación del proyecto en la cual se observan las calles y el área de cobertura del alcantarillado existente.

**Figura 2.**

*Mapa de visualización de la comunidad Gualchán.*



*Nota.* La figura muestra la delimitación de la comunidad Gualchán con el trazado de la red existente de alcantarillado. Elaborado por: Los Autores, a través de Google Earth Pro (2020).

### Figura 3.

*Mapa de visualización de la comunidad Espejo 2.*



*Nota.* La figura muestra la delimitación de la comunidad Espejo 2 en la cual no existe red de alcantarillado. Elaborado por: Los Autores, a través de Google Earth Pro (2020)

### Figura 4.

*Mapa de visualización de la comunidad Las Juntas.*



*Nota.* La figura muestra la delimitación de la comunidad Las Juntas con el trazado de la red existente de alcantarillado. Elaborado por: Los Autores, a través de Google Earth Pro (2020)

## 2.2. Aspectos físicos

### 2.2.1. Tipo de suelo

Los suelos en la Parroquia El Goaltal, se encuentran caracterizados por dos clases primordiales:

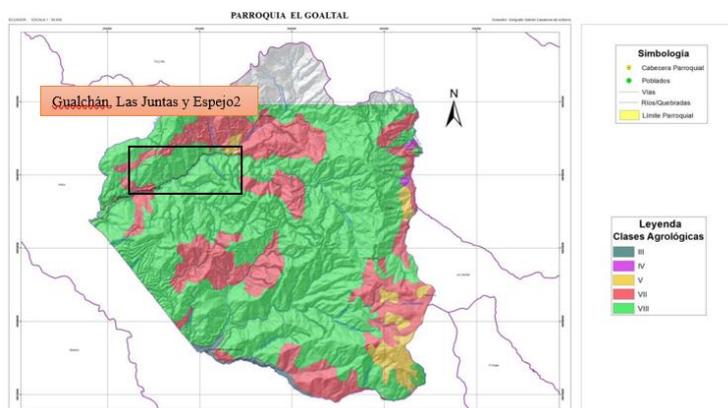
**Andepts.** Suelo pseudo- limoso negro.

**Orthents.** Suelo poco profundo, menos de 20 cm, con gravas y piedras sobre rocas o material duro. Posibilidad mezclada con cenizas.

La actividad con mayor poder de importancia en la parroquia es la agrícola, ubicándose más su realización en los terrenos con mayor pendiente de la zona. Esto logra influenciar en efectos negativos como la erosión, frecuencia de sequías y pérdida parcial del suelo. La zona del proyecto se caracteriza por encontrarse sobre un suelo de clase VII y clase VIII, debido a que otro el área de estudio se encuentra asentado sobre los mismos. Estos tipos de suelos descritos suelen ser buenos para cultivos y como hábitat de vida silvestre.

### Figura 5.

*Mapa de suelos Parroquia El Goaltal.*



*Nota.* Se puede observar el tipo de suelo en El Goaltal. Fuente: Diagnostico El Goaltal (2016).

**Tabla 2***Tipos de suelos en la zona y sus características.*

| <b>Características de los suelos</b> | <b>Descripción</b>   | <b>Extensión (Ha)</b> | <b>% Del Territorio Parroquial</b> |
|--------------------------------------|--|-----------------------|------------------------------------|
| <b>Clase III</b>                     | Tierras apropiadas para cultivos permanentes que requieren de prácticas especiales de conservación | 185,95                | 0,82                               |
| <b>Clase IV</b>                      | Tierras con severas limitaciones cultivables con métodos intensivos de manejo                      | 64,71                 | 0,29                               |
| <b>Clase V</b>                       | Tierras no cultivables con severas limitaciones de humedad, aptas para pastos.                     | 795,02                | 3,51                               |
| <b>Clase VII</b>                     | Tierras no cultivables, aptas para fines forestales  | 5894,23               | 25,99                              |
| <b>Clase VIII</b>                    | Tierras aptas para conservación de vida silvestre  | 15736,47              | 69,40                              |

*Nota.* Se puede observar el tipo de suelo en El Goatal. Fuente: Diagnostico El Goatal (2016).

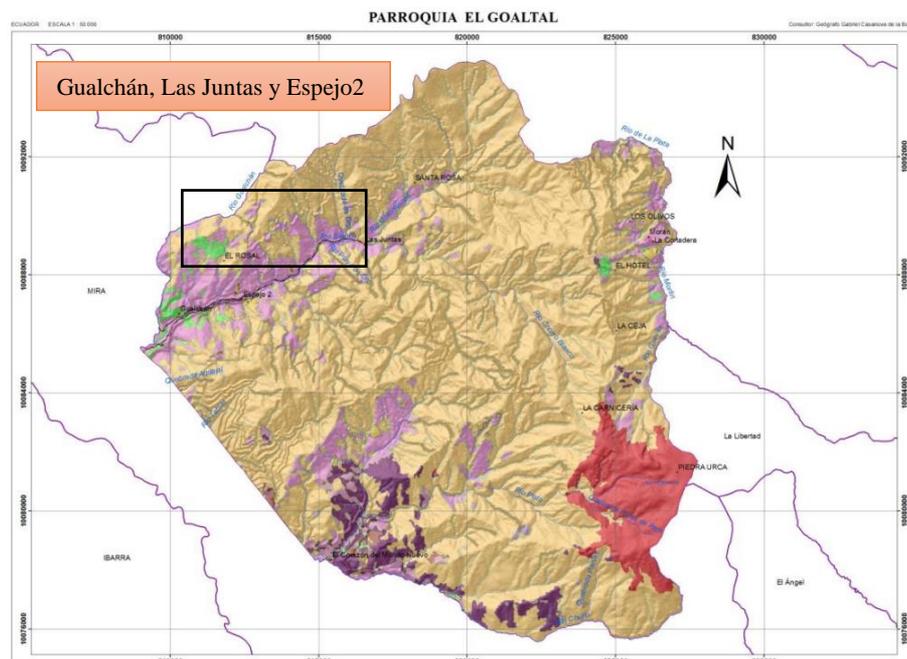
### **2.2.2. Uso de suelo**

En su mayoría, la parroquia de El Goatal posee una superficie forestal distribuida a lo largo de su territorio. Sin embargo, se mantiene un carácter agrícola en la región, registrando de esta manera una problemática enfocada en la deforestación y rápida expansión de la agricultura, siendo los bosques los más afectados del lugar.

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería Diagnostico El Goaltal (2016) afirma que la utilización del suelo en la zona representa un gran porcentaje de áreas forestales del 75.5% distribuida a través de caminos y vertientes de difícil acceso, siendo notorio el repentino nivel de crecimiento en cultivo de pastizales (13.6%), finalizando con un 3.5% de arbustos variados.

**Figura 6.**

*Mapa de Cobertura y Uso de Suelos Parroquia El Goaltal.*



*Nota.* Se puede observar la Cobertura y Uso de Suelos Parroquia El Goaltal.

Fuente: Diagnostico El Goaltal (2016).

**2.2.3. Distribución general del tipo de suelo**

La distribución del uso actual del suelo en este proyecto, se realizó mediante la observación en campo y con información adquirida del GADME, mediante estas se pudo comprobar que a lo largo de la vía de acceso que atraviesa los sectores de Gualchán, Espejo 2 y Las Juntas, omitir el mayor porcentaje es de bosque nativo, y las residencias tienen lotes que se encuentran a provechados con cultivos semi permanentes.

Con respecto a las áreas de recreación Gualchán y Las Juntas tienen un área comunal que es la cancha de fútbol y baloncesto, además alrededor de dicha área Las Juntas tienen una pequeña capilla. Es necesario resaltar que el uso es netamente de bosque nativo ya que el residencial es muy bajo. A continuación, se presenta a detalle el uso y cobertura del suelo del área de estudio.

**Tabla 3.**

*Uso actual y tipos de cobertura*

| <b>Tipo</b>                   | <b>Área Ha</b> | <b>%</b> |
|-------------------------------|----------------|----------|
| <b>Bosque Nativo</b>          | 18412,23       | 75,5     |
| <b>Cultivo Anual</b>          | 185,10         | 0,8      |
| <b>Cultivo Permanente</b>     | 97097,65       | 0,4      |
| <b>Cultivo Semipermanente</b> | 6310,14        | 0,0      |
| <b>Mosaico Agropecuario</b>   | 189,24         | 0,8      |
| <b>Natural</b>                | 17260,56       | 0,0      |
| <b>Paramo</b>                 | 1331,15        | 5,5      |
| <b>Pastizal</b>               | 3306,95        | 13,6     |
| <b>Vegetación Arbustiva</b>   | 852,86         | 3,5      |
| <b>Total General</b>          | 24382,67       | 100,0    |

*Nota.* Se puede observar en la tabla el Uso actual y tipos de cobertura. Fuente:

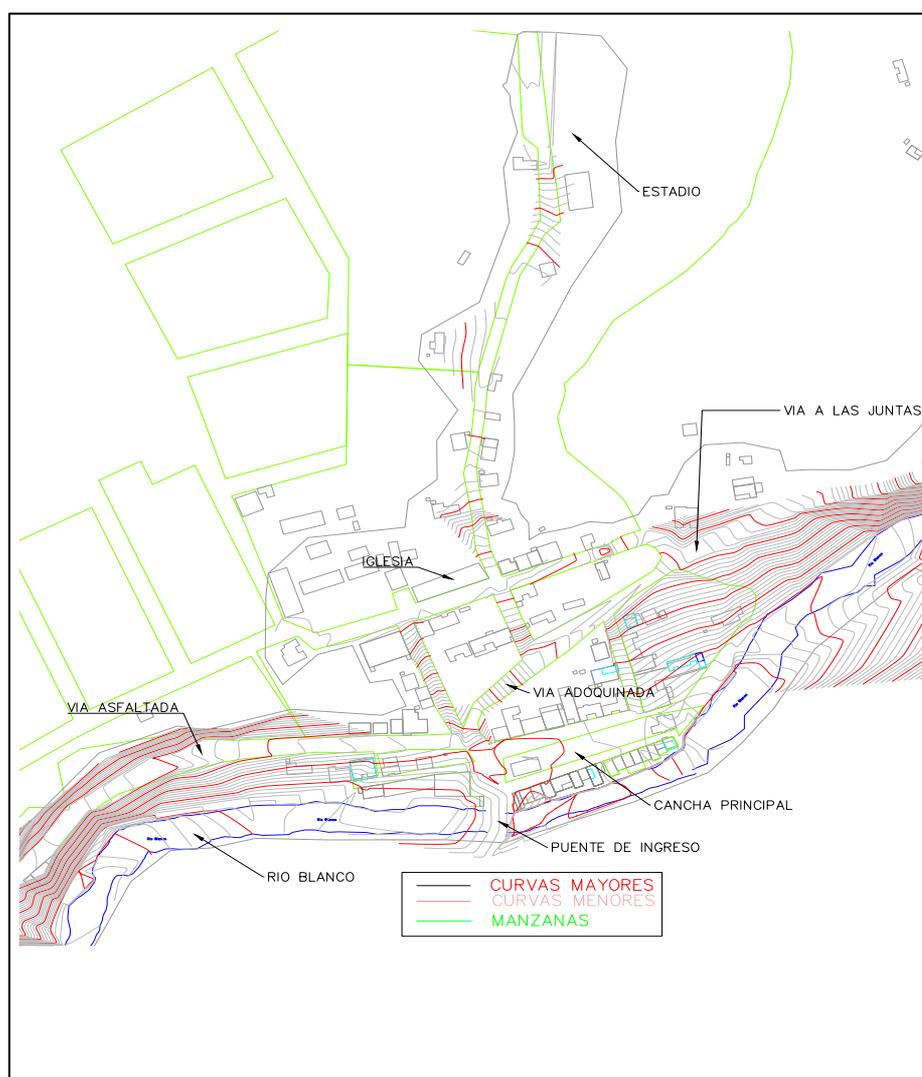
Diagnostico El Goaltal (2016).

#### 2.2.4. Topografía y relieve

El área del proyecto está en las comunidades Gualchán, Espejo 2 y Las Juntas, se caracteriza principalmente por la presencia de relieve montañoso, presenta una pendiente superior a 50% y 70% y está ubicada a una altura de 1680-3440 msnm. Las pendientes fueron obtenidas del levantamiento topográfico de las comunidades.

**Figura 7.**

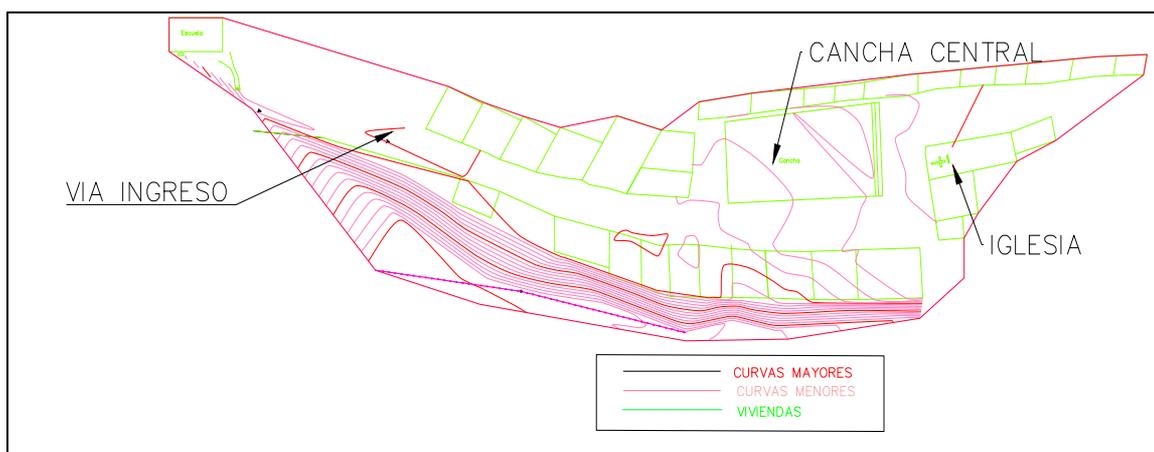
*Levantamiento topográfico altimétrico de la comunidad de Gualchán.*



*Nota.* Se puede apreciar las curvas mayores y menores. Elaborado por: Los autores

## Figura 8.

*Levantamiento topográfico altimétrico de la comunidad de Las Juntas.*



*Nota.* Se puede apreciar las curvas mayores y menores. Elaborado por: Los autores.

### 2.3. Aspectos Naturales

#### 2.3.1. Climatología

**2.3.1.1. Información Climática.** El clima que predomina en la zona es de características cálidas y templadas; siendo Gualchán una zona bastante lluviosa durante el año hasta en los meses de mayor nivel de sequía (Climate-data.org, 2019).

**2.3.1.2. Temperatura.** Las temperaturas resultan bastante bajas comparadas con el resto del territorio (12° C y 18°), gracias en gran parte a que pertenece a los climas andinos de montaña. Pierre Pourrut (1995), describe en su clasificación climática que la parroquia El Goaltal posee características pertenecientes al clima ecuatorial mesotérmico de tipo semi húmedo. Según (Diagnostico El Goaltal, 2016): “La humedad dada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología es relativa en la parroquia es alta, con valores medios anuales superiores al 70%.” (p.37).

**2.3.1.3. Precipitación.** Según el portal web CLIMATE-DATA.ORG (2019), los datos de precipitación en la parroquia son:

*Temporada de lluviosa:* diciembre

*Temporada de estiaje:* julio

El mes más seco es julio, con 112 mm.

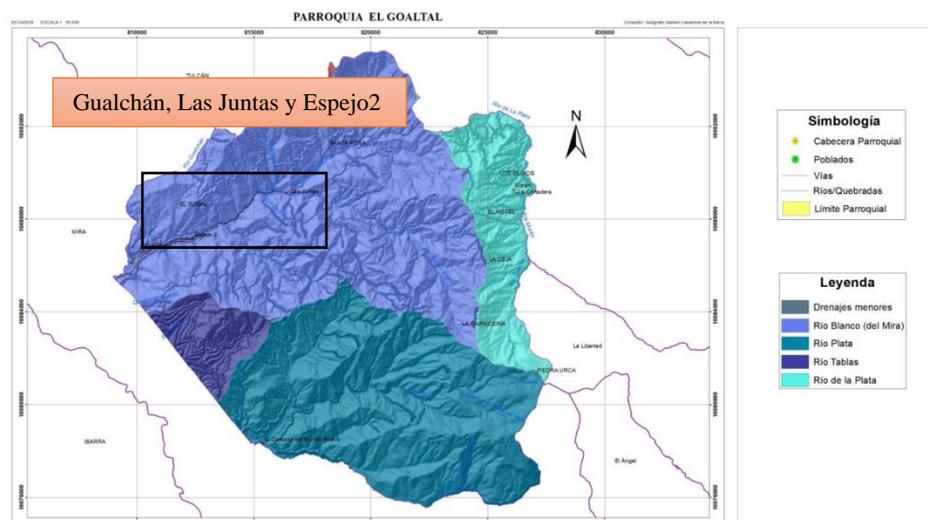
Con un promedio de 307 mm, la mayor precipitación cae en diciembre.

### 2.3.2. Hidrografía

La parroquia cuenta con una gran cantidad de afluentes y arroyos que son de gran importancia. Sin embargo, se hace énfasis en el territorio estudiado a la notoria presencia de los Ríos Chutín, Plata, Blanco, Gualchancito, Morán, Chorro Blanco, Golondrinas, que desembocan una serie de quebradas que se presentan a continuación:

#### Figura 9.

*Mapa de Microcuencas Parroquia El Goaltal.*



*Nota.* Se puede observar las Microcuencas de la Parroquia El Goaltal. Fuente: Diagnostico El Goaltal (2016).

**Tabla 4**

*Afluentes hídricos Parroquia El Goaltal*

| <b>NOMBRE</b>                     | <b>LONGITUD Km</b> |
|-----------------------------------|--------------------|
| <b>Río Chutín</b>                 | 15.154             |
| <b>Río Plata</b>                  | 11.953             |
| <b>Río Blanco</b>                 | 9.792              |
| <b>Río Gualchancito</b>           | 9.073              |
| <b>Río Morán</b>                  | 6.493              |
| <b>Río Chorro Blanco</b>          | 6.447              |
| <b>Río Golondrinas</b>            | 4.509              |
| <b>Río San Miguel de Guayabal</b> | 4.084              |

*Nota.* Se puede observar en la tabla los afluentes Hídricos Parroquia El Goaltal.

Fuente: Diagnostico El Goaltal (2016).

### **2.3.3. Geología**

En la mayoría de su composición y distribución, la parroquia se encuentra compuesta por rocas tipo lutitas negras, Andesitas, las metamórficas, las dactia/lutita violácea y unos varios depósitos de tipo coluviales.

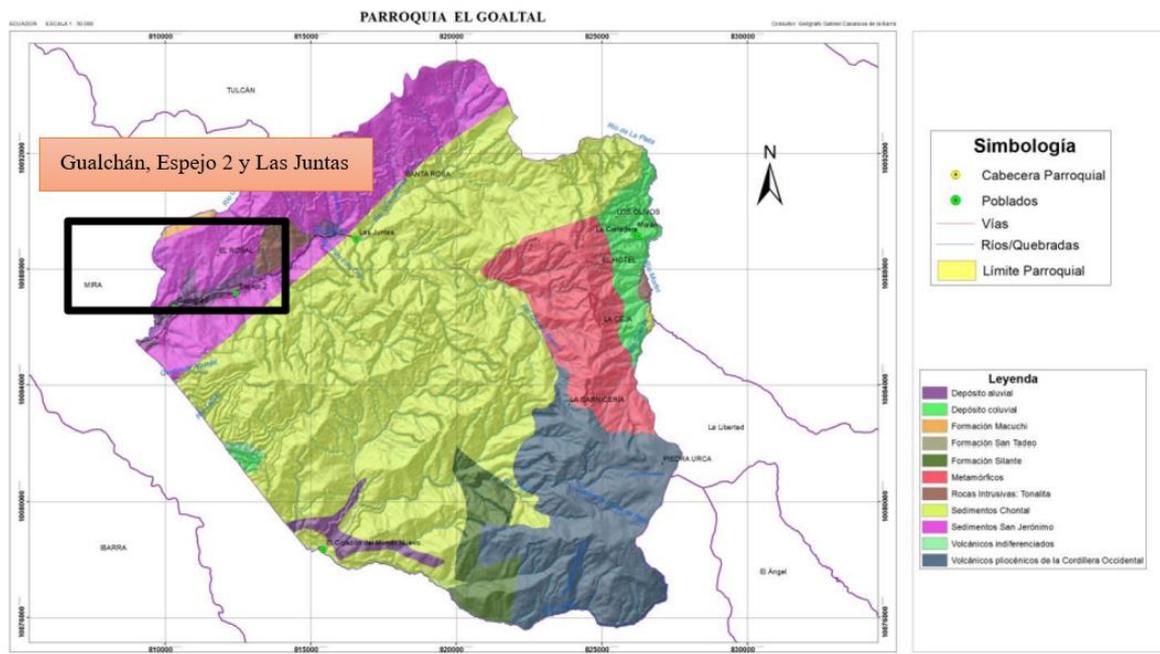
Por otro lado, existen formaciones geológicas, que son unidades litoestratigráficas formales que definen cuerpos de rocas caracterizados por unas propiedades litológicas comunes (composición y estructura). Según Diagnostico El Goaltal (2016) menciona las principales dentro de la parroquia Goaltal:

Sedimentos San Jerónimo. En un pasado, estas formaciones eran relacionadas con “Cayo” de la Sierra, para luego ser asociada con los denominados sedimentos de la Macuchi. Desde un punto de vista litológico, pertenecen a las formaciones volcánicas, ya que en su mayoría se componen por areniscas, lutitas y otros materiales de la edad Cretácica.

Formación Chontal Afloran en la parte sureste, entre San Francisco de Tablas, Tablas y la Chorrera de Tablas. Se encuentra formada en su mayoría por arcillas negras, argilitas grises, turbiditas, areniscas de tonos verdosas y lutitas negras. Esta composición de materiales presenta una dirección rumbo norte-sur, con un buzamiento que sobrepasa los 60 grados este. A continuación, se muestran las formaciones geológicas que se encuentran en el área de estudio:

**Figura 10.**

*Mapa Geológico Parroquia El Goaltal.*



*Nota.* Se puede observar las formaciones geológicas de la Parroquia El Goaltal. Fuente: Diagnostico El Goaltal (2016).

### 2.3.4. Riesgo Volcánico

Según Gómez et al.(2017) afirman que el peligro volcánico hace referencia a la posibilidad de que un fenómeno volcánico se dé en un área específica, dentro de un rango de

tiempo estimado y un nivel de intensidad considerable que pueda ser el causante de pérdidas de vidas humanas, daños a edificaciones, entre otros.

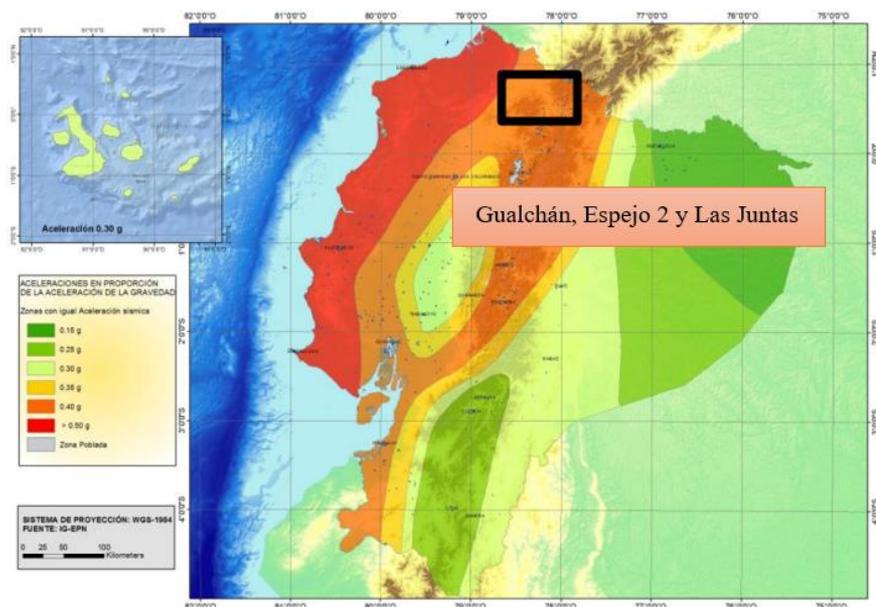
La información presentada se relaciona con la delimitación del área, teniendo una influencia cercana de actividad volcánica por los volcanes activos de Chiles y Cerro Negro. A su vez, se encuentran en las cercanías los volcanes de Azufral, Iguan y Chiltazón, siendo estos tres de tipo inactivo.

### 2.3.5. Riesgo sísmico

Según la Norma Ecuatoriana de la Construcción, la comunidad de Gualchán es caracterizada por una alta actividad sísmica (V), poseyendo un factor  $z$  de 0.40 g proveniente de un análisis de peligrosidad sísmica para niveles de un 10% de excedencia en un tiempo estimado de 50 años (cuantificado sobre un periodo de retorno alrededor de unos 475 años).

#### Figura 11.

*Mapa para diseño sísmico (NEC-15).*



*Nota.* Se puede observar la zona sísmica de la Parroquia El Goaltal. Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-15, 2015.

## 2.4. Descripción de la situación actual

### 2.4.1. Población

La población del área del proyecto no se encuentra definida en los registros de la municipalidad, ni en documentos existentes en las oficinas de la tenencia política de las comunidades. Sin embargo, debido a charlas realizadas con las autoridades del sector y los mismos pobladores se ha logrado establecer una población acumulada de alrededor de 400 habitantes entre las 3 comunidades.

Para la tasa de crecimiento se utilizará el promedio de la tasa anual de crecimiento de los últimos censos efectuados en el periodo 1990-2001 y 2001-2010 por el INEC, en el Cantón Espejo, los cuales son necesarios para la posterior correlación de datos entre los ya obtenidos, y los que se obtendrán según una estimación de las posibles poblaciones futuras en la zona.

**Tabla 5.**

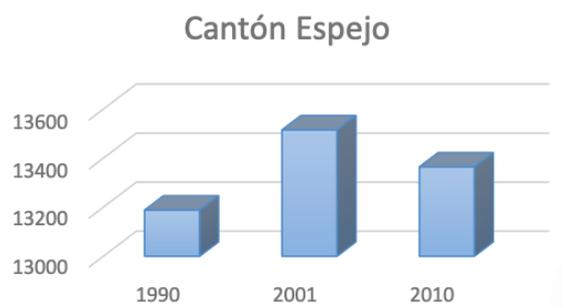
*Tabla de crecimiento anual del Cantón Espejo.*

| <b>Año</b> | <b>Cantón<br/>Espejo hab</b> | <b>%</b>     |
|------------|------------------------------|--------------|
| 1990       | 13188                        |              |
| 2001       | 13515                        | 0.22%        |
| 2010       | 13364                        | - 0.12%      |
| promedio   |                              | <b>0.17%</b> |

*Nota.* Se presenta el promedio del crecimiento anual. Elaborado por: Los Autores, a través del INEC, 2010.

## Figura 12.

*Tabla de crecimiento poblacional del Cantón Espejo.*



*Nota.* Se presenta una gráfica del crecimiento poblacional. Elaborado por: Los Autores, a través del INEC, 2010.

Al hacer una evaluación de los datos obtenidos, se puede identificar que la tasa de crecimiento del Cantón espejo es baja, razón por la cual se considera que el Goaltal al ser una parroquia rural va a tener una tasa de crecimiento igual o menor al cantón que pertenece. Se presenta la proyección poblacional de Gualchán: En la tabla y la figura se presenta la proyección poblacional de Gualchán:

## Tabla 6.

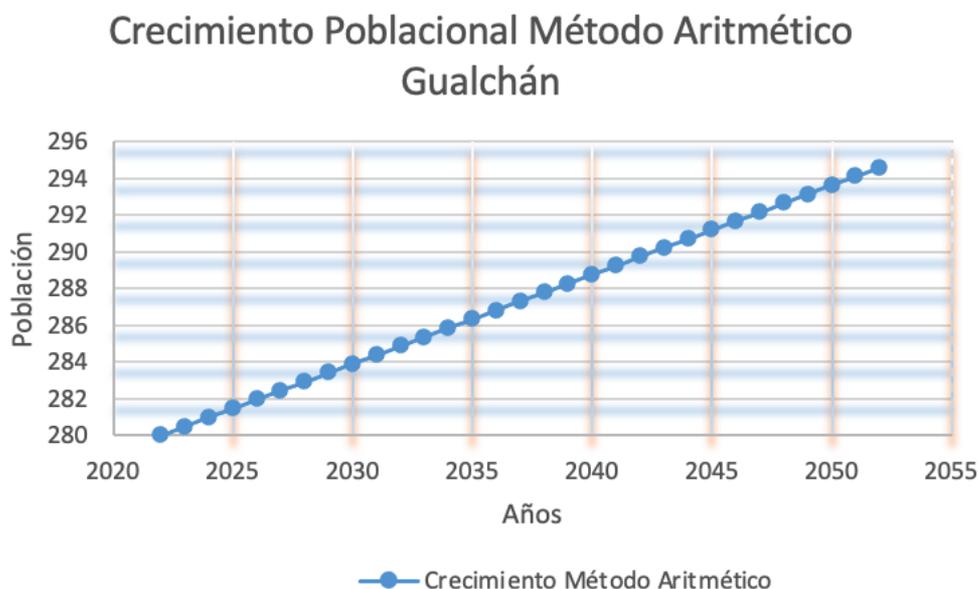
*Proyección de la poblacional comunidad Gualchán por el método aritmético.*

| N° | Año  | Población | N° | Año  | Población |
|----|------|-----------|----|------|-----------|
| 0  | 2022 | 280       | 16 | 2038 | 288       |
| 1  | 2023 | 280       | 17 | 2039 | 288       |
| 2  | 2024 | 281       | 18 | 2040 | 289       |
| 3  | 2025 | 281       | 19 | 2041 | 289       |
| 4  | 2026 | 282       | 20 | 2042 | 290       |
| 5  | 2027 | 282       | 21 | 2043 | 290       |
| 6  | 2028 | 283       | 22 | 2044 | 291       |
| 7  | 2029 | 283       | 23 | 2045 | 291       |
| 8  | 2030 | 284       | 24 | 2046 | 292       |
| 9  | 2031 | 284       | 25 | 2047 | 292       |
| 10 | 2032 | 285       | 26 | 2048 | 293       |
| 11 | 2033 | 285       | 27 | 2049 | 293       |
| 12 | 2034 | 286       | 28 | 2050 | 294       |
| 13 | 2035 | 286       | 29 | 2051 | 294       |
| 14 | 2036 | 287       | 30 | 2052 | 295       |
| 15 | 2037 | 287       |    |      |           |

*Nota.* Se presenta la proyección de la población a 30 años. Elaborado por: Los autores

**Figura 13.**

*Proyección de la poblacional por el método aritmético.*



*Nota.* Se la figura del crecimiento poblacional de Gualchán a los 30 años. Elaborado por: Los autores

El análisis para el cálculo de la población actual se detalla en el capítulo V, Bases de diseño, en la sección 5.4 Población de diseño.

### **2.4.2. Educación**

La educación puede definirse como el proceso de transferencia de conocimientos y socialización de los individuos en una sociedad. A través de la educación, se equipará el conocimiento con la conciencia cultural y el comportamiento, ya que las generaciones mayores influyen en la forma de vida de las generaciones posteriores. El proceso educativo reconoce un conjunto de habilidades y valores, y produce cambios intelectuales, emocionales y sociales en el individuo. Dependiendo del nivel de conciencia alcanzado, estos valores pueden perdurar para toda la vida o solo durante un determinado período de tiempo.

A continuación, se muestra la tasa neta de asistencia según nivel de educación en la parroquia El Goaltal.

**Tabla 7.**

*Tasa neta de asistencia Educación.*

| <b>Nivel de educación</b> | <b>Tasa neta de asistencia educación</b> |
|---------------------------|--|
| <b>Bachillerato</b>       | 58,33%                                   |
| <b>Básica</b>             | 96,14%                                   |
| <b>Primaria</b>           | 97,39%                                   |
| <b>Secundaria</b>         | 70,49%                                   |
| <b>Superior</b>           | 5,38%                                    |

*Nota.* Se puede observar en la imagen la Tasa neta de asistencia Educación. Elaborado por: Los Autores, a través del INEC, 2010.

Adicionalmente se observa una tasa de analfabetismo de 7,87% de personas que no han podido acceder a ningún nivel de educación.

### **2.4.3. Salud**

Para la cobertura de la salud de la parroquia El Goaltal existen dos centros de salud en las comunidades Corazón de Mundo Nuevo y el Gualchán, que prestan a la población los servicios de atención médica primaria.

### **2.5. Aspecto Socio-Económico**

La actividad económica productiva depende principalmente de lo que se dedica a la producción de cultivos, ganado y bosques. Esta actividad es realizada principalmente por hombres. La mayoría de las actividades agrícolas no son remuneradas.

La producción es principalmente para la venta y por suministro para autoconsumo. La comercialización de los productos cae en manos de intermediarios, lo cual es un problema en la rentabilidad de la producción agropecuaria. La madera se extrae del bosque de Nublado para la venta.

Obtener crédito se enfoca principalmente en la sostenibilidad de las operaciones agrícolas y la compra de tierras, no en inversiones para mejorar el manejo de cultivos. La infraestructura de riego y los centros de acopio de comercio justo son escasos. Es raro tener acceso a buenas prácticas agrícolas y técnicas de manejo para aumentar los rendimientos y reducir el uso de agroquímicos.

Los cultivos que se producen en la parroquia son importantes para la seguridad alimentaria, aunque los rendimientos no son óptimos debido al mal manejo técnico, la presencia de plagas y enfermedades y el uso insuficiente del agua. En la parroquia encontrará asociaciones legítimas, como la Asociación de Desarrollo Comunitario de Gualchan, que operan. También, instituciones ilegales como las cajas de ahorro.

### **2.5.1. Infraestructura y servicios**

**2.5.1.1 Vivienda.** La vivienda de la parroquia presenta una homogeneidad en los aspectos tecnológicos, morfológicos y decorativos, la mayoría de las viviendas están construidas con ladrillos o bloques, madera o con adobe. Dentro de la parroquia existen unidades habitacionales integradas con obras de infraestructura básica, particularmente en el centro densamente poblado de Gualchán.

**2.5.1.2. Agua potable.** Según los datos oficiales del censo nacional de población y vivienda (CPV) del Instituto Nacional de Estadísticas INEC (2010), las viviendas de la parroquia en su gran mayoría tienen conexión del agua a través de tubería ya sea dentro o fuera del inmueble y en menor proporción por otros medios como se representa en la siguiente tabla:

**Tabla 8.***Viviendas por conexión del agua.*

| <b>Conexión del agua</b>  | <b>Viviendas</b> | <b>%</b>           |
|---|------------------|--------------------|
| <b>Por tubería dentro de la vivienda</b>  | 32               | 15,17              |
| <b>Por tubería fuera de la vivienda, pero dentro del edificio, lote o terreno</b> | 142              | 67,30              |
| <b>Por tubería fuera del edificio, lote o terreno</b>                             | 17               | 8,06               |
| <b>No recibe agua por tubería sino por otros medios</b>                           | 20               | 9,48               |
| <b>Total</b>  | <b>211</b>       | <b>100,00</b><br>% |

*Nota.* Se puede observar en la imagen el porcentaje de las Viviendas con conexión del agua. Elaborado por: Los Autores, a través del Censo de Población y Vivienda (CPV) 2010 Instituto Nacional de Estadística y Censos.

**2.5.1.3. Alcantarillado.** La cobertura de alcantarillado dentro de la parroquia es alta en las comunidades de Gualchán y Las Juntas. Por otra parte, El GAD Parroquia requiere plantas de tratamiento de aguas servidas para Gualchán y Las Juntas.

**2.5.1.4. Vías de acceso y transporte.** La parroquia presenta una articulación directa inter parroquial, a través de la de una vía que esta empedrada pero no tiene un mantenimiento constante, convirtiéndose en una vía principal para la parroquia y al mismo tiempo en una fortaleza para el desarrollo e interconexión parroquial.

Los caminos de acceso a las comunidades varían mucho ya que se ubican tanto en caminos de tercer orden, lo que genera resentimiento entre los pobladores, y cabe señalar que algunas de las parroquias y comunidades se encuentran incomunicadas, como es el caso de Gualchancito Alto, San Antonio de Chutín-Palo Blanco, Moran, La Cortadera, El Laurel,

Guayabal 5KM. Según (Diagnostico El Goaltal, 2016) afirma que: “Al tratarse de una parroquia eminentemente rural, las vías de acceso con mayor cobertura son las secundarias, cubiertas de tierra locales (20.55%) y rutas locales (79,71%) (p.148).”

#### **2.5.1.5. Otros servicios**

**Cobertura de electricidad.** La comunidad de Gualchán tiene 100% de alumbrado público, pero alrededor de 20 hogares no tienen acceso a la electricidad. Por otro lado, la Comunidad Espejo 2 tiene una iluminación general del 100%.

**La basura.** Se trata principalmente por vertido en terrenos baldíos o quebradas, con solo el 8,53% de las viviendas que eliminan la basura por camiones recolectores.

### **2.6. Diagnóstico del sistema de alcantarillado existente**

Las inspecciones realizadas en campo, el levantamiento de los pozos, información otorgada por los habitantes de los sectores Guanchán, Espejo 2 y las Juntas, se determina que el área del proyecto tiene un sistema de alcantarillado existente, que el sector Gualchán y Las Juntas cubre un aproximado de 95% de la población y data de hace más de 30 años, pero que genera un problema de impacto ambiental debido a que la descarga de estas aguas no recibe ningún tratamiento previo a ser depositadas en el cuerpo receptor.

Algunos de los pozos de revisión se encuentran bajo el adoquinado y no se puede apreciar la profundidad de la misma y la pendiente y lo más importante, es una red de alcantarillado sanitario antiguo, por tal motivo han dejado de realizar el mantenimiento respectivo en los pozos de revisión.

En algunos tramos se evidenció que las tapas de los pozos de revisión estaban colocadas de cierta manera que era prácticamente imposible abrirlas, esto hizo que no se pudiera revisar el estado y aún más importante realizar el mantenimiento.

Por otra parte, la Comunidad de Espejo 2 se asienta en lugares muy alejados del sistema de alcantarillado, pero muy cercano a la orilla del Río Blanco, razón por la cual varios de estos

habitantes realizan sus descargas directas o indirectas, al Río Blanco. Mientras que los domicilios ubicados entre los tramos de las comunidades que no se encuentran cerca de la ribera del río ni del sistema de alcantarillado, se han visto en la necesidad de construir de manera no técnica pozos sépticos.

Otros tramos a lo largo del sector Espejo 2 no disponen de un sistema de alcantarillado, por lo que en todas las viviendas existen pozos construidos de manera no técnica y en otros se evidencia las descargas directas hacia el Río Blanco, el cual va perdiendo sus condiciones naturales.

Las aguas origen de las precipitaciones se escurren por las calles sin ningún control, lo que provoca el deterioro de los caminos del sector. Es importante destacar que los residuos de las aguas servidas del sector no poseen ningún tipo de tratamiento descontaminante, por lo que se vierte directamente hacia un cuerpo receptor que en este caso es el Río Blanco.

## **CAPÍTULO III**

### **MARCO TEÓRICO**

En el presente apartado se presentarán las definiciones técnicas y teóricas correspondientes a los fundamentos básicos del trabajo. Se empieza con los distintos componentes del sistema de alcantarillado, incluyendo sus tipos y clasificaciones; y se finaliza con los fundamentos hidráulicos, químicos y matemáticos que definen los parámetros a tener en cuenta al momento de evaluar e intervenir un proyecto de tales magnitudes.

#### **3.1. Sistema de alcantarillado**

El sistema de recolección de aguas domiciliarias o también denominado alcantarillado, se encarga de acoger las aportaciones sanitarias de viviendas, instituciones educativas, industria, comercios, entre muchas otras. Estas son transportadas mediante conductos que tienen por nombre colectores hacia el sitio de la descarga final, el cual debe ser el punto con la menor cota del terreno, terminando su recorrido al llegar hacia una planta de tratamiento de aguas residuales que se encargará de su procesamiento. Una vez realizado el respectivo tratamiento al agua, es depositada en un afluente o cause, contribuyendo de esta manera a un menor impacto ambiental.

Al sistema de alcantarillado, Pérez (2015) lo describe como un grupo bien organizado de conductos y estructuras complementarias encargadas de la recepción y posterior disposición de las aguas servidas, provenientes de las actividades realizadas en el sector donde se encuentran ubicadas, o por medio de las lluvias.

##### **3.1.1. Partes de un sistema de alcantarillado**

Acometida: Todos ellos son componentes a través de los cuales las aguas residuales domésticas de los edificios desembocan en la red pública.

Aliviadero: Es una estructura en la que una parte del flujo existente se desvía en una dirección determinada. En el caso de un sistema de alcantarillado combinado, la depuradora puede sobrecargarse durante la temporada de lluvias.

Sumidero: Son aberturas en la calzada, situadas debajo del bordillo, para la recogida de agua de lluvia o riego.

Pozos de inspección: Estos elementos son cámaras verticales generalmente de sección circular que tienen acceso a alcantarillas, por lo que su mantenimiento es más sencillo.

### **3.1.2. Clasificación de conductos de un alcantarillado**

Tuberías: El sistema de tuberías de un alcantarillado se encuentra compuesto por tubos (PVC o cemento en su mayoría) y conexiones sanitarias unidos por sistema hermético, que facilita el transporte de las aguas domiciliarias que fluyen por el sistema (Comisión Nacional del Agua, 2009, p. 12).

Tramo inicial: Acoge las descargas de las edificaciones y de las viviendas

Tramo secundario: Acoger las descargas acumuladas de los tramos iniciales reciben únicamente los desagües provenientes de los domicilios

Colector Principal: Recoge los caudales de los tramos inicial y secundario para posteriormente depositarlos en un lugar de vertido.

## **3.2. Tipos de alcantarillado**

### **3.2.1. Alcantarillado Sanitario**

Un alcantarillado sanitario o alcantarillado doméstico es un sistema especialmente diseñado para recibir el aporte de las aguas residuales de las viviendas e industriales con el fin de conducirlos a un sitio adecuado llamado sitio de descarga, donde se encuentra una planta de tratamiento, en donde serán tratadas y consecuentemente ser vertidas a un cauce natural.

Este es un sistema conformado por tuberías, las cuales se encargan de recoger los desechos productos del uso diario del ser humano. Según Pérez (2015) está diseñado para la

recepción, transportación y disposición de las aguas residuales que se derivan de las actividades hechas en distintas edificaciones; presentando características de cierto nivel de alcalinidad en su composición.

### **3.2.2. Alcantarillado Pluvial**

Las tuberías de aguas pluviales son un conjunto de tuberías que discurren paralelas a la red de tuberías sanitarias y que, al igual que las tuberías sanitarias, recogen y entregan líquidos hasta el punto de vertido final de la forma más económica y con el menor impacto ambiental posible.

### **3.2.3. Alcantarillado combinado**

Este sistema de alcantarillado es una combinación del sistema sanitario y pluvial, dado que la función es de recoger el agua tanto de las descargas de las viviendas, como del escurrimiento del agua de lluvia. Una vez recogido el caudal acumulado, este sistema se encarga de trasladarlo hasta el emisario final. Según Pérez (2015) “Es el diseñado y construido para conducir aguas negras industriales y lluvias” (p.7).

## **3.3. Fundamentos Hidráulicos**

### **3.3.1. Velocidad flujo en tubería**

Fue descrita y patentada en un principio por el ingeniero irlandés Robert Manning, para el año de 1889, pudiendo ser usada para lograr el cálculo de la velocidad tanto en una sección de tubería llena y sección parcialmente llena.

$$v = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

- V significa velocidad media
- R es equivalente al radio hidráulico
- S sería la pendiente de la tubería

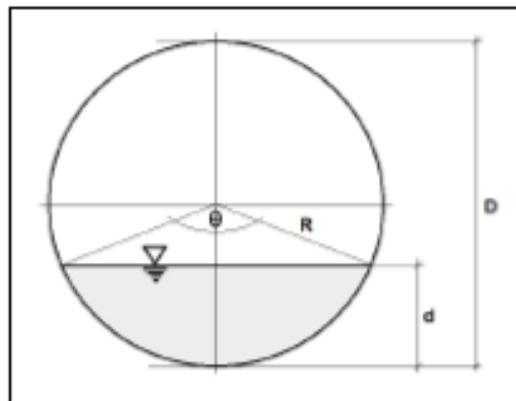
### 3.3.2. Método de Newton – Raphson

Este método se usará para poder determinar la solución de la ecuación  $\theta$  mediante iteración.

$$\theta = \frac{8 * Q * n}{R h^3 * S^2 * D^2} + \sin \theta$$

**Figura 14.**

*Sección hidráulica parcialmente llena.*



*Nota.* En la figura se pueden destacar las características geométricas de la sección parcialmente llena. Fuente: Gallardo 2018,(p.31).

La función de  $\theta$  se puede expresar como:

$$f(\theta) = \frac{8 * Q * n}{D^2 * S^2 * R^3} + \sin(\theta) - \theta = 0$$

- $\theta$ : ángulo central (se formado dentro de la tubería) expresado en radianes
- Q: Gasto ó caudal
- R: radio hidráulico
- n: coeficiente de rugosidad
- s: pendiente

El radio hidráulico se puede expresar:

$$R = \left( \frac{D}{4} - \frac{D * \sin(\theta)}{4 * \theta} \right)$$

La derivada de la función es:

$$f'(\theta) = \frac{4 * Q * n}{3 * D^{0.5} * R^{\frac{5}{3}}} * \left( \frac{\theta * \cos(\theta) - \sin(\theta)}{\theta^2} \right) + \cos(\theta) - 1$$

El proceso iterativo continuará hasta que se cumpla la condición en la que  $f(\theta) = 0$ , lo cual al realizar la operación con la ecuación 1 nos dará como resultado un valor de  $\theta_D$  expresado en radianes, del cual tendremos 2 valores, uno para gasto máximo y otro para el gasto mínimo.

$$\theta_D = \theta - \frac{f(\theta)}{f'(\theta)} ; (\text{ecuación 1})$$

$\theta_D$ : *ángulo para condiciones de gasto máximo y gasto mínimo (posteriormente usado para cálculo de velocidades max y min)*

El radio hidráulico para gasto máximo o gasto mínimo se puede expresar:

$$R_{(\text{max,min})} = \left( \frac{D}{4} - \frac{D * \sin(\theta_D)}{4 * \theta_D} \right)$$

Velocidad flujo en tubería para gasto máximo o gasto mínimo

$$V_{(\text{max,min})} = \frac{1}{n} * R_{(\text{max,min})}^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

### 3.3.3. Coeficiente de rugosidad

El coeficiente de rugosidad es proporcional al tipo de material del conducto implementado en el sistema. Sus diferentes valores serán presentados en la siguiente tabla:

**Figura 15.**

*Tabla con diferentes valores de rugosidad para diferentes materiales.*

| Tipo de canal y descripción   | Mínimo | Normal | Máximo |
|---|--------|--------|--------|
| 4. Dren inferior vitrificado con juntas abiertas  | 0.014  | 0.016  | 0.018  |
| <i>g.</i> Manipostería de ladrillo  |        |        |        |
| 1. Vidriada   | 0.011  | 0.013  | 0.015  |
| 2. Revestida con mortero de cemento   | 0.012  | 0.015  | 0.017  |
| <i>h.</i> Colectores sanitarios revestidos con desechos de aguas negras, con codos y conexiones | 0.012  | 0.013  | 0.016  |
| <i>i.</i> Solera pavimentada, cloaca de fondo liso  | 0.016  | 0.019  | 0.020  |
| <i>j.</i> Mampostería cepillada, cementada  | 0.018  | 0.025  | 0.030  |
| <b>B. Canales revestidos o fabricados</b>   |        |        |        |
| <b>B-1. Metal</b>   |        |        |        |
| <i>a.</i> Superficie de acero liso  |        |        |        |
| 1. Sin pintar   | 0.011  | 0.012  | 0.014  |
| 2. Pintada  | 0.012  | 0.013  | 0.017  |
| <i>b.</i> Corrugado   | 0.021  | 0.025  | 0.030  |
| <b>B-2. No metal</b>  |        |        |        |
| <i>a.</i> Cemento   |        |        |        |
| 1. Limpio en la superficie  | 0.010  | 0.011  | 0.013  |
| 2. Mortero  | 0.011  | 0.013  | 0.015  |

*Nota.* En la figura se puede observar los Coeficientes de Manning para diferentes superficies, enfatizando en el recubrimiento de cemento Fuente: French, (1988, p.128).

**Tabla 9.**

*Tabla con diferentes valores de rugosidad para diferentes materiales.*

| Material    | Prandtl-Colebrook |             | Hazen-Williams |             | Manning |             |
|-------------|-------------------|-------------|----------------|-------------|---------|-------------|
|             | k (mm)            |             | c              |             | n       |             |
|             | Nueva             | En servicio | Nueva          | En servicio | Nueva   | En servicio |
| Fundición   | 0,03              | 0,2         | 130            | 100         | 0,012   | 0,017       |
| Hormigón    | 0,3               | 3,0         | 140            | 110         | 0,013   | 0,017       |
| Acero       | 0,03              | 0,1         | 120            | 90          | 0,008   | 0,011       |
| Polietileno | 0,005             | 0,03        | 150            | 140         | 0,007   | 0,009       |
| PRFV        | 0,03              | 0,06        | 110            | 100         | 0,009   | 0,010       |
| PVC         | 0,002             | 0,003       | 150            | 140         | 0,007   | 0,009       |
| PVC-O       | 0,003             | 0,007       | 150            | 140         | 0,007   | 0,009       |

*Nota.* En la figura se puede observarlos los Coeficientes de Prandtl-Colebrook-White, Hazen-Williams, y Manning en función del material tanto en material nuevo como en servicio. Fuente: Molecor, (s.f.).

Para poder realizar una evaluación de una red que se encuentre en funcionamiento, estos valores van a ser diferentes debido al tiempo de uso que presentan, y es necesario tomar coeficientes para una tubería en estado de servicio y lograr un correcto análisis del funcionamiento actual del sistema

#### **3.3.4. Sección óptima**

Esta sección se le conoce a aquella que cuenta con un perímetro mojado lo más pequeño posible pero que además pueda conducir el mayor caudal posible, haciendo mención a lo ya descrito en donde se explica que, para que un canal se le denomine de máxima eficiencia hidráulica, necesita conducir el mayor caudal posible a una misma pendiente y área, asociado a un nivel de perímetro húmedo mínimo (Muñoz, 2015).

#### **3.4. El tratamiento de aguas residuales**

El sistema de tratamiento de aguas residuales se basa en un conjunto de operaciones a nivel físico, químico y biológico que sirven para la eliminación parcial o total (dependiendo de los métodos utilizados) de los agentes contaminadores encontrados en la composición del agua. La finalidad de estos procesos no es otra sino la purificación producción del agua limpia, que puede ser utilizada para otros medios que beneficien el medio ambiente (Fundación Aquae, 2021).

Dependiendo de la facilidad o dificultad de la obtención de la materia orgánica en el agua domiciliaria puede ser descompuesta por los agentes microbianos (microorganismos), los cuales se tienen 2 grupos diferenciados, los cuales son los biodegradables y los no biodegradables.

Una manera de medir la proporción de material orgánico existente en el agua consiste habitualmente de dos parámetros, la demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda biológica de oxígeno (DBO).

**DQO (Demanda química de oxígeno):** El laboratorio Baires Analítica (2020) define al DQO como la cantidad de oxígeno que necesita el agua residual para lograr la completa oxidación de la materia orgánica mediante el uso de reactivos químicos, normalmente siendo el dicromato potásico bajo condiciones de temperatura y PH controladas (180°, medio ácido) el reactivo utilizado.

Este ensayo analítico va a determinar la presencia en materia orgánica tanto biodegradable de forma conjunta, su unidad de medida va a ser en  $\text{mgO}_2/\text{l}$ , lo cual equivale a la cantidad de oxígeno necesaria para lograr la oxidación de la materia orgánica.

**DBO5 (Demanda bioquímica de oxígeno):** define la porción de oxígeno que necesita ser consumida por las bacterias y microorganismos para la degradación de materia orgánica contenida en el agua por un periodo de 5 días, también expresado en  $\text{mgO}_2/\text{l}$  (Induanalisis, 2019). Se emplean condiciones de oscuridad para inhibir posibles procesos de fotosíntesis que pudieran añadir  $\text{O}_2$  a la muestra, falseando la muestra.

La utilización de los 5 días como tiempo de incubación es para permitir que pueda ser una medida en un plazo relativamente ágil. Es fiable ya que se logra la oxidación de un porcentaje elevado de un contenido de materia orgánica biodegradable y finalmente porque en este plazo aún no se consume oxígeno en la oxidación del nitrógeno amoniacal.

Dentro del concepto de la DBO5 es importante especificar 1 unidad de medida “habitante equivalente”, por las implicaciones que tendrá a la hora de interpretar la normativa relacionada con la temática y de la cual posteriormente se hará una revisión.

Se considera 1 h-e de carga biodegradable por una demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO5), de 60 gramos de oxígeno por día.

Lo que es evidente es que a mayores niveles de estos parámetros DQO y DBO, mayor contaminación del agua. Mientras que los valores de referencia que podemos encontrar en un

agua natural no contaminada pueden oscilar entre 5 y 10mgO<sub>2</sub>/l, un agua residual sin el componente industrial suele oscilar en los rangos mostrados en la tabla inferior.

**Tabla 10.**

*Rangos de DQO y DBO5 en ARU.*

| <b>Parámetro</b> | <b>Valor</b>                    |
|------------------|---------------------------------|
| <b>DQO</b>       | 250-450 mg<br>O <sub>2</sub> /l |
| <b>DBO5</b>      | 150-300 mg<br>O <sub>2</sub> /l |

*Nota.* Se presenta la tabla con los rangos de DQO y DBO5. Fuente: Cirujeda, 2019

La relación entre el contenido de DQO y DBO5 será de gran importancia al momento de escoger el proceso de tratamiento que se va a poder utilizar con las aguas de origen residual, siendo sus características definitorias para la elección de poder aplicar un tratamiento biológico o no.

Para poder utilizar un tratamiento biológico aerobio (el utilizado mayormente en aguas residuales urbanas), va a ser necesario que buena parte de la materia orgánica presente sea biodegradable. Un método sencillo para poder determinar si esta relación es adecuada o no, será el cociente entre la DBO5 y la DQO. De modo general se puede adoptar los valores de la siguiente tabla para su determinación.

**Tabla 11.**

*Relación bio-degradabilidad ARU.*

| <b>Relación<br/>DBO5/DQO</b> | <b>Biodegradabilidad</b> |
|------------------------------|--------------------------|
| <b>&gt; 0.4</b>              | Alta                     |
| <b>0.2-0.4</b>               | Media                    |
| <b>&lt; 0.2</b>              | Baja                     |

*Nota.* Se presenta la tabla de la relación de bio degradabilidad. Fuente: Cirujeda, 2019

Las aguas residuales con baja bio-degradabilidad no van a ser aptas para un tratamiento biológico convencional. Si bien en el caso de las aguas residuales urbanas, que son las que ocupan este manual por norma general, excepto los casos comentados de fuertes aportes industriales, siempre van a mostrar una relación por encima del 0.4, alcanzando habitualmente un rango del 0.6 – 0.75.

### **3.5. Evaluación de aguas residuales**

El perfil de los vertidos domésticos se deriva de la aportación de sus distintos componentes. Los componentes con un aporte más significativo, tanto en lo referente a su caudal como a su concentración, son el inodoro, la bañera y la ducha, el fregadero, la lavadora y el lavabo. Por esta razón es que las aguas residuales de origen urbano normalmente poseen características muy similares entre unas y otras, lo que ayuda a una cierta similitud en los tratamientos de estas, claro que con ciertas diferencias basadas en las actividades que realice el sector, ya que las aportaciones del sector urbano no van a ser las mismas que un sector que cuente además con comercio o industria.

Al haber explicado esto se puede decir que, si el agua residual no posee contaminantes fuertes capas de alterar enormemente la composición del agua, entonces se pueden caracterizar por:

#### **3.5.1. Materia orgánica.**

Son compuestos que se introducen en las aguas residuales, principalmente como resultado de los desechos biológicos humanos liberados a través de los sistemas de saneamiento. En su mayoría están formados a base de combinaciones de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno en ciertos casos. Estos residuos son provenientes del reino animal, vegetal, así como de actividades humanas (Hanna Instruments, 2014).

Se complementan con la intervención de determinadas industrias del casco urbano como la producción de alimentos, mataderos, que arrastran por lluvia sustancias como los

vertidos de hidrocarburos en las carreteras, etc. La siguiente tabla presenta sus elementos clave:

**Tabla 12.**

*Contribución de contenido en materia orgánica de un ARU.*

| <b>Compuesto</b>           | <b>Porcentaje aportación a materia orgánica</b> |
|----------------------------|---|
| <b>Proteínas</b>           | 40-60%  |
| <b>Hidratos de carbono</b> | 25-50%  |
| <b>Grasas</b>              | < 10%   |

*Nota.* Se presenta la contribución de contenido en materia orgánica. Fuente: Cirujeda, 2019

### **3.5.2. Sólidos en suspensión**

Hacen referencia a un grupo de partículas pequeñas que se mantienen en suspensión en el agua. Estos son utilizados como un indicador de la calidad que posee el cuerpo de agua estudiado, principalmente en los de carácter residual. Su principal característica dentro del agua es el color que adquiere cuando existe una gran cantidad de sólidos disueltos dentro de ella, indicando que se encuentra turbia (Cromtek, 2022).

### **3.5.3. Fosforo y nitrógeno**

Estos son los causantes principales del crecimiento de algas y de otras formas de vida acuáticas fotosintéticas, derivando en la eutrofización en el agua receptora, lo cual reduce significativamente la cantidad de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua.

#### **3.5.4. Otros contaminantes**

Color y olor. Estos son características de aguas de tipo residual, los cuales son generados por la inclusión de materiales en su contenido. Poseen una importancia considerable, ya que son de las características más notables por el ojo humano, resultando ser molestas. Sus principales causantes son los sólidos en suspensión (H<sub>2</sub>S, por ejemplo) (Cirujeda, 2019).

Grasas y aceites. Son aquellos compuestos que poseen una menor densidad a la del cuerpo de agua, los cuales irán acumulándose en la superficie debido a esta propiedad. Para las aguas de carácter urbano no suelen representar un problema al ser de fácil tratamiento. Sin embargo, para las aguas de aporte industrial se puede llegar a necesitar de tratamientos adicionales, ya que pueden derivar en atascos en las tuberías y olores fuertes que resultan molestos (Cirujeda, 2019).

Temperatura. A pesar de no ser considerado como un contaminante, valores que se encuentren por debajo de los 10 grados Celsius pueden causar ralentización del tratamiento de los microorganismos; mientras que por encima de los 40 grados Celsius, no permiten el correcto desarrollo de las comunidades biológicas necesarias para cumplir con esta tarea.

Tóxicos. Estos no suelen ser comunes en las aguas residuales urbanas dadas las actividades domésticas habituales. Sin embargo, en algunas actividades industriales y comerciales en donde no son tratados debidamente los residuos, pueden llegar estos compuestos a la red de aguas residuales.

PH. No determina un compuesto tóxico nocivo para el agua receptora, sin embargo, en valores fuera del rango de 5.5-9.5, la vida no existe, siendo esta necesaria para el correcto funcionamiento de los procesos biológicos del agua.

## **3.6. Tipos de tratamiento**

### **3.6.1. Tratamiento Preliminar**

#### **3.6.1.1. Estructura de separación de caudales**

Un desviador es una estructura en la que una parte del flujo existente se desvía en una dirección determinada. En el caso de un sistema de alcantarillado combinado, la depuradora puede sobrecargarse durante la temporada de lluvias, por lo que una vez que se logra una cierta dilución entre los caudales sanitarios y pluviales, las aguas pluviales se dirigen a la boca de descarga.

La regla básica es que el caudal máximo que ingresa a la estructura de tratamiento es 10 veces el caudal sanitario, es decir, 1 La relación de dilución es 1/10. El diseño está dado por supuestos arbitrarios muy realistas. Según su configuración, el desviador funcionará como una especie de vertedero, ya sea libre, sumergido, lateral, etc.

### **3.6.2. Tratamiento Primario**

Se trata de un proceso de características físicas o químicas con el objetivo principal de lograr reducir la cantidad de sólidos suspendidos mediante el uso de las fuerzas gravitatorias, derivando en la sedimentación del material (Rodríguez de Jorge, 2020).

Dependiendo de la calidad requerida en los afluentes finales o sitios de descarga, se puede considerar el uso ya sea de un filtro, un sistema de flotación o un sistema de floculación y flotación.

#### **3.6.2.1. Sedimentación**

Bruni et al. (2018) definen el proceso de sedimentación como un tipo de tratamiento previo de características físicas que se lleva a cabo antes de la realización de tratamientos de mayor impacto como los sistemas de purificación, desinfección y la filtración del agua.

Los tanques de sedimentación pueden ser cuadrados, redondos y rectangulares según su forma; además ser de escorrentía vertical o radial. Están equipados con accesorios de entrada

y salida de agua para garantizar que el agua se distribuya uniformemente por todo el dispositivo y evitar la creación de áreas vacías y flujo de agua. Para la elaboración de los equipos de sedimentación se necesitan considerar las siguientes características:

- El área superficial de la unidad sedimentadora.
- Las velocidades de asentamiento de las partículas en proceso de remoción.
- La profundidad total.
- El tiempo de retención.
- La velocidad horizontal.
- Aditamentos de distribución (entrada – salida)

### **3.6.2.2. Flotación**

Según Forero et al. (1999) la flotación es un proceso basado en la separación de manera física de las aguas residuales con las grasas, aceites y sólidos suspendidos que se encuentran contenidos en el sistema. Este proceso hace que todos los materiales que se encuentran contenidos en el agua suban hacia la superficie, quedando expuestos a ser removidos de una manera más sencilla.

El tanque desnatador es una estructura larga y estrecha con un período de retención de 2 a 3 minutos y está equipado con un sistema de chorro de aire para ayudar y acelerar el proceso de flotación. En muchos casos, si la cantidad de flotadores no es grande, se utilizan decantadores redondos, equipados con accesorios para recoger flotadores y espuma. Estas barredoras de superficie empujan los flotadores hacia la caja de recogida de espuma.

### **3.6.3. Tratamiento Secundario**

En el transcurso de esta etapa se logra la eliminación del material orgánico a través de procesos aeróbicos y anaeróbicos, realizados por microorganismos que se alimentan de la materia orgánica existente en el agua (Rodríguez de Jorge, 2020). Aquí se encuentran los coloides y toda la materia orgánica disuelta. En este proceso los microorganismos consumen la

materia orgánica, transformándola en grupos de células renovadas que resultan fáciles de retirar.

En la operación de sedimentación se logran separar los lodos activados de la mezcla, siendo este el paso final previo a la descarga necesaria para la creación de un flujo controlado, purificado y con una baja composición de DBO y DQO.

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA

#### 4.1. Definición de metodología

Tanto en los proyectos técnicos como en los temas de estudio se presentan la metodología como un medio por el cual se puede explicar los procedimientos empleados en la solución del tema planteado. Según (Rocha C. I., 2015) se define como metodología de la investigación al estudio del método realizado en el desarrollo de la investigación y sus herramientas, que facilitan el proceso de recolección de datos fundamentales para la realización del proyecto. Entre las muchas técnicas que se encuentran en el proceso de la metodología se encuentran la documentación, la redacción científica, el análisis estadístico, entre otros.

#### 4.2. Enfoque

La evaluación del sistema actual de recolección de aguas servidas y la implementación de tratamiento de aguas residuales se realizará mediante un análisis de investigación cuantitativa. Este enfoque tiene su razón de ser en los objetivos específicos planteados para resolver el problema.

La principal razón para realizar este enfoque cuantitativo, se debe a que para poder desarrollar correctamente el proyecto, se debe realizar un análisis de la cantidad de habitantes que residen en cada comunidad, ya sea expresado en una densidad poblacional o en un número de habitantes por cada vivienda. Para lograrlo, es necesaria la recopilación de información de interés para el proyecto como pozos existentes, pozos no visibles, estructuras complementarias, usuarios sin acceso al sistema, entre muchos otros datos de importancia. Además de diferentes factores que pueden influir en la ejecución, tales como la cantidad de materiales a utilizarse, personal técnico y no técnico, todo para asegurar el desarrollo exitoso de la obra.

Esta investigación también tiene un lado cualitativo, dado que mediante análisis químicos de agua en laboratorio se pueda evaluar la calidad del agua a ser tratada. Además de

los resultados de los trabajos en campo, y demás información recopilada, el especialista haciendo uso de los conocimientos adquiridos en su formación académica, determinará el mejor camino de ejecución de la obra.

#### **4.3. Tipos de investigación**

Este proyecto se utilizará 2 tipo de investigación:

Se usará la investigación descriptiva dado que es indispensable poder tener una idea clara de lo que es el proyecto y a donde está encaminado, poder detallar las situaciones actuales del sistema, y sus posibles problemas a futuro. Una vez realizado estos pasos, se podrá dar una solución definitiva a la problemática dentro de los parámetros establecidos en las normas vigentes. Además de describir las ventajas y beneficios que conlleva contar con un adecuado tratamiento de aguas residuales en la salud de los pobladores y en la importancia de tener ecosistema sano.

Además, se usará el método explicativo que, Según Sampieri (2014) sobrepasan la descripción de definiciones o la interrelación de conceptos, siendo dirigidos a emitir respuesta por las múltiples causas de los eventos y fenómenos de características físicas y sociales. Se encarga en resumidas cuentas de darle la explicación al origen de un fenómeno.

Todo esto es con el fin de poder dar una explicación clara acerca del proceso en el cual se lleva este proyecto de titulación, tales como el método usado en el cálculo de las diferentes partes del sistema tanto del sistema de alcantarillado como en el de la planta de tratamiento y estructuras complementarias, donde su principal razón es poder brindar una solución a la problemática planteada.

#### **4.4. Técnicas o instrumentos de investigación**

Entre las técnicas a utilizarse para la investigación encuentra la entrevista y la observación, dado que este proyecto contará con la ayuda del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Espejo. Se formulará una sesión en dónde se podrá proporcionar

los datos de censo de la población los cuales serán de gran ayuda para poder estimar la población a servir, y todo tipo de estudios previos los cuales puedan proporcionar mayor información al desarrollo del proyecto tales como geología del lugar, estudios hidrológicos etc, así como también de datos geográficos.

Haciendo uso de la entrevista se podrá realizar visitas técnicas al sitio del proyecto para poder obtener información de gran importancia tal como, el trazado de la red sanitaria. Esto se debe a que, al no existir planos de esta red, se hace necesaria poder realizar una charla con los ciudadanos los cuales conocen a la perfección estos datos, ya que han vivido en este sitio la mayor parte de su vida. Mediante la observación se podrá determinar el mejor trayecto por donde puede darse el proyecto, dado que con la ayuda de los datos geográficos y levantamientos topográficos se podrán seleccionar los sitios de descarga e implantación de estructuras complementarias que son indispensables en el tratamiento de agua.

#### **4.5. Procedimiento**

En la primera fase de este proyecto se llevó a cabo un levantamiento topográfico preciso utilizando equipos de topografía calibrados, con el fin de recopilar información detallada sobre el terreno y las condiciones existentes en el lugar. Esto incluyó la obtención de cotas del proyecto y del terreno, que serían esenciales para ubicar espacialmente el proyecto.

En la segunda fase, se realizaron mediciones de caudales, diámetros de tubería, materiales, descargas y pendientes, para evaluar el estado actual y el funcionamiento del sistema de recolección de aguas residuales. Se obtuvo información de fuentes locales, se verificó la información proporcionada por el proyecto y se realizó una inspección guiada del lugar para asegurar la precisión de los datos recopilados.

En la tercera fase, se identificaron los sitios de descarga y se compararon con los datos obtenidos en la topografía del lugar, para determinar los mejores puntos para colocar y diseñar

estructuras complementarias del sistema de alcantarillado, como separadores de caudales. Se realizó una evaluación exhaustiva de las alternativas de diseño disponibles.

En la cuarta fase, se utilizarán los datos recopilados y los cálculos de diseño para evaluar el funcionamiento de los sistemas de alcantarillado existentes. Se determinará si es necesario realizar alguna intervención en el sistema.

Finalmente, en la fase 5, se diseñará la alternativa más viable para el sistema de alcantarillado mediante programas especializados como SewerCAD y AutoCAD. Se realizarán simulaciones del sistema de alcantarillado y se crearán planos para comprender el comportamiento del flujo y poder diseñar un plan de tratamiento alternativo adecuado. Todo esto con el objetivo de diseñar un sistema de alcantarillado eficiente, duradero, confiable y de bajo costo de construcción y mantenimiento, que satisfaga las necesidades de la comunidad.

#### **4.6. Materiales**

Los materiales de la investigación conllevan un gran nivel de importancia y peso para el correcto desarrollo de todas las fases del proyecto. Gracias a estos implementos, se conocerán y recolectarán los datos y elementos necesarios para ser procesados y evaluados con el fin de lograr todos y cada uno de los objetivos establecidos. Los materiales que se utilizarán son los siguientes:

Equipos topográficos: estaciones totales, una brindada por la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur y otra por el Gobierno Autónomo Municipal de Espejo (GADM-E), para la toma de medidas y cotas del terreno.

Software especializado de topografía y diseño de sistemas de alcantarillado: para procesar los datos recolectados y diseñar los planos de los sistemas de alcantarillado.

Instrumentos de medición de caudales, pendientes y diámetros de tuberías: para obtener datos precisos del sistema de recolección actual.

Cámaras de inspección: para visualizar el estado interno de las tuberías y detectar posibles obstrucciones u otros problemas.

Herramientas para excavación: para realizar las intervenciones necesarias en caso de que se requiera la implementación de nuevas estructuras complementarias.

Computadoras y software de análisis económico: para llevar a cabo el análisis técnico-económico de las diferentes alternativas de diseño propuestas.

Libros, normas técnicas y publicaciones científicas: para respaldar la investigación y sustentar las decisiones tomadas en el diseño del sistema de alcantarillado.

## CAPÍTULO V

### BASES DE DISEÑO

#### 5.1. Parámetros de diseño

La evaluación del sistema de recolección de aguas residuales (alcantarillado sanitario) en las comunidades de Gualchán y Las Juntas es un alcantarillado ya en funcionamiento. Esto hace necesario realizar una evaluación de los parámetros hidráulicos, y constatar que se encuentren dentro de los parámetros exigidos en la norma. Mientras que en la comunidad Espejo 2 se realizará el diseño de un sistema de alcantarillado. Este proyecto hará uso de los parámetros establecido en la norma rural para estudios y diseños SENAGUA-RURAL. Esto es debido a que la población asentada en estas comunidades no sobrepasa los 1000 habitantes.

Durante el funcionamiento del sistema de alcantarillado, se debe cumplir la condición de auto limpieza para limitar la sedimentación de arena y otras sustancias sedimentables como heces y otros productos de desecho en los colectores. “Los parámetros de diseño constituyen los elementos básicos para el desarrollo del diseño de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales” (EMAAP-Q, 2009, p. 27).

#### 5.2. Período de diseño

Es el tiempo para el cual el sistema de saneamiento debe funcionar al 100% de su efectividad. Una vez transcurrido este tiempo, el sistema empieza a ser menos eficiente debido a que su periodo de funcionamiento para el cual fue diseñado ya ha sido superado

Este periodo de diseño se encuentra establecido en la normativa la cual dice lo siguiente: “Las obras civiles de los sistemas de agua potable o disposición de residuos líquidos, se diseñarán para un período de 20 años.” (Senagua, 2016, p. 28).

Para efecto de este proyecto se tomará un periodo de diseño mayor al de la norma, este periodo sera de 30 años.

### 5.3. Población de diseño

“Esta población debe corresponder a la proyectada al final del período de diseño, llamado también año horizonte de planeamiento del proyecto. Además, debe estimarse la población futura cada 5 años hasta el año horizonte” (EMAAP-Q, 2009, p. 27). En todo caso se puede explicar que esta es la población que va a ser uso del servicio.

### 5.4. Población actual

La población del área del proyecto no se encuentra definida en los registros de la municipalidad, ni en documentos existentes en las oficinas de la tenencia política de las comunidades. Sin embargo, debido a charlas realizadas con las autoridades del sector y los mismos pobladores se ha logrado establecer una población acumulada de alrededor de 400 habitantes entre las 3 comunidades. De esta manera mediante estos datos se puede obtener que existen un promedio de 3 a 4 habitantes por cada vivienda en las comunidades.

### 5.5. Tasa de crecimiento anual

Para la tasa de crecimiento se utilizará el promedio de la tasa anual de crecimiento de los últimos censos efectuados en el periodo 1990-2001 y 2001-2010 por el INEC, en el Cantón Espejo. Lo cual se indica en la siguiente tabla.

**Tabla 13.**

*Tabla de crecimiento anual del Cantón Espejo.*

| <b>Año</b>      | <b>Cantón<br/>Espejo hab</b> | <b>%</b>     |
|-----------------|------------------------------|--------------|
| 1990            | 13188                        |              |
| 2001            | 13515                        | 0.22%        |
| 2010            | 13364                        | -0.12%       |
| <b>promedio</b> |                              | <b>0.17%</b> |

*Nota.* Se presenta la tabla de crecimiento anual del Cantón Espejo. Elaborado por: Los Autores, a través del INEC, 2010.

## Figura 14.

*Tabla de crecimiento poblacional del Cantón Espejo.*



*Nota.* Se presenta la tabla de crecimiento poblacional del Cantón Espejo. Elaborado por: Los Autores, a través del INEC, 2010.

Al hacer una evaluación de los datos obtenidos, se puede identificar que la tasa de crecimiento del Cantón espejo es baja, razón por la cual se considera que el Goaltal al ser una parroquia rural va a tener una tasa de crecimiento igual o menor al cantón que pertenece. Para efectos de este proyecto se tomará como valor de cálculo la tasa de crecimiento de 0.17%.

### 5.6. Población futura

Esta es la población a la cual se va a prestar el servicio, partiendo de datos de población mediante censos y proyectarlos a tasa de crecimiento o decrecimiento. Gracias a esto se puede conocer cuál será la posible cantidad de habitantes en un determinado número de años mediante métodos tales como, método geométrico y método exponencial.

En este proyecto para la estimación de la población futura se calculará mediante tres métodos: el método aritmético, método geométrico y método de densidades, de manera que se pueda comprobar con mayor exactitud el número de posibles futuros habitantes en la región. El periodo de diseño empleado será de 30 años. La distribución de la población actual en las comunidades se encuentra de la siguiente manera:

- Comunidad Gualchán: 280 habitantes
- Comunidad Espejo 2: 30 habitantes
- Comunidad Las Juntas: 90 habitantes

La tasa de crecimiento anual será de 0.17%, este proceso se hace con la finalidad de poder realizar una evaluación y posteriormente una comparación de los resultados para estimar la población más próxima que hará uso diseño de alcantarillado y alternativa de tratamiento de aguas residuales.

### 5.7. Método aritmético

El método aritmético es puramente teórico, lo cual quiere decir que, si el incremento de la población es constante y además independiente del tamaño, la ecuación de este método, indicada en la tesis de Cuello (2020) mostrará un gráfico lineal.

$$P = P_o(1 + r * n)$$

Donde:

**r:** Tasa de crecimiento o decrecimiento de la población.

**P:** Población futura o final del periodo de diseño.

**P<sub>o</sub>:** Población actual o inicial.

**n:** Periodo de diseño.

En las siguientes tablas se tienen los resultados obtenidos para cada una de las comunidades:

**Tabla 14.**

*Proyección de la poblacional comunidad Gualchán por el método aritmético.*

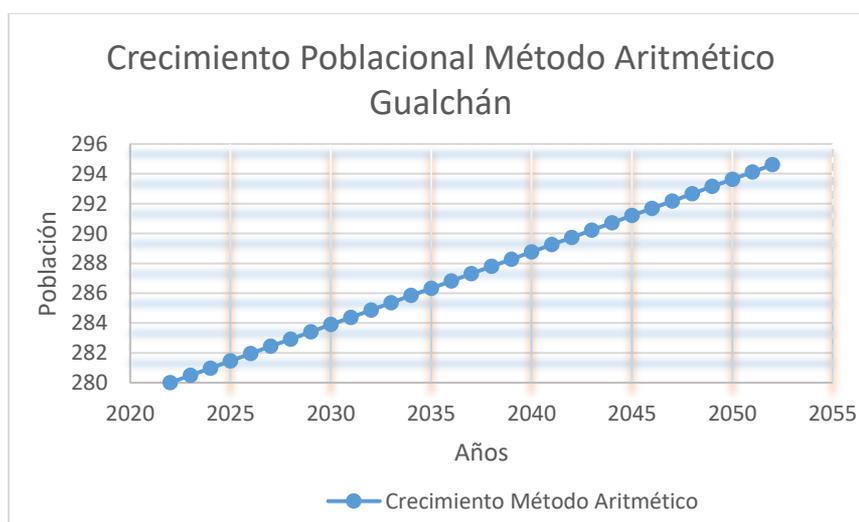
| N° | Año  | Población | N°        | Año         | Población  |
|----|------|-----------|-----------|-------------|------------|
| 0  | 2022 | 280       | 16        | 2038        | 288        |
| 1  | 2023 | 280       | 17        | 2039        | 288        |
| 2  | 2024 | 281       | 18        | 2040        | 289        |
| 3  | 2025 | 281       | 19        | 2041        | 289        |
| 4  | 2026 | 282       | 20        | 2042        | 290        |
| 5  | 2027 | 282       | 21        | 2043        | 290        |
| 6  | 2028 | 283       | 22        | 2044        | 291        |
| 7  | 2029 | 283       | 23        | 2045        | 291        |
| 8  | 2030 | 284       | 24        | 2046        | 292        |
| 9  | 2031 | 284       | 25        | 2047        | 292        |
| 10 | 2032 | 285       | 26        | 2048        | 293        |
| 11 | 2033 | 285       | 27        | 2049        | 293        |
| 12 | 2034 | 286       | 28        | 2050        | 294        |
| 13 | 2035 | 286       | 29        | 2051        | 294        |
| 14 | 2036 | 287       | <b>30</b> | <b>2052</b> | <b>295</b> |
| 15 | 2037 | 287       |           |             |            |

*Nota.* Se presenta la proyeccion poblacional para 30 años en la comunidad de Gualchán.

Elaborado por: Los autores

**Figura 15**

*Proyección de la poblacional por el método aritmético*



*Nota.* Se presenta la proyeccion poblacional en gráfica para 30 años en la comunidad

de Gualchan. Elaborado por: Los autores

**Tabla 15.**

*Proyección de la poblacional comunidad Espejo 2 por el método aritmético.*

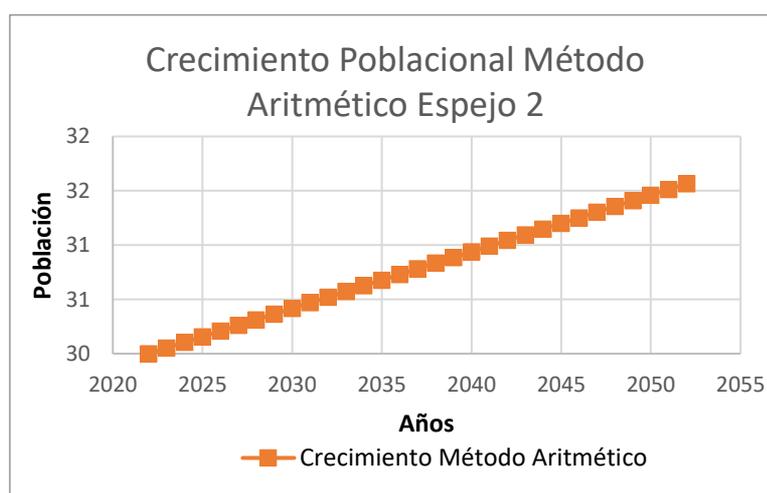
| N° | Año  | Población | N°        | Año         | Población |
|----|------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| 0  | 2022 | 30        | 16        | 2038        | 31        |
| 1  | 2023 | 30        | 17        | 2039        | 31        |
| 2  | 2024 | 30        | 18        | 2040        | 31        |
| 3  | 2025 | 30        | 19        | 2041        | 31        |
| 4  | 2026 | 30        | 20        | 2042        | 31        |
| 5  | 2027 | 30        | 21        | 2043        | 31        |
| 6  | 2028 | 30        | 22        | 2044        | 31        |
| 7  | 2029 | 30        | 23        | 2045        | 31        |
| 8  | 2030 | 30        | 24        | 2046        | 31        |
| 9  | 2031 | 30        | 25        | 2047        | 31        |
| 10 | 2032 | 31        | 26        | 2048        | 31        |
| 11 | 2033 | 31        | 27        | 2049        | 31        |
| 12 | 2034 | 31        | 28        | 2050        | 31        |
| 13 | 2035 | 31        | 29        | 2051        | 32        |
| 14 | 2036 | 31        | <b>30</b> | <b>2052</b> | <b>32</b> |
| 15 | 2037 | 31        |           |             |           |

*Nota.* Se presenta la proyeccion poblacional para 30 años en la comunidad de Espejo

2. Elaborado por: Los autores

**Figura 16,**

*Proyección de la poblacional por el método aritmético.*



*Nota.* Se presenta la proyeccion poblacional en gráfico para 30 años en la comunidad de Espejo 2 Elaborado por: Los autores

**Tabla 16.**

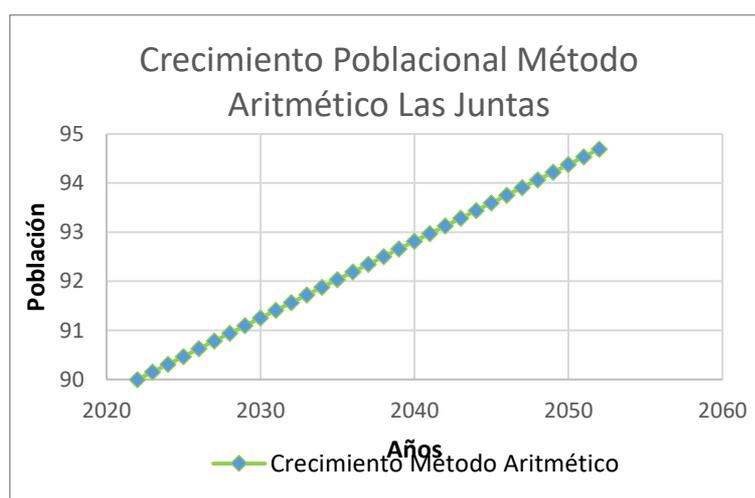
*Proyección de la poblacional comunidad Las Juntas por el método aritmético.*

| N° | Año  | Población | N°        | Año         | Población |
|----|------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| 0  | 2022 | 90        | 16        | 2038        | 93        |
| 1  | 2023 | 90        | 17        | 2039        | 93        |
| 2  | 2024 | 90        | 18        | 2040        | 93        |
| 3  | 2025 | 90        | 19        | 2041        | 93        |
| 4  | 2026 | 91        | 20        | 2042        | 93        |
| 5  | 2027 | 91        | 21        | 2043        | 93        |
| 6  | 2028 | 91        | 22        | 2044        | 93        |
| 7  | 2029 | 91        | 23        | 2045        | 94        |
| 8  | 2030 | 91        | 24        | 2046        | 94        |
| 9  | 2031 | 91        | 25        | 2047        | 94        |
| 10 | 2032 | 92        | 26        | 2048        | 94        |
| 11 | 2033 | 92        | 27        | 2049        | 94        |
| 12 | 2034 | 92        | 28        | 2050        | 94        |
| 13 | 2035 | 92        | 29        | 2051        | 95        |
| 14 | 2036 | 92        | <b>30</b> | <b>2052</b> | <b>95</b> |
| 15 | 2037 | 92        |           |             |           |

*Nota.* Se presenta la proyeccion poblacional para 30 años en la comunidad de Las Juntas. Elaborado por: Los autores

**Figura 17**

*Proyección de la poblacional comunidad Las Juntas por el método aritmético.*



*Nota.* Se presenta la proyeccion poblacional en gráfico para 30 años en la comunidad de Las Juntas. Elaborado por: Los autores

## 5.8. Método Geométrico

El crecimiento de la población es geométrico si el aumento en la cantidad de habitantes es directamente proporcional a tamaño, manteniendo una tasa de crecimiento constante a lo largo del tiempo.

Este método conduce a otorgar mejores resultados que el método anteriormente utilizado.

$$P = P_0(1 + r)^{T-T_0}$$

Dónde:

**r:** Tasa de crecimiento o decrecimiento de la población.

**P:** Población futura o final del periodo de diseño.

**P<sub>0</sub>:** Población actual o inicial.

**T:** Tiempo final o al cual se espera proyectar.

**T<sub>0</sub>:** Tiempo inicial o actual.

En las siguientes tablas se tienen los resultados obtenidos para cada una de las comunidades:

**Tabla 17.**

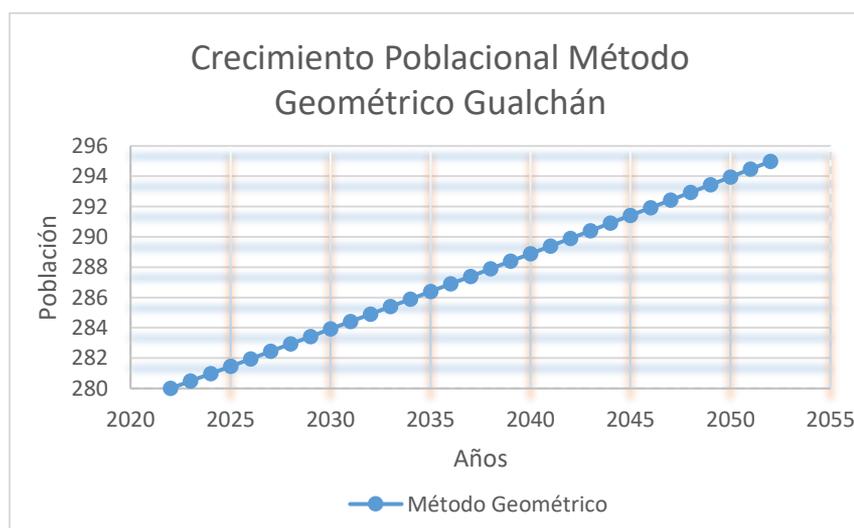
*Proyección de la poblacional comunidad Gualchán por el método geométrico*

| N° | Año  | Población | N°        | Año         | Población  |
|----|------|-----------|-----------|-------------|------------|
| 0  | 2022 | 280       | 16        | 2038        | 288        |
| 1  | 2023 | 280       | 17        | 2039        | 288        |
| 2  | 2024 | 281       | 18        | 2040        | 289        |
| 3  | 2025 | 281       | 19        | 2041        | 289        |
| 4  | 2026 | 282       | 20        | 2042        | 290        |
| 5  | 2027 | 282       | 21        | 2043        | 290        |
| 6  | 2028 | 283       | 22        | 2044        | 291        |
| 7  | 2029 | 283       | 23        | 2045        | 291        |
| 8  | 2030 | 284       | 24        | 2046        | 292        |
| 9  | 2031 | 284       | 25        | 2047        | 292        |
| 10 | 2032 | 285       | 26        | 2048        | 293        |
| 11 | 2033 | 285       | 27        | 2049        | 293        |
| 12 | 2034 | 286       | 28        | 2050        | 294        |
| 13 | 2035 | 286       | 29        | 2051        | 294        |
| 14 | 2036 | 287       | <b>30</b> | <b>2052</b> | <b>295</b> |
| 15 | 2037 | 287       |           |             |            |

*Nota.* Se presenta la proyeccion poblacional para 30 años en la comunidad Gualchán por el método geométrico. Elaborado por: Los autores

**Figura 18.**

*Proyección de la poblacional por el método geométrico.*



*Nota.* Se presenta la proyeccion poblacional en gráfico para 30 años en la comunidad Gualchán por el método geométrico. Elaborado por: Los autores

**Tabla 18.**

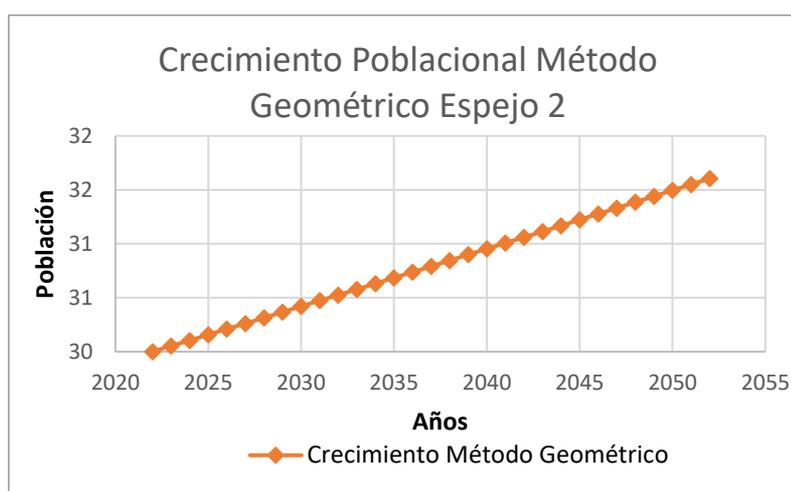
*Proyección de la poblacional comunidad Espejo 2 por el método geométrico.*

| N° | Año  | Población | N°        | Año         | Población |
|----|------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| 0  | 2022 | 30        | 16        | 2038        | 31        |
| 1  | 2023 | 30        | 17        | 2039        | 31        |
| 2  | 2024 | 30        | 18        | 2040        | 31        |
| 3  | 2025 | 30        | 19        | 2041        | 31        |
| 4  | 2026 | 30        | 20        | 2042        | 31        |
| 5  | 2027 | 30        | 21        | 2043        | 31        |
| 6  | 2028 | 30        | 22        | 2044        | 31        |
| 7  | 2029 | 30        | 23        | 2045        | 31        |
| 8  | 2030 | 30        | 24        | 2046        | 31        |
| 9  | 2031 | 30        | 25        | 2047        | 31        |
| 10 | 2032 | 31        | 26        | 2048        | 31        |
| 11 | 2033 | 31        | 27        | 2049        | 31        |
| 12 | 2034 | 31        | 28        | 2050        | 31        |
| 13 | 2035 | 31        | 29        | 2051        | 32        |
| 14 | 2036 | 31        | <b>30</b> | <b>2052</b> | <b>32</b> |
| 15 | 2037 | 31        |           |             |           |

*Nota.* Se presenta la proyeccion poblacional para 30 años en la comunidad Espejo 2 por el método geométrico Elaborado por: Los autores

**Figura 19.**

*Proyección de la poblacional por el método geométrico.*



*Nota.* Se presenta la proyeccion poblacional en gráfico para 30 años en la comunidad Espejo 2 por el método geométrico Elaborado por: Los autores

**Tabla 19.**

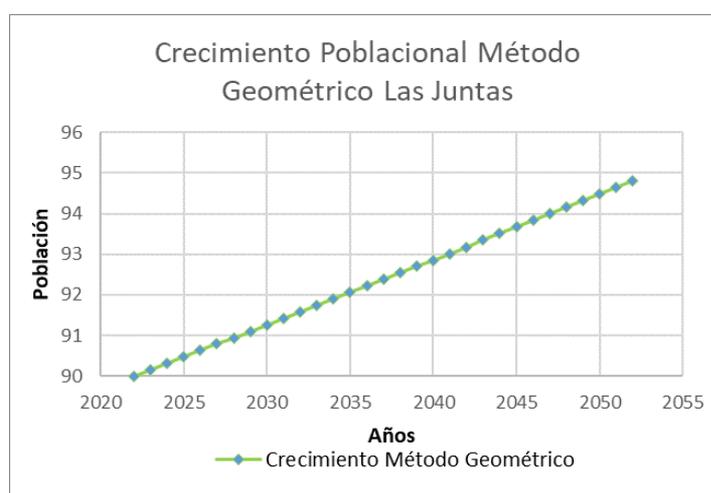
*Proyección de la poblacional comunidad Las Juntas por el método geométrico.*

| N° | Año  | Población | N°        | Año         | Población |
|----|------|-----------|-----------|-------------|-----------|
| 0  | 2022 | 90        | 16        | 2038        | 93        |
| 1  | 2023 | 90        | 17        | 2039        | 93        |
| 2  | 2024 | 90        | 18        | 2040        | 93        |
| 3  | 2025 | 90        | 19        | 2041        | 93        |
| 4  | 2026 | 91        | 20        | 2042        | 93        |
| 5  | 2027 | 91        | 21        | 2043        | 93        |
| 6  | 2028 | 91        | 22        | 2044        | 94        |
| 7  | 2029 | 91        | 23        | 2045        | 94        |
| 8  | 2030 | 91        | 24        | 2046        | 94        |
| 9  | 2031 | 91        | 25        | 2047        | 94        |
| 10 | 2032 | 92        | 26        | 2048        | 94        |
| 11 | 2033 | 92        | 27        | 2049        | 94        |
| 12 | 2034 | 92        | 28        | 2050        | 94        |
| 13 | 2035 | 92        | 29        | 2051        | 95        |
| 14 | 2036 | 92        | <b>30</b> | <b>2052</b> | <b>95</b> |
| 15 | 2037 | 92        |           |             |           |

*Nota.* Se presenta la proyeccion poblacional para 30 años en la comunidad Las Juntas por el método geométrico Elaborado por: Los autores

**Figura 20**

*Proyección de la poblacional comunidad Las Juntas por el método geométrico*



*Nota.* Se presenta la proyeccion poblacional en gráfico para 30 años en la comunidad Las Juntas por el método geométrico Elaborado por: Los autores

En las tablas presentadas a continuación se pueden observar un resumen del análisis entre los métodos aritmético y geométrico para las 3 comunidades.

**Tabla 20.**

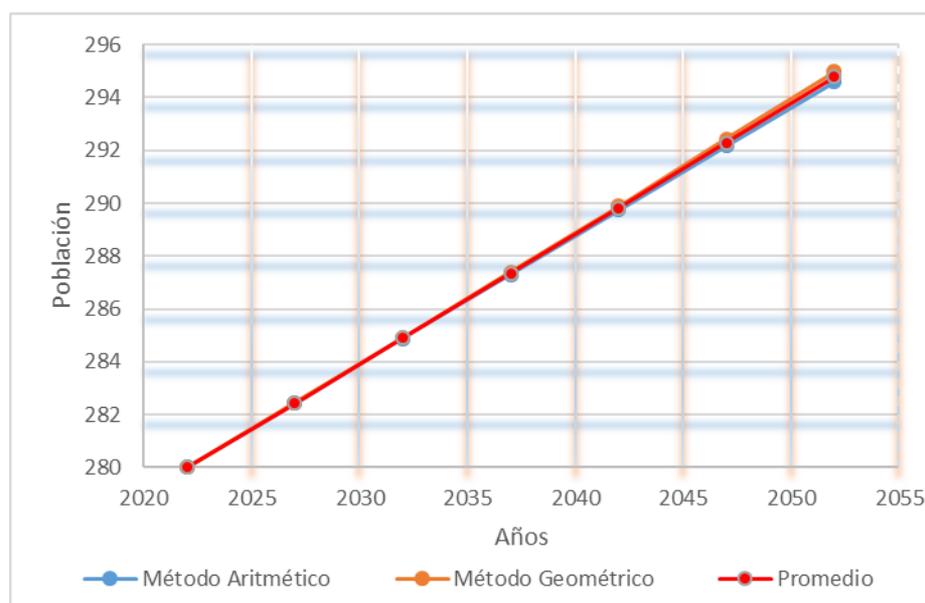
*Análisis comparativo entre los métodos aritmético y geométrico comunidad Gualchán*

| N°        | Año         | Métodos    |            | Promedio   |
|-----------|-------------|------------|------------|------------|
|           |             | Aritmético | Geométrico |            |
| 0         | 2022        | 280        | 280        | 280        |
| 5         | 2027        | 282        | 282        | 282        |
| 10        | 2032        | 285        | 285        | 285        |
| 15        | 2037        | 287        | 287        | 287        |
| 20        | 2042        | 290        | 290        | 290        |
| 25        | 2047        | 292        | 292        | 292        |
| <b>30</b> | <b>2052</b> | <b>295</b> | <b>295</b> | <b>295</b> |

*Nota.* Se presenta la comparación de resultados entre los métodos aritmético y geométrico comunidad Gualchán. Elaborado por: Los autores

**Figura 21**

*Análisis comparativo entre los métodos aritmético y geométrico comunidad Gualchán.*



*Nota.* Se presenta la comparación de resultados en gráfico entre los métodos aritmético y geométrico comunidad Gualchán. Elaborado por: Los autores

**Tabla 21.**

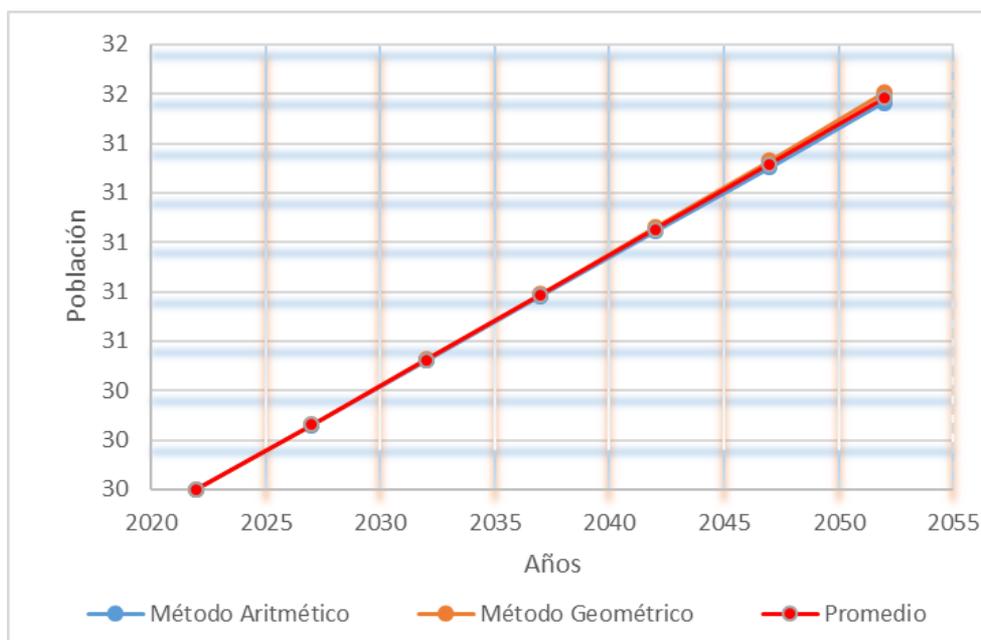
*Análisis comparativo entre los métodos aritmético y geométrico comunidad Espejo 2,*

| N°        | Año         | Métodos    |            | Promedio  |
|-----------|-------------|------------|------------|-----------|
|           |             | Aritmético | Geométrico |           |
| 0         | 2022        | 30         | 30         | 30        |
| 5         | 2027        | 30         | 30         | 30        |
| 10        | 2032        | 31         | 31         | 31        |
| 15        | 2037        | 31         | 31         | 31        |
| 20        | 2042        | 31         | 31         | 31        |
| 25        | 2047        | 31         | 31         | 31        |
| <b>30</b> | <b>2052</b> | <b>32</b>  | <b>32</b>  | <b>32</b> |

*Nota.* Se presenta la comparacion de resultados entre los métodos aritmético y geométrico comunidad Espejo 2. Elaborado por: Los autores

**Figura 22.**

*Análisis comparativo entre los métodos aritmético y geométrico comunidad Espejo 2.*



*Nota.* Se presenta la comparacion de resultados en gráficos entre los métodos aritmético y geométrico comunidad Espejo 2. Elaborado por: Los autores

**Tabla 22.**

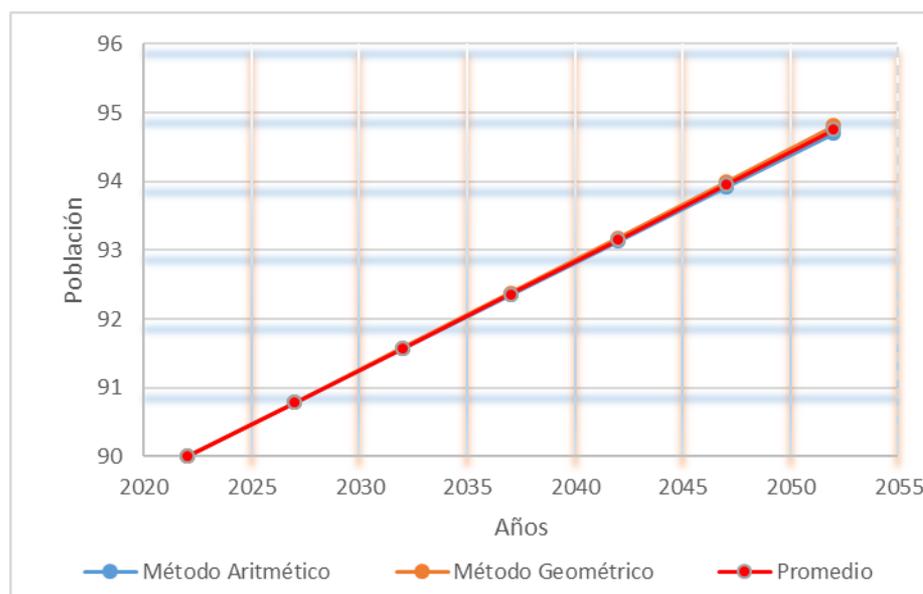
*Análisis comparativo entre los métodos aritmético y geométrico comunidad Las Juntas.*

| N°        | Año         | Métodos    |            | Promedio  |
|-----------|-------------|------------|------------|-----------|
|           |             | Aritmético | Geométrico |           |
| 0         | 2022        | 90         | 90         | 90        |
| 5         | 2027        | 91         | 91         | 91        |
| 10        | 2032        | 92         | 92         | 92        |
| 15        | 2037        | 92         | 92         | 92        |
| 20        | 2042        | 93         | 93         | 93        |
| 25        | 2047        | 94         | 94         | 94        |
| <b>30</b> | <b>2052</b> | <b>95</b>  | <b>95</b>  | <b>95</b> |

*Nota.* Se presenta la comparación de resultados entre los métodos aritmético y geométrico comunidad Las Juntas. Elaborado por: Los autores

**Figura 23.**

*Análisis comparativo entre los métodos aritmético y geométrico comunidad Las Juntas.*



*Nota.* Se presenta la comparación de resultados en gráficos entre los métodos aritmético y geométrico comunidad Las Juntas. Elaborado por: Los autores

Una vez presentado los resultados en las comunidades de Gualchán, Las Juntas y Espejo 2, se obtiene que tener una tasa de crecimiento pequeña influye en tener un crecimiento en la población proporcional a esta tasa. Al realizar el análisis mediante los 2 métodos y posteriormente obtener el promedio, no existe grandes variaciones entre los resultados, por tal razón se procede a tomar como población de diseño para cada comunidad de la siguiente manera.

**Gualchán:** 295 habitantes por el método geométrico proyectados al año 2052.

**Espejo 2:** 32 habitantes por el método geométrico proyectados al año 2052.

**Las Juntas:** 95 habitantes por el método geométrico proyectados al año 2052.

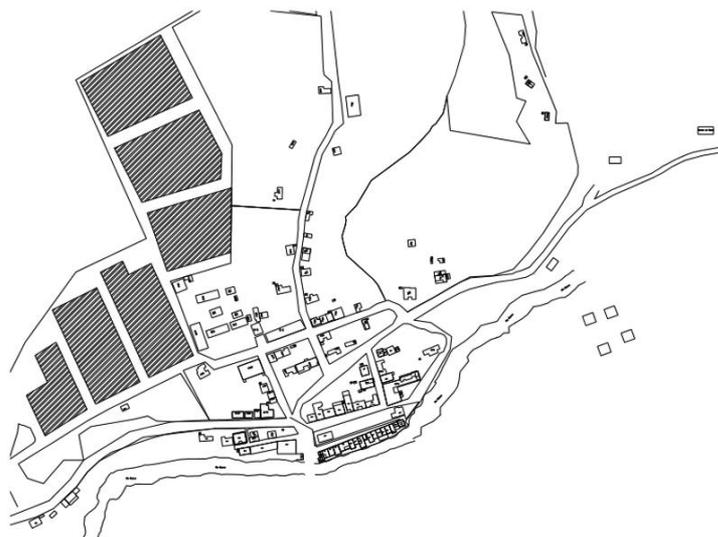
### **5.9. Método de zonificación o densidades**

Este método considera la cantidad máxima de personas que pueden ocupar una determinada área para disminuir al mínimo posible el hacinamiento excesivo. Dicho de otra manera, el método permite conocer el incremento a futuro de la población en el área del proyecto, anulando de esta forma la sobre saturación de la tubería de alcantarillado. Para poder utilizar este método, es necesario contar con la información básica del sitio del proyecto, número de lotes con vivienda, el número de lotes baldíos con tendencia a ser residencial, el plano de lotizaciones del barrio. Estos datos fueron suministrados por el departamento de catastros del GADM-E.

Al realizar un análisis a estos datos se puede deducir las siguientes afirmaciones.

## Figura 24.

*Mapa de visualización de la distribución de viviendas y lotes de la comunidad de Gualchán, Cantón Espejo, Provincia del Carchi.*

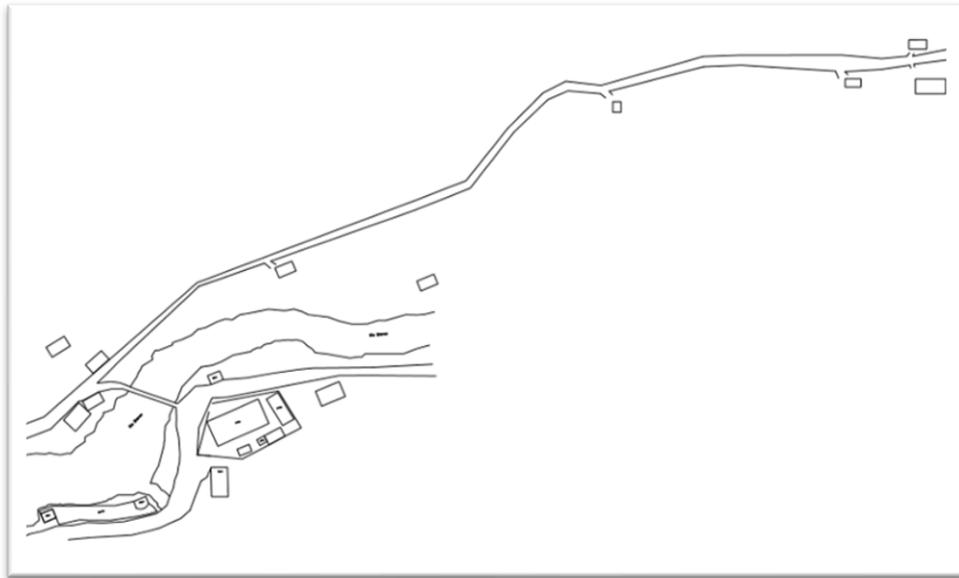


*Nota.* El mapa muestra la distribución de las viviendas en los lotes que se encuentran en la comunidad de Gualchán, además de mostrar las manzanas en un tono sombreado las cuales no se encuentran aún habitadas ni en proceso de serlo. Fuente: GADM-Espejo

La comunidad de Gualchán, al tratarse de una zona rural, no presenta una distribución de asentamientos uniforme como en las de zonas residenciales, esto hace que aplicar el método de densidades no sea necesario, debido a que, como se puede observar en la figura presentada, la distribución es bastante separada entre los dueños de cada vivienda. Además, al realizar los cálculos de los caudales, estos no ponen en peligro la eficiencia del sistema ya que no alcanzan a ocupar ni el 50% de la capacidad de la tubería, esto se puede observar en los cálculos presentados más adelante.

**Figura 25.**

*Mapa de visualización de la distribución de viviendas de la comunidad de Espejo 2, Cantón Espejo, Provincia del Carchi.*

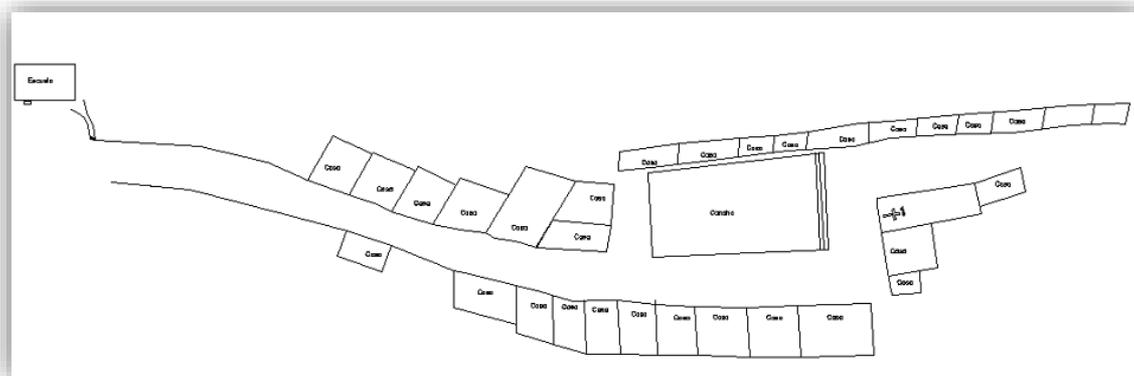


*Nota.* Se presenta distribución de viviendas de la comunidad de Espejo 2. Elaborado por: Los Autores

La comunidad de Espejo 2 apenas cuenta con 11 viviendas, una escuela y 1 balneario. Aplicar el método de densidades no es recomendable debido a que se trata de una comunidad pequeña, además no cuenta con un servicio de alcantarillado. Como se podrá leer la recomendación más adelante, la mejor alternativa en cuanto eficiencia y económicamente para un sistema de tratamiento de aguas residuales es la de pozos sépticos.

## Figura 26.

*Mapa de visualización de la distribución de viviendas de la comunidad Las Juntas, Cantón Espejo, Provincia del Carchi.*



*Nota.* Se presenta distribución de viviendas de la comunidad de Las Juntas. Elaborado por: Los Autores

La comunidad de Las Juntas al igual que la comunidad de Espejo 2, no posee una población muy elevada, pero su diferencia radica en que aquí se presenta una mejor distribución de las viviendas. Esta comunidad sí posee el sistema de alcantarillado combinado.

La distribución de la población y el espacio con el que cuenta no hace necesario la aplicación del método de densidades, ya que al tratarse de pocas viviendas, los métodos usados anteriormente son adecuados para poder determinar el número de habitantes. Además de que en esta comunidad sí se logró realizar una encuesta en campo para conocer el número de habitantes que habitan las viviendas.

### 5.10. Resumen de proyecciones poblacionales

Los métodos aplicados para la estimación de la población futura en la zona de estudio son: aritmético, geométrico. El método de zonificación o densidades de saturación, como ya se explicó, no va a aplicar en este proyecto por las razones ya mencionadas.

**Tabla 23.**

*Resumen de proyecciones poblacionales de la comunidad Gualchán para el año*

2052.

|                           |       |      |
|---------------------------|-------|------|
| POBLACION ACTUAL=         | 280   | hab  |
| TASA DE CRECIMIENTO=      | 0,17% |      |
| PERIODO DE DISEÑO=        | 30    | años |
| <hr/>                     |       |      |
| <b>METODOS UTILIZADOS</b> |       |      |
| ARITMÉTICO                | 295   | hab  |
| GEOMÉTRICO                | 295   | hab  |
| DENSIDADES                | S/D   | hab  |
| <hr/>                     |       |      |

*Nota.* Se presenta el crecimiento en la comunidad Gualchán con 295 habitantes para el año 2052. Elaborado por los Autores

**Tabla 24.**

*Resumen de proyecciones poblacionales de la comunidad Espejo 2 para el año 2052.*

|                           |       |      |
|---------------------------|-------|------|
| POBLACION ACTUAL=         | 30    | hab  |
| TASA DE CRECIMIENTO=      | 0,17% |      |
| PERIODO DE DISEÑO=        | 30    | años |
| <hr/>                     |       |      |
| <b>METODOS UTILIZADOS</b> |       |      |
| ARITMÉTICO                | 32    | hab  |
| GEOMÉTRICO                | 32    | hab  |
| DENSIDADES                | S/D   | hab  |
| <hr/>                     |       |      |

*Nota.* Se presenta el crecimiento en la comunidad Espejo 2 con 32 habitantes para el año 2052. Elaborado por los Autores

**Tabla 25.**

*Resumen de proyecciones poblacionales de la comunidad Las Juntas para el año 2052.*

|                           |       |      |
|---------------------------|-------|------|
| POBLACION ACTUAL=         | 90    | hab  |
| TASA DE CRECIMIENTO=      | 0,17% |      |
| PERIODO DE DISEÑO=        | 30    | años |
| <hr/>                     |       |      |
| <b>METODOS UTILIZADOS</b> |       |      |
| ARITMÉTICO                | 95    | hab  |
| GEOMÉTRICO                | 95    | hab  |
| DENSIDADES                | S/D   | hab  |
| <hr/>                     |       |      |

*Nota.* Se presenta el crecimiento en la comunidad Las Juntas con 95 habitantes para el año 2052. Elaborado por los Autores

Al observar los resultados presentados en las tablas de proyecciones poblacionales para cada una de las comunidades, se prevé el análisis del diseño de alcantarillado para una mayor cantidad de habitantes, por tal razón se procede a tomar como población de diseño para cada comunidad de la siguiente manera.

**Gualchán:** 295 habitantes por el método geométrico proyectados al año 2052.

**Espejo 2:** 32 habitantes por el método geométrico proyectados al año 2052.

**Las Juntas:** 95 habitantes por el método geométrico proyectados al año 2052.

#### **5.11. Densidad poblacional**

La densidad de la poblacional es un parámetro indicador que se obtiene de la relación entre el número de habitantes que se encuentran en el área del proyecto y el área total del proyecto. Este indicador permite conocer la cantidad de población que habita en una zona territorial, generalmente se mide en unidad de habitante/hectárea.

Para efectos de este proyecto se tiene información de la densidad de población en cada parroquia. Este valor se utilizará como una referencia de la situación del área de estudio de la parroquia en la cual se ubica el proyecto. Esta tabla obtenida del PDYOT-GADM-Espejo muestra una densidad poblacional de la parroquia El Goaltal de 3 hab/km<sup>2</sup>.

**Figura 27.**

*Situación de la vivienda.*

| Jerarquía - Rango Poblacional y Función |           |          |                  |           |         |              |                     |                      |                 |
|---|-----------|----------|------------------|-----------|---------|--------------|---------------------|----------------------|-----------------|
| ASENTAMIENTO HUMANO                     | POBLACION | AREA Km2 | DENSIDAD Hab/km2 | VIVIENDAS | HOGARES | HACINAMIENTO | DEFICIT CUALITATIVO | DEFICIT CUANTITATIVO | TENENCIA PROPIA |
| EL ANGEL                                | 6325      | 108.5    | 58               | 1689      | 1736    | 16.5         | 40.3                | 33.1                 | 64.3            |
| 27 DE SEPTIEMBRE                        |           |          |                  |           |         |              |                     |                      |                 |
| SAN ISIDRO                              | 2721      | 48.3     | 56               | 776       | 791     | 13.5         | 45.1                | 38.2                 | 75.6            |
| LA LIBERTAD (ALIZO)                     | 3502      | 153.2    | 23               | 941       | 958     | 19.1         | 38.0                | 40.1                 | 74              |
| EL GOALTAL                              | 816       | 244.0    | 3                | 211       | 212     | 21.2         | 40.7                | 43.1                 | 73.6            |
| ESPEJO                                  | 13364     | 553.9    | 24               | 3617      | 3697    | 16.8         |                     |                      | 69.8            |

*Nota.* Se presenta la población para el año 2010. Fuente: PDYOT-GADME p.72 (2010)

Al obtener los datos sobre la cantidad de habitantes en cada una de las comunidades por separado, podemos conocer la densidad poblacional de cada una de estas, dividiendo los datos de los habitantes en cada comunidad con el valor del área del proyecto para cada comunidad. Este dato del área para cada comunidad se lo obtiene gracias a trabajo del levantamiento topográfico que se realizó en campo para cada una de las 3 comunidades. Esta área solo representa el área que está siendo objeto de estudio.

### 5.12. Densidad poblacional actual

Los datos de la densidad actual para comunidad se obtienen y se presentan a continuación:

#### Comunidad Gualchán:

$$Densidad = \frac{280hab}{15,56 ha} = 17.99 hab/ha$$

#### Comunidad Espejo 2:

$$Densidad = \frac{30hab}{2,61} = 11.49 hab/ha$$

**Comunidad Las Juntas:**

$$Densidad = \frac{90hab}{0,85} = 105.88 \text{ hab/ha}$$

**5.13. Densidad poblacional futura**

Los datos de la densidad futura para cada comunidad se obtienen y se presentan a continuación:

**Comunidad Gualchán:**

$$Densidad = \frac{295hab}{15,56 \text{ ha}} = 18.96 \text{ hab/ha}$$

**Comunidad Espejo 2:**

$$Densidad = \frac{32hab}{2.61} = 12.26 \text{ hab/ha}$$

**Comunidad Las Juntas:**

$$Densidad = \frac{95hab}{0.85} = 111.76 \text{ hab/ha}$$

**5.14. Dotación de agua potable**

La cantidad de agua mínima requerida para satisfacer la necesidad básica de un habitante en un día, mediante la tabla presentada a continuación se determinará el nivel de servicio del sistema, en este caso se tomará un nivel Iib (como se puede observar en la figura 32), con un sistema de Eliminación de Residuos Líquidos (ERL) para un sistema de alcantarillado sanitario.

Según López (2000) “El complemento necesario para establecer el caudal de diseño de un sistema de alcantarillado es la determinación del consumo de agua” (p. 49)

Para determinar la dotación de agua se cuenta con la información:

**Tabla 26.**

*Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua.*

| Nivel | Sistema | Descripción   |
|-------|---------|---|
| 0     | AP      | Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económica del usuario. |
|       | EE      |   |
| Ia    | AP      | Grifos públicos.  |
|       | EE      | Letrinas sin arrastre de agua.  |
| Ib    | AP      | Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño.  |
|       | EE      | Letrinas sin arrastre de agua.  |
| IIa   | AP      | Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa.  |
|       | EE      | Letrinas con o sin arrastre de agua.  |
| IIb   | AP      | Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa.   |
|       | ERL     | Sistema de alcantarillado sanitario.  |

Simbología utilizada:  
AP: Agua potable  
EE: Eliminación de excretas  
ERL: Eliminación de residuos líquidos

*Nota.* Categorización según el nivel de servicio que se va a diseñar. Fuente: Norma de diseño para sistema de agua potable y aguas residuales, SENAGUA (2016).

Una vez que ya se ha escogido el nivel del sistema se procede a escoger la dotación que será usada en el diseño de la red.

**Tabla 27.**

*Dotación para distintos niveles de servicio.*

| Nivel de servicio | Clima frío<br>(l/hab* día) | Clima cálido<br>(l/hab* día) |
|-------------------|----------------------------|------------------------------|
| Ia                | 25                         | 30                           |
| Ib                | 50                         | 65                           |
| IIa               | 60                         | 85                           |
| IIb               | 75                         | 100                          |

*Nota.* Dotación que depende del nivel de servicio y clima. Fuente: Norma de diseño para sistema de agua potable y aguas residuales, SENAGUA (2016).

Al tener un nivel de servicio IIB con un sistema ERL de eliminación de residuos líquidos para un sistema de alcantarillado sanitario, y al predominar un clima cálido en el sector, se escoge una dotación de 100 lt/hab\*día.

#### **5.15. Trazado de la red de alcantarillado**

Por medio de las estaciones totales, una brindada por la Universidad Politécnica Salesiana Campus Sur y otra por el Gobierno Autónomo Municipal de Espejo (GADM-E), se procedió con el trabajo del levantamiento topográfico de las zonas del proyecto para las 3 comunidades. El trazado de la red de alcantarillado ayuda a poder dibujar los planos de la red existente, esto se lo realizará de manera técnica y económica. El detalle del trazado se podrá observar más a fondo en la sección de los planos anexados.

#### **5.16. Áreas de aportación**

Como concepto se puede describir que las áreas de aportación no son más que un grupo de superficies más pequeñas que la superficie total del proyecto, que se obtienen de la subdivisión del área original del proyecto con el propósito de lograr una distribución equivalente en cada tramo de tubería de alcantarillado para el cálculo de los caudales pluviales y de aguas residuales.

La topografía del sector no hace posible que se puedan trazar bisectrices en cada pozo debido a que no existe una distribución uniforme y ordenada del terreno. En consecuencia, para determinar las áreas de aportación se consideró el criterio de la línea de cumbre, estableciendo la forma de drenaje de los sectores que serán servidos.

**Tabla 28.**

*Áreas de Aportación comunidad Las Juntas.*

| TRAMO                | POZO     | COTA    | NUMERACIÓN | ÁREA    | AREA   | LONGITUD | OBSERVACIONES                     |
|----------------------|----------|---------|------------|---------|--------|----------|-----------------------------------|
|                      |          | msnm    | Num.       | m2      | ha     | m        |                                   |
| COLECTOR PRINCIPAL 1 | P1       | 1340.78 |            | 754.36  | 0.0754 | 41.37    | Área Doméstica                    |
|                      | P2       | 1338.75 | A1         | 710.93  | 0.0711 | 22.08    | Área Doméstica                    |
|                      | P3       | 1338.28 | A2         | 1182.89 | 0.1183 | 47.06    | Área Doméstica                    |
|                      | P4       | 1335.89 | A3         | 345.68  | 0.0346 | 14.85    | Área Doméstica                    |
|                      | P5       | 1335.26 | A4         | 1506.56 | 0.1507 | 58.21    | Área Doméstica                    |
|                      | P6       | 1334.76 | A5         | 0       | 0.0000 | 15.83    | Área Ladera                       |
|                      | Tanque   | 1322.31 |            | 0       | 0.0000 | 12.38    | Área Vegetal                      |
|                      | Descarga | 1318.05 |            |         |        |          |                                   |
|                      | Caja     | 1337.20 |            |         |        |          |                                   |
| TRAMO 2              | P7       | 1337.15 | A6         | 561.69  | 0.0562 | 28.92    | Área Doméstica                    |
|                      | P4       | 1335.89 | A7         | 335.20  | 0.0335 | 20.05    | Área Doméstica                    |
| TRAMO 3              | P8       | 1336.38 |            | 868.21  | 0.0868 | 37.10    | Area vegetal, vial, institucional |
|                      | P6       | 1334.76 | A8         |         |        |          |                                   |
| COLECTOR PRINCIPAL 2 | P9       | 1321.15 |            | 397.03  | 0.0397 | 39.54    | Área Doméstica                    |
|                      | P10      | 1320.13 | A9         | 335.27  | 0.0335 | 34.39    | Área Vegetal                      |
|                      | Descarga | 1318.05 | A10        |         |        |          |                                   |

*Nota.* Se presentan las áreas de aportación para los diferentes tramos en la comunidad Las

Juntas. Elaborado por: Los autores

**Tabla 29.**

*Áreas de Aportación comunidad Gualchán.*

| TRAMO                | POZO     | COTA     | NUMERACIÓN ÁREA | ÁREA           | ÁREA   | LONGITUD | OBSERVACIONES  |
|----------------------|----------|----------|-----------------|----------------|--------|----------|----------------|
|                      |          | mnm      | Num.            | m <sup>2</sup> | ha     | m        |                |
| COLECTOR PRINCIPAL I | P1       | 1106.019 | A1              | 2269.96        | 0.2270 | 84.54    | Área Vegetal   |
|                      | P2       | 1102.84  | A2              | 759.059        | 0.0759 | 34.42    | Área Doméstica |
|                      | P3       | 1099.495 | A3              | 1255.519       | 0.1256 | 45.31    | Área Doméstica |
|                      | P4       | 1098.959 | A4              | 1368.665       | 0.1369 | 48.23    | Área Doméstica |
|                      | P5       | 1096.3   | A5              | 1638.649       | 0.1639 | 36.77    | Área Doméstica |
|                      | P6 CAJA  | 1090.4   | A6              | 428.467        | 0.0428 | 20.56    | Área Doméstica |
|                      | P7       | 1088.704 | A7              | 684.64         | 0.0685 | 25.71    | Área Doméstica |
|                      | P8       | 1082.196 | A8              | 404.55         | 0.0405 | 14.81    | Área Doméstica |
|                      | P9       | 1080.66  | A9              | 546.474        | 0.0546 | 23.47    | Área Doméstica |
|                      | P10      | 1079     | A10             | 1824.81        | 0.1825 | 39.79    | Área Doméstica |
|                      | P11      | 1070.958 | A11             | 1547.105       | 0.1547 | 60.16    | Área Doméstica |
|                      | P12      | 1069.541 | A12             | 293.662        | 0.0294 | 20.51    | Área Doméstica |
|                      | P13      | 1068.58  | A13             | 1114.307       | 0.1114 | 49.06    | Área Doméstica |
|                      | P14      | 1066.91  | A14             | 779.505        | 0.0780 | 40.02    | Área Vegetal   |
|                      | P15      | 1066.2   | A15             | 451.964        | 0.0452 | 40.06    | Área Vegetal   |
|                      |          | Descarga | 1063.1          |                | 0      | 0.0000   | 6              |
| TRAMO O1             | P17      | 1088.387 | A16             | 5266.918       | 0.5267 | 79.89    | Área Doméstica |
| TRAMO O2             | P7       | 1088.704 |                 |                |        |          |                |
|                      | P18      | 1088.1   | A17             | 1190.628       | 0.1191 | 49.92    | Área Doméstica |
| TRAMO 3              | P19      | 1082.73  | A18             | 682.54         | 0.0683 | 11.62    | Área Doméstica |
|                      | P20      | 1079.03  | A19             | 673.528        | 0.0674 | 27.6     | Área Doméstica |
|                      | P21 CAJA | 1070.5   | A20             | 187.239        | 0.0187 | 20.12    | Área Doméstica |
| TRAMO 4              | P12      | 1069.541 |                 |                |        |          |                |
|                      | P22      | 1071.443 | A21             | 1269.351       | 0.1269 | 70.9     | Área Doméstica |
| TRAMO 5              | P23      | 1069.59  | A22             | 110.672        | 0.0111 | 14.58    | Área Doméstica |
|                      | P12      | 1069.541 |                 |                |        |          |                |
| TRAMO 6              | P24      | 1083.17  | A23             | 1934.75        | 0.1935 | 50.17    | Área Doméstica |
|                      | P25      | 1081.27  | A24             | 119.082        | 0.0119 | 10.55    | Área Doméstica |
|                      | P10      | 1079     |                 |                |        |          |                |
| TRAMO 7              | P26      | 1078.006 | A25             | 801.13         | 0.0801 | 39.17    | Área Doméstica |
|                      | P21 CAJA | 1070.5   |                 |                |        |          |                |
|                      | P27      | 1071.58  | A26             | 665.16         | 0.0665 | 50.07    | Área Doméstica |
|                      | P21 CAJA | 1070.5   |                 |                |        |          |                |

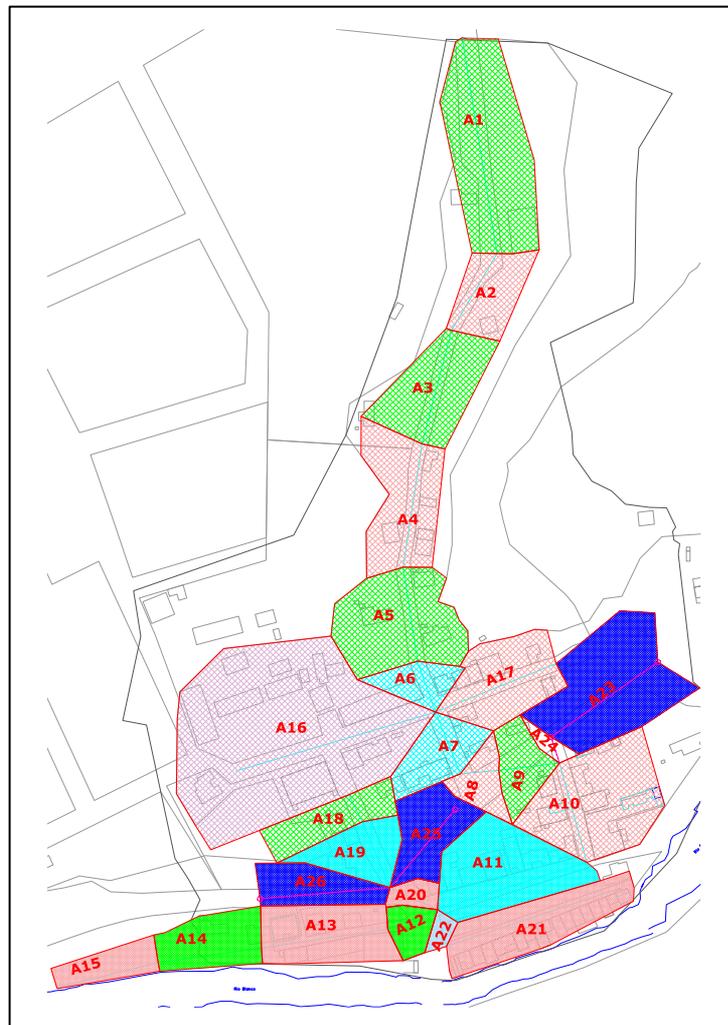
*Nota.* Se presentan las áreas de aportación para los diferentes tramos en la comunidad

Gualchán. Elaborado por: Los autores

En las tablas presentadas se pueden observar las áreas de aportación que escurren a los pozos de revisión determinados para el alcantarillado. En los siguientes esquemas se observarán la distribución de las áreas de aportación de las comunidades, así como la localización de pozos y viviendas localizadas en estas según sea su caso (para mayor detalle, el trazado se encuentra en los planos AutoCAD realizados previamente):

**Figura 28.**

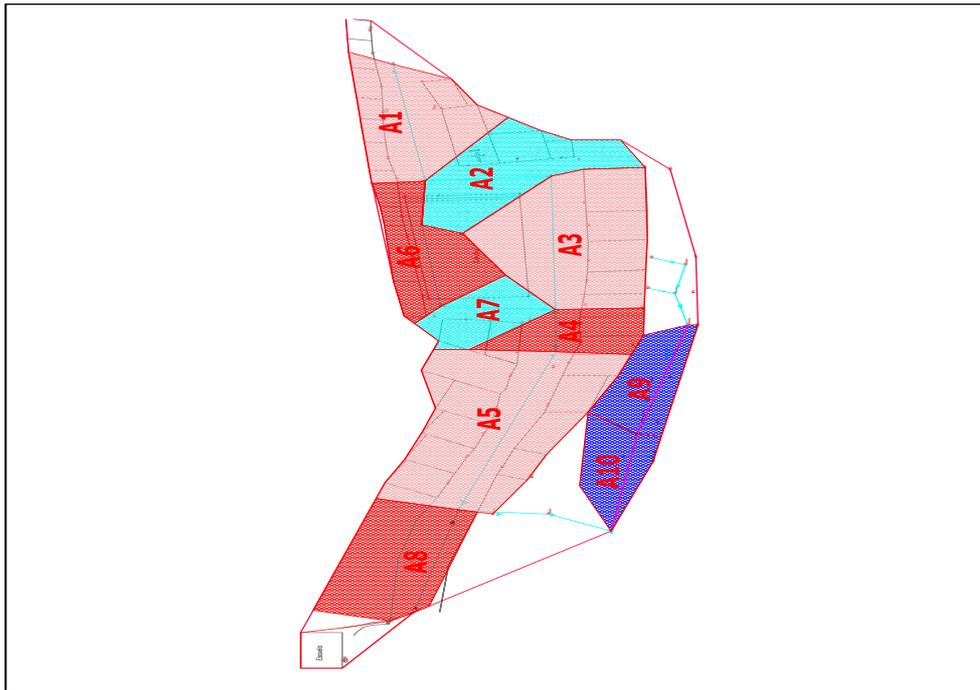
*Área de aportación de Gualchán.*



*Nota.* Se presentan las áreas de aportación para los diferentes tramos en la comunidad Gualchán. Fuente: Los autores

**Figura 29.**

*Área de aportación de Las Juntas.*



*Nota.* Se presentan las áreas de aportación para los diferentes tramos en la comunidad

Las Juntas. Fuente: Los autores

## **5.17. Análisis de caudales**

### **5.17.1. Caudal de aguas residuales**

Las aguas residuales (aguas negras), descargadas mediante el sistema de alcantarillado combinado son la combinación de varias aportaciones tales como:

- Aportación de aguas residuales domésticas
- Aportación de aguas residuales institucionales
- Aportación de aguas por infiltración
- Aportación de aguas por conexiones erradas

### 5.17.2. Caudal residual doméstico

Son las aguas producto de la actividad doméstica residencial, es decir el uso que los habitantes de una vivienda le dan a la dotación de agua potable, y una vez esta es ocupada para poder satisfacer las necesidades básicas, es evacuada mediante el sistema de recolección de aguas residuales. Estas actividades pueden ser de aseo, cocinas, lavabos, sanitarios y varios.

Para el cálculo de este caudal se puede hacer uso de las siguientes ecuaciones:

$$Q_{Dom} = \frac{Dotación * D * A * R}{86400}$$

$$Q_{Dom} = \frac{Dotación * P * R}{86400}$$

En donde:

**$Q_{Dom}$** : Caudal doméstico (ltrs/seg)

**$Dotación$** : Dotación de agua por habitantes (ltrs/hab/día)

**$D$** : Densidad poblacional del área del proyecto a futuro (hab/hec)

**$A$** : Área del sitio de estudio (hect)

**$R$** : Coeficiente de retorno (adimensional)

**$P$** : Población (hab)

### 5.17.3. Coeficiente de retorno (R)

El coeficiente de retorno se usa para poder cuantificar la cantidad del agua de uso doméstico dado como dotación, medida en (ltrs/hab/día), que ya ha sido usada para cubrir las necesidades del habitante, y posteriormente ingresa al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.

**Tabla 30.**

*Coefficientes de retorno de aguas servidas domésticas.*

| <b>Nivel de Complejidad del Sistema</b> | <b>Coefficiente de Retorno</b> |   |            |
|---|--------------------------------|---|------------|
| Bajo y Medio                            | 1                              | - | <b>0,8</b> |
| Medio Alto y Alto                       | 1                              | - | 0,85       |

*Nota.* Se presentan los coeficientes de retorno a utilizarse. Elaborado por: Los Autores, a través EMAAP-Q, 2009, p.30.

Para las 3 comunidades perteneciente a la parroquia El Goaltal, Cantón Espejo, Provincial del Carchi, después de haber realizado visitas al lugar del proyecto, se puede concluir que posee un nivel de complejidad bajo debido a la cantidad de habitantes, viviendas, geografía del lugar, por lo tanto, se escoge un factor de retorno de 0.8.

#### **5.17.4. Caudal institucional**

Todas las comunidades cuentan con instalaciones las cuales pueden ser consideradas como institucionales. La comunidad de Gualchán cuenta con escuela, al igual que la comunidad Espejo 2 y Las Juntas.

**Tabla 31.**

*Contribución mínima en zonas residenciales.*

| <b>Nivel de Complejidad del Sistema</b> | <b>Caudal (ltrs/hec-Inst)</b> |   |     |
|---|-------------------------------|---|-----|
| Cualquiera                              | 0,4                           | - | 0,5 |

*Nota.* Se presenta el nivel de complejidad elegido. Elaborado por: Los Autores, a través EMAAP-Q, 2009.

Al tratarse de comunidades no muy grandes, y al reconocimiento realizado en campo se puede adoptar el valor de 0.4 ltrs/hect-Inst para el cálculo de este proyecto.

### 5.17.5. Caudal de Infiltración

Al colocar las redes de alcantarillado por sectores en donde se encuentran niveles freáticos cercanos a la superficie terrestre, el agua ingresa al sistema por medio de las conexiones de la tubería. La EMAAP-Q (2009) explica el proceso que ocurre cuando sucede la infiltración en el sistema de alcantarillado de la siguiente manera:

“Es inevitable la infiltración de aguas su sub-superficiales a las redes de sistemas de alcantarillado sanitario, principalmente freáticas, a través de fisuras en las tuberías, en juntas ejecutadas deficientemente, en la unión de tuberías con pozos de inspección y demás estructuras, y en estos cuando no son completamente impermeables”. (p. 33)

**Tabla 32.**

*Contribución mínima en zonas residenciales.*

| Nivel de Complejidad del Sistema | Infiltración alta (l/s-ha) | Infiltración media (l/s-ha) | Infiltración baja (l/s-ha) |
|----------------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Bajo y Medio                     | 0,1 - 0,3                  | <b>0,1 - 0,3</b>            | 0,05 - 0,2                 |
| Medio Alto y Alto                | 0,15 - 0,4                 | 0,1 - 0,3                   | 0,05 - 0,2                 |

*Nota.* Se presenta la contribución mínima en zonas residenciales. Elaborado por: Los Autores, a través EMAAP-Q, 2009.

Este proyecto tendrá un valor de 0.15 lrs/seg/hect por contribución de caudal de infiltración, debido a que tiene un nivel de complejidad del sistema medio y una infiltración media.

### 5.17.6. Caudal Conexiones erradas

“Deben considerarse los aportes de aguas lluvias al sistema de alcantarillado sanitario, provenientes de malas conexiones de bajantes de tejados y patios” (Empresa metropolitana de alcantarillado y agua potable, 2009, p. 32).

**Tabla 33.**

*Aportes máximos por conexiones erradas con sistema pluvial.*

| Nivel de Complejidad del Sistema | APORTE<br>(ltrs/seg-hec) |
|----------------------------------|--------------------------|
| Bajo y Medio                     | 0,2 - 2                  |
| Medio Alto y Alto                | 0,1 - 1                  |

*Nota.* Se presentan los aportes máximos por conexiones erradas. Elaborado por: Los Autores, a través EMAAP-Q, 2009.

Para las 3 comunidades, en este proyecto se considerará un nivel de complejidad medio y se adopta un caudal por conexiones erradas de 0.2 ltrs/seg/hectárea.

### 5.18. Caudal medio diario de aguas residuales

La contribución del caudal medio diario de aguas residuales es simplemente la suma algebraica del caudal doméstico, industrial, comercial e institucional. Sin embargo, en el área de estudio del proyecto no existen todas estas contribuciones, siendo una de ellas la de carácter industrias; ni zonas comerciales existentes en la zona. Debido a esta situación, se reduce la suma a la siguiente expresión:

$$Q_{med} = Q_{Dom} + Q_{Ind} + Q_{Com} + Q_{Inst}$$

Dado que:

$$Q_{Ind} = 0$$

$$Q_{Com} = 0$$

Se tiene como ecuación final:

$$Q_{med} = Q_{Dom} + Q_{Inst}$$

Donde:

$Q_{Dom}$ : Caudal domestico

$Q_{Inst}$ : Caudal institucional

$Q_{med}$ : Caudal medio de aguas residuales

### 5.19. Caudal máximo horario de aguas residuales

Este caudal se lo determina a partir de un factor de mayoración, el cual se lo aplica al caudal medio diario de aguas residuales visto en la sección anterior. Este factor se selecciona de acuerdo a las características de la población.

Este caudal se lo obtiene mediante la siguiente expresión:

$$Q_{max} = Q_{med} * M$$

Donde:

$Q_{max}$ : Caudal máximo horario de aguas residuales (ltrs/seg).

$Q_{med}$ : Caudal medio de aguas residuales (ltrs/seg).

$M$ : Coeficiente de mayoración (ltrs/seg).

### 5.20. Coeficiente de mayoración y minoración de caudales.

Según la norma de EMAAP-Q (2009), explica que la disminución del número de habitantes considerados aumenta los valores de los coeficientes de mayoración, mientras que el aumento del número de habitantes considerados aumenta los valores de los coeficientes de minoración. Esto se debe a que el uso del agua se vuelve más homogéneo a medida que aumenta la población, lo que afecta las variaciones de los coeficientes.

En caso de que no se disponga de registros fiables de al menos los últimos 12 meses sobre el consumo de agua potable o descargas de alcantarillado sanitario para determinar los coeficientes, se pueden utilizar valores conocidos de ciudades con características similares a las de Quito o los valores especificados en la siguiente tabla. Los coeficientes deben ser actualizados durante el período de diseño si el crecimiento demográfico así lo determina.

**Tabla 34.**

*Coefficientes de mayoración y minoración de caudales.*

| <b>Coefficientes de Mayoración</b> |                              |
|------------------------------------|------------------------------|
| 1,1 < K1 < 1,4                     | <b>1,43 &lt; K &lt; 2,66</b> |
| 1,3 < K2 < 1,9                     |                              |
| <b>Coefficientes de Minoración</b> |                              |
| 0,6 < β1 < 0,8                     | 0,3 < β < 0,56               |
| 0,5 < β2 < 0,7                     |                              |

*Nota.* Se presentan los coeficientes de mayoración utilizados. Elaborado por: Los Autores, a través EMAAP-Q, 2009.

Para obtener el caudal máximo horario de aguas residuales para este proyecto, se seleccionará el valor de  $k=2.66$  como coeficiente de mayoración.

### **5.21. Caudal pluvial**

Para el cálculo del caudal pluvial, el caudal que es la aportación de las lluvias naturales, se realizará usando la ecuación del método racional. Este método es aplicable a cuencas pequeñas, las cuales no superen los 5 km<sup>2</sup>, caso contrario se deberá usar otro método. Dado que el área de estudio no sobrepasa este requerimiento se hace muy viable el poderlo aplicar.

Para el cálculo del caudal pluvial se tiene la siguiente ecuación:

$$Q_{Pluvial} = 0.278 * C * I * A$$

Donde:

$Q_{Pluvial}$ : Caudal pluvial (ltrs/seg)

$C$ : Coeficiente de escorrentía del material (adimensional)

*I*: Intensidad de lluvia (mm/h)

*A*: Área de estudio (km<sup>2</sup>)

### 5.21.1. Período de retorno

“El período de retorno o frecuencia es el número de años que en promedio se presenta un evento determinado de igual o mayor intensidad” (INAMHI, 2015, p. 8). Este valor es sumamente importante en el diseño de toda obra hidráulica destinada a soportar crecidas, ya que nos indica de manera probabilística cada cuanto tiempo se produce un evento máximo de crecida producto de una precipitación más alta de los valores normales.

**Tabla 35.**

*Períodos de retorno para diferentes ocupaciones del área.*

| <b>Obra</b> | <b>Tipo de</b> | <b>Tipo de ocupación del área de influencia de la obra</b> | <b>Tr (años)</b> |
|-------------|----------------|--|------------------|
| drenaje     | Micro          | Residencial  | 5                |
| drenaje     | Micro          | Comercial  | 5                |
| drenaje     | Micro          | Área con edificios de servicio público                     | 5                |
| drenaje     | Micro          | Aeropuertos  | 10               |
| drenaje     | Micro          | Áreas comerciales y vías de tránsito intenso               | 10 a 25          |
| drenaje     | Micro          | Áreas comerciales y residenciales                          | 25               |
| drenaje     | Micro          | Áreas de importancia específica                            | 50 a 100         |

*Nota.* Se presenta el periodo de retorno elegido. Elaborado por: Los Autores, a través EMAAP-Q, 2009.

Para el presente proyecto se utilizó un Tr= 5 años obedeciendo a las recomendaciones de la EMAAP-Q, para obras de micro drenaje donde el área de influencia es residencial.

### 5.21.2. Coeficiente de escorrentía (C)

“El coeficiente de escorrentía es una de las variables menos precisa del método racional” (Gutiérrez, 2014, pág. 362). En la tabla presentada a continuación se observa varios valores de coeficiente para diferentes tipos de materiales y pendientes.

**Tabla 36**

*Valores usados para determinar un coeficiente de escorrentía según las características de la superficie.*

| Descripción del área  | P. de retorno<br>(años) |             |      |
|---|-------------------------|-------------|------|
|   | 2                       | 5           | 10   |
| Asfáltico   | 0,73                    | 0,77        | 0,81 |
| Concreto / Techo  | 0,75                    | <b>0,8</b>  | 0,83 |
| <b>Zonas Verdes (Jardines, parques, etc)<br/>cubierta de pasto el 50% del área</b>        |                         |             |      |
| Plano 0-2 %   | 0,32                    | 0,34        | ,37  |
| Promedio 2-7 %  | 0,37                    | 0,4         | 0,43 |
| Pendiente superior a 7%   | 0,4                     | 0,43        | 0,45 |
| <b>Zonas Verdes (Jardines, parques, etc)<br/>cubierta de pasto el 50% al 75% del área</b> |                         |             |      |
| Plano 0-2 %   | 0,25                    | 0,28        | 0,3  |
| Promedio 2-7 %  | 0,33                    | 0,36        | 0,38 |
| Pendiente superior a 7 %  | 0,4                     | <b>0,4</b>  | 0,42 |
| <b>Zonas Verdes (Jardines, parques, etc)<br/>cubierta de pasto mayor al 75% del área</b>  |                         |             |      |
| Plano 0-2 %   | 0,21                    | 0,23        | 0,25 |
| Promedio 2-7 %  | 0,29                    | 0,32        | 0,35 |
| Pendiente superior a 7 %  | 0,34                    | 0,37        | 0,4  |
| <b>Área de cultivos</b>   |                         |             |      |
| Plano 0-2 %   | 0,31                    | 0,34        | 0,3  |
| Promedio 2-7 %  | 0,35                    | 0,36        | 0,38 |
| Pendiente superior a 7 %  | 0,39                    | 0,42        | 0,44 |
| <b>Pastizales</b>   |                         |             |      |
| Plano 0-2 %   | 0,25                    | 0,28        | 0,3  |
| Promedio 2-7 %  | 0,33                    | 0,36        | 0,38 |
| Pendiente superior a 7 %  | 0,37                    | 0,4         | 0,42 |
| <b>Bosques</b>  |                         |             |      |
| Plano 0-2 %   | 0,22                    | 0,25        | 0,28 |
| Promedio 2-7 %  | 0,31                    | 0,34        | 0,36 |
| Pendiente superior a 7 %  | 0,35                    | <b>0,39</b> | 0,41 |

*Nota.* Se presentan los valores de escorrentía utilizar. Elaborado por: Los Autores, a través EMAAP-Q, 2009.

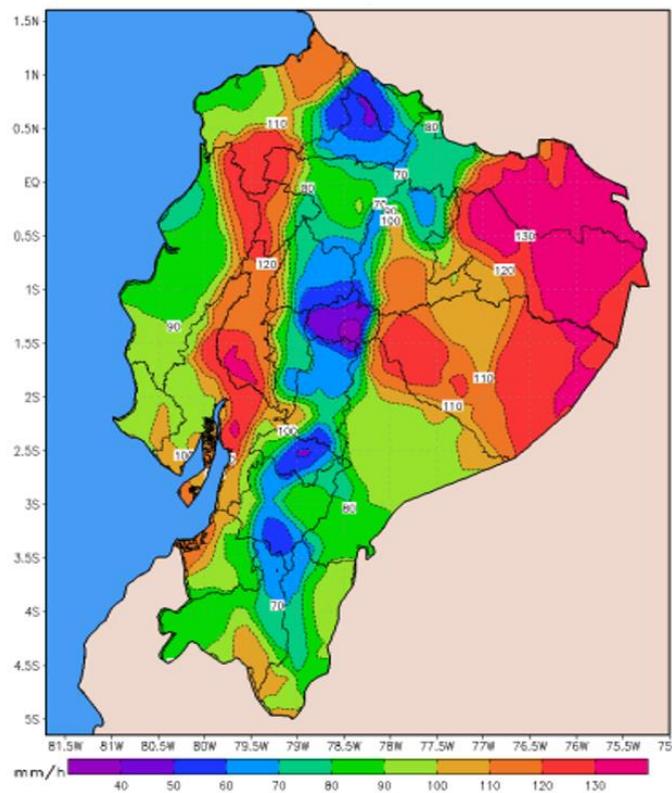
### 5.21.3. Intensidad de lluvia (I)

Según la INAMHI (2015) “La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la cantidad de agua que precipitó medida en milímetros por unidad de tiempo, puede ser instantánea o promedio, sobre la duración de la lluvia” (p. 8).

Para el área de estudio se utilizará información proporcionada por el Estudio de Lluvias Intensas (INAMHI) del mapa N° 8 de intensidades máximas de 10 min en un periodo de retorno de 5 años.

**Figura 30**

*Intensidades Máximas de 10 min en un periodo de retorno de 5 años.*



*Nota.* Se presenta el mapa de las intensidades máximas de 10 min en un periodo de retorno de 5 años. Fuente: INAMHI Estudio de Lluvias Intensas, 2015, p.110.

En la figura mostrada se puede observar mediante la distinción de colores, que el sitio del proyecto se ubica en el área de color azul oscuro, esto ayuda a determinar que la intensidad de lluvia será de alrededor de 55 mm/h.

#### **5.21.4. Tiempo de concentración**

Según la EMAAP-Q (2009)“El tiempo de concentración es el tiempo de viaje del agua de lluvia caída en el punto más alejado de la sección de desagüe de una cuenca hasta llegar a dicha sección de desagüe” (p. 87).

$$tc = ti + tf$$

Donde

**tc:** es el tiempo de concentración (min)

**ti:** es el tiempo inicial, dicho tiempo es aquel que se toma en la entrada del sistema de alcantarillado (min)

**tf:** es el tiempo el cual demora el agua al fluir por los tramos de los conductos (min)

Para poder calcular el tiempo final **tf**, se empleará la ecuación presentada a continuación.

$$tf = \frac{L}{60 * v}$$

Donde

**L:** Longitud que va a recorrer el flujo (m)

**v:** velocidad del flujo que recorre la tubería (m/seg)

En la realización de este proyecto técnico se tomará la recomendación de la EMAAP-Q (2009). Para los tramos iniciales del alcantarillado se tomará un tiempo de concentración de 12 min.

### **5.21.5. Área de drenaje**

En el apartado de área de drenaje se hace referencia a lo realizado en las áreas de aportación presentes en el estudio de la problemática vigente en las comunidades de Gualchán y Las Juntas. Para el caso de Espejo 2, no se toma en consideración al no contar con un sistema propio de alcantarillado, y por lo tanto no afecta en la realización de dicho apartado

Las áreas de aportación se podrán apreciar más detalladamente en los anexos de la investigación.

### **5.22. Caudal de diseño**

El caudal de diseño será la suma de los caudales previamente calculados, que va a fluir a través de la red de alcantarillado para el inicio y fin del proyecto. Según la EMAAP-Q (2009) su valor no debe ser menor a 1.5 ltrs/s.

$$Q_{Dis} = Q_{residual} + Q_{Pluvial}$$

siendo

$$Q_{residual} = Q_{max} + Q_{infiltracion} + Q_{c.errdas}$$

Finalmente

$$Q_{Dis} = Q_{max} + Q_{infiltracion} + Q_{c.errdas} + Q_{Pluvial}$$

#### **5.22.1. Diámetro Interno Mínimo**

Según la EMAAP-Q (2009) las secciones circulares presentan características que la convierten en la forma más óptima para diseñar un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales, recomendando diámetros de entre 250 mm y 400mm dependiendo del tramo, para evitar futuras obstrucciones en el flujo de agua del tramo correspondiente.

#### **5.22.2. Material**

Para la elección del material destinado, se deben tomar en cuenta distintos factores los cuales intervienen de manera directa o indirecta en la durabilidad que tengan los tramos a

lo largo de la vida útil del sistema instalado. Según el EMAAP-Q (2009) “La selección de las tuberías deberá hacerse en función del dimensionado hidráulico de la misma y su verificación estructural a las cargas externas” (p. 45).

#### **5.22.3. Velocidad y pendiente mínima**

Para este apartado se tendrán en consideración una serie de factores los cuales hacen que el sistema pueda funcionar en su totalidad, tal como se indica en la norma EMAAP-Q (2009), la cual señala que para el funcionamiento óptimo de un sistema de alcantarillados se necesita una velocidad mayor a 0.60 m/s para evitar que los sedimentos contenidos en el flujo del agua se asienten en la tubería; así como para la pendiente mínima permitida por norma, la cual debe permitir la autolimpieza del tramo y un adecuado control de gases.

#### **5.22.4. Velocidad y pendiente máxima.**

En este apartado se nos muestran las velocidades y pendientes máximas del sistema estudiado, los cuales según la normativa impartida por el EMAAP-Q (2009), no se deben sobrepasar los 5 m/s en los tramos instalados.

#### **5.22.5. Profundidad hidráulica máxima.**

Según nos muestra la norma publicada en el EMAAP-Q (2009), para que exista una buena circulación y aireación del flujo de agua en la tubería, el valor máximo permisible de la profundidad hidráulica para el caudal de diseño debe ubicarse entre el 70-85% del diámetro real con tal de garantizar un óptimo funcionamiento.

#### **5.22.6. Profundidad mínima a la cota clave.**

Para efectos de diseño, a no ser que exista un serio problema de drenaje en el sistema, las redes de recolección y evacuación de aguas residuales deben ubicarse a una profundidad mínima de 1.50 metros para permitir el funcionamiento del drenaje por medio de la gravedad, aceptando una pendiente no menor a 2% (EMAAP-Q, 2009).

#### **5.22.7. Profundidad máxima a la cota clave.**

Para este apartado definimos un valor de la profundidad máxima permisible de las tuberías de 5m, pudiendo ser mayor dependiendo de las condiciones establecidas en el lugar donde se encuentra instaurado el sistema de alcantarillado (EMAAP-Q, 2009).

## CAPÍTULO VI

### CÁLCULOS Y DISEÑOS

#### 6.1. Diseño del sistema de alcantarillado combinado

Continuando con el diseño del sistema de alcantarillado combinado, se procedió a evaluar las condiciones hidráulicas en las que se encontraban los diferentes trazados sanitarios ya implementados en las comunidades de Gualchán y Las Juntas, de manera que se comprobarán sus correctos funcionamientos para las condiciones requeridas por los habitantes de dicha región. En cambio, para la comunidad de Espejo 2 se planteará la realización de un sistema de fosas sépticas que se adapte a las necesidades de la zona, esto es debido a que se trata de una pequeña sociedad de apenas 30 habitantes de carácter rural, y por ende la instalación de un sistema de alcantarillado supondría gastos muy elevados para ser llevados a cabo por los residentes.

#### 6.2. Ejemplo de cálculo

En este apartado veremos cómo fueron desarrollados algunos de los cálculos más resaltantes utilizados para la obtención de los datos y características que posee el diseño de alcantarillado realizado, tomando como ejemplo uno de los tramos utilizados en el sistema.

##### 6.2.1. Caudales

**Caudal Doméstico.** Para los caudales realizados, se empezó con el cálculo del caudal doméstico, en donde se toman como datos la dotación de caudal de agua potable por habitante en el día, el cual es multiplicado por la cantidad de habitantes en la población servida, para luego multiplicarse por el coeficiente de retorno de aguas servidas; arrojando un resultado final de  $Q_{dom} = 0.004 \text{ ltrs/seg.}$

$$Q_{Dom} = \frac{\text{Dotación} * P * R}{86400}$$

$$Q_{dom} = \left( \frac{100 \frac{lts}{hab * día} * 4.30hab}{86400 \frac{seg}{día}} \right) * 0.8 = 0.004 \frac{ltrs}{seg}$$

**Caudal máximo instantáneo.** Este valor deriva del punto máximo en el que una red doméstica pudiera alcanzar en un determinado momento a lo largo de su vida útil.

$$Q_{max. inst} = \left( 1 + \frac{14}{(4 + \sqrt{población servida})} \right) * Q_{dom}$$

$$Q_{max. inst} = \left( 1 + \frac{14}{\left( 4 + \sqrt{\frac{4.30hab}{1000}} \right)} \right) * 0.004 \frac{ltrs}{seg} = 0.018 \frac{ltrs}{seg}$$

**Caudal de conexiones erradas.** Estos representan los caudales provenientes de las malas conexiones realizadas en el tramo de sistema de alcantarillado al mezclarse el tramo residual con el de aguas pluviales. El resultado se obtiene al multiplicar el coeficiente de conexiones erradas por el área tributaria propia.

$$Q_{conx. Errad} = (coef. conx. errad) * (área trib. propia)$$

$$Q_{conx. Errad} = \left( 1.0 \frac{ltrs}{seg * ha} \right) * (0.2270ha) = 0.227 \frac{ltrs}{seg}$$

**Caudal de infiltración.** Este caudal es el resultado de las infiltraciones del nivel freático del terreno en las conexiones de las tuberías. Su cálculo se deriva de la multiplicación del coeficiente de infiltración por el área tributaria propia.

$$Q_{infiltración} = (Coef. infiltración) * (área trib. propia) =$$

$$Q_{infiltración} = \left( 0.15 \frac{ltrs}{seg * ha} \right) * (0.2270ha) = 0.034 \frac{ltrs}{seg}$$

**Caudal medio.** Este es el resultado de la suma de todos los caudales anteriores.

$$Q_{med} = Q_{Dom} + Q_{Inst} + Q_{Conx.errad} + Q_{inf}$$

$$Q_{med} = (0.004 + 0.018 + 0.227 + 0.034) \frac{ltrs}{seg} = 0.283 \frac{ltrs}{seg}$$

**Caudal medio acumulado.** Para este resultado se realiza la sumatoria de los caudales medios que se van obteniendo en el sistema, con la condición de que este valor sea mayor al caudal mínimo de diseño; de no ser así, se tomará el valor mínimo requerido por la norma. Al estar tomando como ejemplo el primer tramo del alcantarillado del sistema de Gualchán, se toma el valor del caudal mínimo de diseño por norma debido a que no existen caudales medios anteriores que se le sumen a este.

**Caudal máximo horario.** En este apartado, se multiplican los valores del caudal medio por el coeficiente de mayoración “K”.

$$Q_{max. Horario} = Q_{med} * K$$

$$Q_{max. Horario} = 0.283 \frac{ltrs}{seg} * 1.5 = 0.424 \frac{ltrs}{seg}$$

**Caudal Pluvial.** Es el caudal proveniente de las lluvias hacia el sistema, su cálculo se deriva de la fórmula que multiplica el valor 0.278 por el coeficiente de escurrimiento, la intensidad de lluvia y el área tributaria propia.

$$Q_{Pluvial} = 0.278 * C * I * A$$

$$Q_{pluvial} = 0.278 * 0.800 * 55 * \left( \frac{0.227}{0.01} \right) = 0.028 \frac{ltrs}{seg}$$

**Caudal de Diseño.** En este apartado existen dos parámetros a tomar en cuenta, si se está empezando con el sistema o es una toma intermedia la cual ya viene trayendo caudales consigo. Para el primer caso en donde tenemos un pozo al cual no le llegan caudales afluentes, si el valor de su caudal máximo horario es mayor al caudal mínimo de diseño, se tomará ese valor el cual será sumado con el caudal pluvial; de no ser así y resulta que el caudal mínimo de diseño es mayor, se toma como referencia este valor, sumándole el caudal pluvial.

Ahora, para el caso en donde se está estudiando una toma intermedia del sistema, el cálculo del caudal de diseño será dado por la suma del caudal de diseño anterior con el caudal máximo horario y el caudal pluvial correspondientes al sistema estudiado.

Tomando como ejemplo el caso 1:

$$Q \text{ diseño}_1 = Q \text{ diseño mínimo} + Q \text{ pluvial}$$

$$Q \text{ diseño}_1 = 1.50 \frac{\text{ltrs}}{\text{seg}} + 0.028 \frac{\text{ltrs}}{\text{seg}} = 1.528 \frac{\text{ltrs}}{\text{seg}}$$

Tomando como ejemplo el caso 2:

$$Q \text{ diseño}_2 = Q \text{ diseño anterior} + Q_{\text{max. horario}} + Q \text{ pluvial}$$

$$Q \text{ diseño}_2 = (1.528 + 0.142 + 0.009) \frac{\text{ltrs}}{\text{seg}} = 1.679 \frac{\text{ltrs}}{\text{seg}}$$

### 6.2.2. Pendientes

Para el cálculo de la pendiente, se toman los valores de las cotas iniciales y finales del proyecto, las cuales se restan y se dividen por la longitud de la tubería entre los dos tramos tomados.

$$Pendiente = \frac{Cota \text{ proy. inicial} - Cota \text{ proy. final}}{long. tubería}$$

$$Pendiente = \frac{1104.02 - 1101.09}{84.5} = 0.03465 \rightarrow 3.5\%$$

### 6.2.3. Velocidades y caudales en condiciones de tubería llena

Estos cálculos son realizados considerando una condición de flujo en donde la tubería se encuentre totalmente llena, arrojando cálculos máximos del sistema tanto para las velocidades, como para el caudal.

Para el apartado de la velocidad, se ven elementos a intervenir como el coeficiente de rugosidad de Manning (dependiendo del material de la tubería), el diámetro y la pendiente.

$$velocidad \text{ en tubería llena} = \frac{1}{n} * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$velocidad \text{ en tubería llena} = \frac{1}{0.009} * \left( \frac{250}{1000 * 4} \right)^{\frac{2}{3}} * (0.035)^{\frac{1}{2}} = 3.257 \frac{m}{seg}$$

En el caudal a tubería llena deriva de parámetros como el área estimada y la velocidad del flujo, obteniendo finalmente el resultado deseado.

$$\text{Caudal en tubería llena} = \pi * \left(\frac{(D)^2}{4}\right) * v$$

$$\text{Caudal en tubería llena} = \left(\pi * \left(\frac{\left(\frac{250}{1000}\right)^2}{4}\right) * 3.257 \frac{\text{mts}}{\text{seg}} * 1000\right) = 159.89 \frac{\text{ltrs}}{\text{seg}}$$

#### 6.2.4. Tubería circular parcialmente llena

Para los cálculos de esta sección, se necesitó de la iteración de distintas fórmulas para dar con la teta de diseño correspondiente al caudal de diseño generado para cada sección del tramo del sistema de alcantarillado, tanto para las comunidades de Gualchán y Las juntas. La teta de diseño es un parámetro hidráulico que se utiliza en el diseño de tuberías y conductos, y está relacionado con la velocidad del flujo y la pendiente de la tubería. Su valor se calcula a partir de la fórmula de Manning, que considera variables como el diámetro de la tubería, la pendiente y la rugosidad de la superficie interior de la tubería. La teta de diseño se utiliza para seleccionar el tamaño adecuado de las tuberías y garantizar que el flujo de agua se mantenga dentro de los límites de velocidad seguros y eficientes.

Las fórmulas generatrices de todo el procedimiento son las siguientes:

Velocidad de Manning:

$$V = \frac{1}{n} \left( Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \right) \quad (1)$$

Caudal:

$$Q = V * A \quad (2)$$

Área dada para una sección parcialmente llena:

$$A = \frac{(\theta - \sin \theta) * D^2}{8} \quad (3)$$

Primeramente, se procede a convertir la ecuación de caudal en una que esté en función de la velocidad de Manning haciendo el reemplazo correspondiente, despejando el área como incógnita.

$$A = \frac{Q}{\frac{1}{n} * (Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}})} \rightarrow A = \frac{Q * n}{Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}$$

Para el siguiente paso, sustituimos el área por la ecuación número 3 para que nos quede  $\theta$  en la ecuación.

$$\frac{(\theta - \sin \theta) * D^2}{8} = \frac{Q * n}{Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}}$$

Aunado a esto, se despeja  $\theta$  de la ecuación y luego se iguala a cero, para finalmente dejarla en función de  $\theta$ .

$$\theta = \frac{8 * Q * n}{Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * D^2} + \sin \theta \rightarrow 0 = \frac{8 * Q * n}{Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * D^2} + \sin \theta - \theta$$

$$\therefore f(\theta) = \frac{8 * Q * n}{Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * D^2} + \sin \theta - \theta = 0$$

Una vez tenida esta fórmula en función de  $\theta$  se deriva, obteniendo  $f'(\theta)$ .

$$f'(\theta) = \frac{4 * Q * n}{3 * D * S^{\frac{1}{2}} * Rh^{\frac{5}{3}}} * \left( \frac{\theta \cos \theta - \sin \theta}{\theta^2} \right) + \cos \theta - 1$$

Todo esto con el objetivo de iniciar un proceso iterativo, el cual vaya dándole valores a  $\theta$  hasta un punto en donde su función se haga 0. Con la función de  $\theta$  dando 0 se nos cumpliría la siguiente expresión:

$$\theta_{Diseño} = \theta_{Adoptado} - \frac{f(\theta)}{f'(\theta)}$$

Lo que se busca es que el Excel realizado le vaya dando valores a  $\theta$  hasta que la función  $f(\theta)$  sea igual a cero, para que al momento de dividirla con  $f'(\theta)$  esta arroje un valor de 0, obteniendo la igualdad de que el  $\theta_{Diseño}$  sea igual al  $\theta_{Adaptado}$ .

Tomando como ejemplo la primera iteración para la comunidad de Gualchán, tenemos lo siguiente:

$$\theta_{max} = 1.064 \text{ rad}$$

$$Rh = 0.0111 \text{ m (sacado de la ecuación para el Radio hidráulico)}$$

Paso 1: realizar la ecuación en función a  $\theta$ , su resultado debe ser 0.

$$f(\theta) = \frac{8 * \left( \frac{1.528 \frac{ltrs}{seg}}{1000 \frac{ltrs}{1m^3}} \right) * (0.009)}{(0.0111m)^{\frac{2}{3}} * (0.035)^{\frac{1}{2}} * \left( \frac{250mm}{1000 \frac{mm}{1m}} \right)^2} + \sin 1.064 \text{ rad} - 1.064 \text{ rad} = 0$$

Paso 2: realizar la función derivada.

$$f' \theta = \frac{4 * \left( \frac{1.528}{1000} \right) * (0.009)}{3 * \left( \frac{250}{1000} \right) * (0.035)^{\frac{1}{2}} * (0.0111)^{\frac{2}{3}}} * \left( \frac{1.064 \cos(1.064) - \sin(1.064)}{(1.064)^2} \right) + \cos(1.064) - 1 = -0.739$$

Al tener los dos resultados para las funciones dadas por el Excel, nos vamos a la ecuación de iteración en donde se verifica si son iguales los  $\theta$ .

$$\theta_{Diseño} = \theta_{Adoptado} - \frac{f(\theta)}{f'(\theta)}$$

$$\theta_{Diseño} = 1.064 \text{ rad} - \frac{\theta}{-0.739} \rightarrow \theta_{Diseño} = 1.064 \text{ rad} - 0$$

$$\therefore \theta_{Diseño} = 1.064 \text{ rad}$$

Finalmente, el valor de  $\theta$  encontrado será el valor ocupado por el caudal en el tramo de la tubería correspondiente.

### 6.2.5. Velocidades mínimas y máximas reales del sistema

En este apartado se resaltan los cálculos de las velocidades de flujo con condiciones de tubería parcialmente llenas, siendo estas las cifras reales obtenidas mediante el cálculo pertinente gracias a la ecuación de Manning.

$$\textit{Velocidad M}{\acute{a}}xima/\textit{M}{\acute{i}}nima = \frac{1}{n} * (Rh)^{\frac{2}{3}} * (S)^{\frac{1}{2}}$$

$$\textit{Velocidad M}{\acute{i}}nima = \frac{1}{0.009} * (0.0110)^{\frac{2}{3}} * (0.035)^{\frac{1}{2}} = 1.03 \frac{m}{seg}$$

$$\textit{Velocidad M}{\acute{a}}xima = \frac{1}{0.009} * (0.0111)^{\frac{2}{3}} * (0.035)^{\frac{1}{2}} = 1.03 \frac{m}{seg}$$

### 6.2.6. Relaciones Hidráulicas

En esta sección se destacarán los resultados generados para las relaciones hidráulicas del conducto; generando los datos necesarios a manera de obtener el calado y el número de Froude requeridos para verificar el estado del flujo en la tubería.

Relación entre el caudal de diseño y el caudal condicionado a tubería llena:

$$\frac{Qd}{Qo} = \frac{1.528}{159.89} = 0.010$$

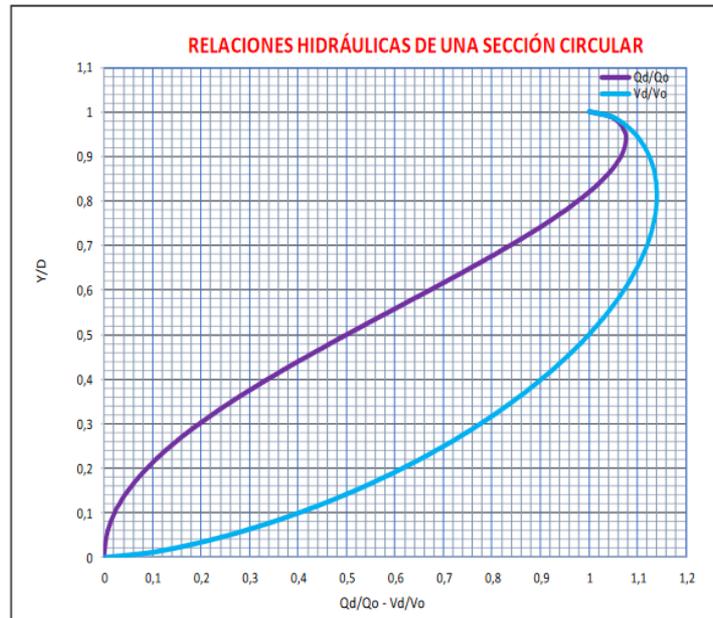
Relación entre la velocidad máxima y la velocidad condicionada a tubería llena:

$$\frac{Vmax}{Vo} = \frac{1.03}{3.257} = 0.32$$

Se entra con estos datos en la tabla de Relaciones Hidráulicas de una Sección Circular para hallar el Y/D utilizado para obtener el calado.

**Figura 31.**

*Relaciones Hidráulicas de una Sección Circular.*



*Nota.* Se presenta la figura de las relaciones hidráulicas para una sección circular.

Fuente: Adaptado de *Gráfico de las relaciones hidráulicas de una sección circular*, por Blaz, 2021.

Cálculo del calado de la sección:

$$\text{Calado} = \frac{Y}{D} (\text{gráfico}) * (D) =$$

$$\text{Calado} = 0.07 * \left( \frac{250\text{mm}}{10} \right) = 1.75\text{cm}$$

Una vez obtenidos estos resultados es posible realizar el cálculo del número de Froude, y posteriormente el estado de flujo de la sección.

$$\text{Número de Froude} = \frac{V_{\text{máx}}}{(g * (\text{Calado})^{0.5})} =$$

$$\text{Número de Froude} = \frac{1.03 \frac{\text{m}}{\text{seg}}}{(9.81 * (\frac{1.75\text{cm}}{100\text{cm}} * 1\text{m})^{0.5})} = 2.49 \therefore \text{Flujo Super Crítico}$$

### 6.3. Criterios y parámetros hidráulicos de diseño

#### 6.3.1. Diámetro Interno Mínimo y material

##### Gualchán

Para la comunidad de Gualchán se presentan en su mayoría diámetros de 250mm a lo largo del sistema de alcantarillado, llegando a los 400mm en los tramos en donde se encuentran los caudales de diseño más altos.

En el caso del material del sistema de alcantarillado de Gualchán nos encontramos con tramos hechos de cemento en su mayoría, hasta llegar a materiales más globales como el PVC en los trayectos finales.

**Tabla 37.**

*Diámetros y materiales de los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de gualchán.*

|                             | TRAMOS POZOS |             | DIÁMETRO | MATERIAL |
|-----------------------------|--------------|-------------|----------|----------|
|                             | Inicial      | Final       | Escoger  |          |
| <b>COLECTOR PRINCIPAL 1</b> | pozo N°. 1   | pozo N°. 2  | 250 mm   | Cemento  |
|                             | pozo N°. 2   | pozo N°. 3  | 250 mm   | Cemento  |
|                             | pozo N°. 3   | pozo N°. 4  | 250 mm   | Cemento  |
|                             | pozo N°. 4   | pozo N°. 5  | 250 mm   | Cemento  |
|                             | pozo N°. 5   | pozo N°. 6  | 250 mm   | Cemento  |
|                             | pozo N°. 6   | pozo N°. 7  | 250 mm   | Cemento  |
|                             | pozo N°. 7   | pozo N°. 8  | 250 mm   | Cemento  |
|                             | pozo N°. 8   | pozo N°. 9  | 250 mm   | Cemento  |
|                             | pozo N°. 9   | pozo N°. 10 | 250 mm   | Cemento  |
|                             | pozo N°. 10  | pozo N°. 11 | 250 mm   | Cemento  |
|                             | pozo N°. 11  | pozo N°. 12 | 315 mm   | Cemento  |
|                             | pozo N°. 12  | pozo N°. 13 | 400 mm   | Cemento  |
|                             | pozo N°. 13  | pozo N°. 14 | 400 mm   | Cemento  |
|                             | pozo N°. 14  | pozo N°. 15 | 400 mm   | PVC      |
|                             | pozo N°. 15  | pozo N°. 16 | 400 mm   | PVC      |
|                             |              | pozo N°. 16 | DESCARGA | 400 mm   |
| <b>TRAMO 1</b>              | pozo N°. 17  | pozo N°. 7  | 250 mm   | Cemento  |
| <b>TRAMO 2</b>              | pozo N°. 18  | pozo N°. 7  | 250 mm   | Cemento  |
|                             | pozo N°. 19  | pozo N°. 20 | 250 mm   | Cemento  |
| <b>TRAMO 3</b>              | pozo N°. 20  | pozo N°. 21 | 250 mm   | Cemento  |
|                             | pozo N°. 21  | pozo N°. 12 | 250 mm   | Cemento  |
| <b>TRAMO 4</b>              | pozo N°. 22  | pozo N°. 23 | 250 mm   | Cemento  |
|                             | pozo N°. 23  | pozo N°. 12 | 250 mm   | Cemento  |
| <b>TRAMO 5</b>              | pozo N°. 24  | pozo N°. 25 | 250 mm   | PVC      |
|                             | pozo N°. 25  | pozo N°. 10 | 250 mm   | PVC      |
| <b>TRAMO 6</b>              | pozo N°. 26  | pozo N°. 21 | 250 mm   | PVC      |
| <b>TRAMO 7</b>              | pozo N°. 27  | pozo N°. 21 | 250 mm   | PVC      |

*Nota.* Se presentan materiales y diámetros existentes en los tramos de la comunidad Gualchán. Elaborado por: Los Autores.

## Las Juntas

En la zona de Las Juntas nos encontramos con un sistema más pequeño que el de Gualchán adaptado a una comunidad de 95 habitantes, en donde los diámetros utilizados son los presentados en la normativa disponible en la EMAAP-Q.

Para el apartado del material, en la región de Las Juntas se nos presentan tuberías hechas de PVC en su totalidad, distribuidas a lo largo de los cuatro tramos que la componen. Cabe recordar que el diseño del sistema fue realizado por mano de obra que no se encontraba capacitada en su totalidad, resultando en la utilización total de este material en todos sus sectores.

**Tabla 38.**

*Diámetros y materiales de los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Las Juntas.*

|                           | TRAMOS POZOS |             | DIÁMETRO | MATERIAL |
|---------------------------|--------------|-------------|----------|----------|
|                           | Inicial      | Final       | Escoger  |          |
| <b>COLECTOR PRINCIPAL</b> | pozo N°. 1   | pozo N°. 2  | 250 mm   | PVC      |
|                           | pozo N°. 2   | pozo N°. 3  | 250 mm   | PVC      |
|                           | pozo N°. 3   | pozo N°. 4  | 250 mm   | PVC      |
|                           | pozo N°. 4   | pozo N°. 5  | 250 mm   | PVC      |
|                           | pozo N°. 5   | pozo N°. 6  | 250 mm   | PVC      |
|                           | pozo N°. 6   | TANQUE      | 250 mm   | PVC      |
|                           | TANQUE       | DESCARGA    | 250 mm   | PVC      |
| <b>TRAMO 2</b>            | CAJA         | pozo N°. 7  | 250 mm   | PVC      |
| <b>TRAMO 3</b>            | pozo N°. 7   | pozo N°. 4  | 250 mm   | PVC      |
| <b>TRAMO 4</b>            | pozo N°. 8   | pozo N°. 6  | 250 mm   | PVC      |
|                           | pozo N°. 9   | pozo N°. 10 | 200 mm   | PVC      |
|                           | pozo N°. 10  | DESCARGA    | 200 mm   | PVC      |

*Nota.* Se presentan materiales y diámetros existentes en los tramos de la comunidad Las Juntas. Elaborado por: Los Autores.

### 6.3.2. Caudales de diseño

En este apartado se comprobaron y evaluaron todos los caudales permitidos y alcanzados por los tramos del sistema de alcantarillado, de manera que se encuentren dentro de los parámetros establecidos por la norma y que garanticen un óptimo funcionamiento del trazado vigente en la zona.

Para llevar a cabo este proceso se procedió a medir y calcular los caudales mínimos (Q. min); aportantes (Q. aportantes); domésticos (Q. Domestico); máximo instantáneo (Q max.ins); conexiones erradas (Q conx. Errad); infiltración (Q. infiltración); medio (Q. medio); medio acumulado (Q Med.Acum); máximo horario (Q max. Horario); pluvial (Q. Pluvial) y finalmente el caudal de diseño (Q. diseño) de cada tramo del sistema de recolección y evacuación sanitario. Gracias a esto se pudo comprobar que los trazados de alcantarillado ubicados tanto en la comunidad de Gualchán como en Las Juntas, cumplen con los parámetros registrados en la normativa presentada por el EMAAP, ya que los caudales se encuentran por encima del nivel mínimo permitido y debajo del nivel máximo establecido (EMAAP-Q, 2009).

**Tabla 39.**

*Caudales generados del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Gualchán.*

| CAUDALES             |               |                       |                 |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                   |                       |                        |
|----------------------|---------------|-----------------------|-----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|------------------------|
| Q min                | Q. Aportantes | Q Domestico           | Q. Instituciona | Q max.inst            | Q conx. Errad         | Q Infiltración        | Q Medio               | Q. Med. Acum          | Q max. Horari         | Tiempo. Conce     | Q. Pluvial            | Q. diseño              |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.004 ltrs/seg        |                 | 0.018 ltrs/seg        | 0.227 ltrs/seg        | 0.034 ltrs/seg        | 0.283 ltrs/seg        | 1.50 ltrs/seg         | 0.424 ltrs/seg        | 12.000 min        | 0.028 ltrs/seg        | 1.528 ltrs/seg         |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.001 ltrs/seg        |                 | 0.006 ltrs/seg        | 0.076 ltrs/seg        | 0.011 ltrs/seg        | 0.095 ltrs/seg        | 1.59 ltrs/seg         | 0.142 ltrs/seg        | 12.119 min        | 0.009 ltrs/seg        | 1.679 ltrs/seg         |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.002 ltrs/seg        |                 | 0.010 ltrs/seg        | 0.126 ltrs/seg        | 0.019 ltrs/seg        | 0.156 ltrs/seg        | 1.75 ltrs/seg         | 0.235 ltrs/seg        | 12.516 min        | 0.015 ltrs/seg        | 1.929 ltrs/seg         |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.002 ltrs/seg        |                 | 0.011 ltrs/seg        | 0.137 ltrs/seg        | 0.021 ltrs/seg        | 0.171 ltrs/seg        | 1.92 ltrs/seg         | 0.256 ltrs/seg        | 12.705 min        | 0.017 ltrs/seg        | 2.201 ltrs/seg         |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.003 ltrs/seg        |                 | 0.013 ltrs/seg        | 0.164 ltrs/seg        | 0.025 ltrs/seg        | 0.204 ltrs/seg        | 2.13 ltrs/seg         | 0.306 ltrs/seg        | 12.793 min        | 0.020 ltrs/seg        | 2.528 ltrs/seg         |
| 1.50 ltrs/seg        | 3.08 ltrs/seg | 0.001 ltrs/seg        |                 | 0.003 ltrs/seg        | 0.043 ltrs/seg        | 0.006 ltrs/seg        | 3.132 ltrs/seg        | 5.26 ltrs/seg         | 4.699 ltrs/seg        | 12.859 min        | 0.005 ltrs/seg        | 7.231 ltrs/seg         |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.001 ltrs/seg        |                 | 0.005 ltrs/seg        | 0.068 ltrs/seg        | 0.010 ltrs/seg        | 0.085 ltrs/seg        | 5.34 ltrs/seg         | 0.128 ltrs/seg        | 12.957 min        | 0.008 ltrs/seg        | 7.368 ltrs/seg         |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.001 ltrs/seg        |                 | 0.003 ltrs/seg        | 0.040 ltrs/seg        | 0.006 ltrs/seg        | 0.050 ltrs/seg        | 5.39 ltrs/seg         | 0.076 ltrs/seg        | 13.104 min        | 0.005 ltrs/seg        | 7.448 ltrs/seg         |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.001 ltrs/seg        |                 | 0.004 ltrs/seg        | 0.055 ltrs/seg        | 0.008 ltrs/seg        | 0.068 ltrs/seg        | 5.46 ltrs/seg         | 0.102 ltrs/seg        | 13.184 min        | 0.007 ltrs/seg        | 7.557 ltrs/seg         |
| 1.50 ltrs/seg        | 1.63 ltrs/seg | 0.003 ltrs/seg        |                 | 0.014 ltrs/seg        | 0.182 ltrs/seg        | 0.027 ltrs/seg        | 1.861 ltrs/seg        | 7.32 ltrs/seg         | 2.791 ltrs/seg        | 13.281 min        | 0.022 ltrs/seg        | 10.371 ltrs/seg        |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.003 ltrs/seg        |                 | 0.012 ltrs/seg        | 0.155 ltrs/seg        | 0.023 ltrs/seg        | 0.193 ltrs/seg        | 7.52 ltrs/seg         | 0.289 ltrs/seg        | 13.613 min        | 0.019 ltrs/seg        | 10.679 ltrs/seg        |
| 1.50 ltrs/seg        | 5.60 ltrs/seg | 0.001 ltrs/seg        |                 | 0.002 ltrs/seg        | 0.029 ltrs/seg        | 0.004 ltrs/seg        | 5.637 ltrs/seg        | 13.15 ltrs/seg        | 8.455 ltrs/seg        | 13.687 min        | 0.004 ltrs/seg        | 19.137 ltrs/seg        |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.002 ltrs/seg        |                 | 0.009 ltrs/seg        | 0.111 ltrs/seg        | 0.017 ltrs/seg        | 0.139 ltrs/seg        | 13.29 ltrs/seg        | 0.208 ltrs/seg        | 13.872 min        | 0.014 ltrs/seg        | 19.359 ltrs/seg        |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.001 ltrs/seg        |                 | 0.006 ltrs/seg        | 0.078 ltrs/seg        | 0.012 ltrs/seg        | 0.097 ltrs/seg        | 13.39 ltrs/seg        | 0.146 ltrs/seg        | 14.128 min        | 0.010 ltrs/seg        | 19.514 ltrs/seg        |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.001 ltrs/seg        |                 | 0.004 ltrs/seg        | 0.045 ltrs/seg        | 0.007 ltrs/seg        | 0.056 ltrs/seg        | 13.44 ltrs/seg        | 0.084 ltrs/seg        | 14.386 min        | 0.006 ltrs/seg        | 19.604 ltrs/seg        |
| <b>1.50 ltrs/seg</b> |               | <b>0.000 ltrs/seg</b> |                 | <b>0.000 ltrs/seg</b> | <b>0.000 ltrs/seg</b> | <b>0.000 ltrs/seg</b> | <b>0.000 ltrs/seg</b> | <b>13.44 ltrs/seg</b> | <b>0.000 ltrs/seg</b> | <b>14.402 min</b> | <b>0.000 ltrs/seg</b> | <b>19.604 ltrs/seg</b> |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.009 ltrs/seg        |                 | 0.041 ltrs/seg        | 0.527 ltrs/seg        | 0.079 ltrs/seg        | 0.656 ltrs/seg        | 1.50 ltrs/seg         | 0.984 ltrs/seg        | 12.000 min        | 0.064 ltrs/seg        | 1.564 ltrs/seg         |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.002 ltrs/seg        |                 | 0.009 ltrs/seg        | 0.119 ltrs/seg        | 0.018 ltrs/seg        | 0.148 ltrs/seg        | 1.50 ltrs/seg         | 0.222 ltrs/seg        | 12.000 min        | 0.015 ltrs/seg        | 1.515 ltrs/seg         |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.003 ltrs/seg        |                 | 0.015 ltrs/seg        | 0.068 ltrs/seg        | 0.010 ltrs/seg        | 0.096 ltrs/seg        | 1.50 ltrs/seg         | 0.145 ltrs/seg        | 12.000 min        | 0.008 ltrs/seg        | 1.508 ltrs/seg         |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.004 ltrs/seg        |                 | 0.020 ltrs/seg        | 0.067 ltrs/seg        | 0.010 ltrs/seg        | 0.102 ltrs/seg        | 1.60 ltrs/seg         | 0.153 ltrs/seg        | 12.046 min        | 0.008 ltrs/seg        | 1.669 ltrs/seg         |
| 1.50 ltrs/seg        | 1.51 ltrs/seg | 0.005 ltrs/seg        |                 | 0.021 ltrs/seg        | 0.019 ltrs/seg        | 0.003 ltrs/seg        | 1.556 ltrs/seg        | 3.16 ltrs/seg         | 2.334 ltrs/seg        | 12.123 min        | 0.002 ltrs/seg        | 4.005 ltrs/seg         |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.007 ltrs/seg        |                 | 0.031 ltrs/seg        | 0.127 ltrs/seg        | 0.019 ltrs/seg        | 0.184 ltrs/seg        | 1.50 ltrs/seg         | 0.276 ltrs/seg        | 12.000 min        | 0.016 ltrs/seg        | 1.516 ltrs/seg         |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.007 ltrs/seg        |                 | 0.032 ltrs/seg        | 0.011 ltrs/seg        | 0.002 ltrs/seg        | 0.052 ltrs/seg        | 1.55 ltrs/seg         | 0.078 ltrs/seg        | 12.058 min        | 0.001 ltrs/seg        | 1.595 ltrs/seg         |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.011 ltrs/seg        |                 | 0.047 ltrs/seg        | 0.193 ltrs/seg        | 0.029 ltrs/seg        | 0.280 ltrs/seg        | 1.50 ltrs/seg         | 0.420 ltrs/seg        | 12.000 min        | 0.024 ltrs/seg        | 1.524 ltrs/seg         |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.011 ltrs/seg        |                 | 0.048 ltrs/seg        | 0.012 ltrs/seg        | 0.002 ltrs/seg        | 0.072 ltrs/seg        | 1.57 ltrs/seg         | 0.108 ltrs/seg        | 12.017 min        | 0.001 ltrs/seg        | 1.633 ltrs/seg         |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.012 ltrs/seg        |                 | 0.054 ltrs/seg        | 0.080 ltrs/seg        | 0.012 ltrs/seg        | 0.158 ltrs/seg        | 1.50 ltrs/seg         | 0.237 ltrs/seg        | 12.000 min        | 0.010 ltrs/seg        | 1.510 ltrs/seg         |
| 1.50 ltrs/seg        |               | 0.013 ltrs/seg        |                 | 0.059 ltrs/seg        | 0.067 ltrs/seg        | 0.010 ltrs/seg        | 0.149 ltrs/seg        | 1.50 ltrs/seg         | 0.223 ltrs/seg        | 12.000 min        | 0.008 ltrs/seg        | 1.508 ltrs/seg         |

*Nota.* Se presentan caudales generados del sistema de alcantarillado en la comunidad Gualchán. Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 40.**

*Caudales generados del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Las*

*Juntas.*

| CAUDALES      |               |                |                  |                |                |                |                |               |                |            |                |                |                |
|---------------|---------------|----------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|----------------|------------|----------------|----------------|----------------|
| Q min         | Q. Aportantes | Q Domestico    | Q. Institucional | Q max.inst     | Q conx. Errad  | Q Infiltración | Q Medio        | Q. Med. Acum  | Q max.         | Horari     | tiempo. Concen | Q. Pluvial     | Q. diseño      |
| 1.50 ltrs/seg |               | 0.001 ltrs/seg |                  | 0.006 ltrs/seg | 0.075 ltrs/seg | 0.011 ltrs/seg | 0.094 ltrs/seg | 1.50 ltrs/seg | 0.141 ltrs/seg | 12.000 min |                | 0.009 ltrs/seg | 1.509 ltrs/seg |
| 1.50 ltrs/seg |               | 0.003 ltrs/seg |                  | 0.011 ltrs/seg | 0.071 ltrs/seg | 0.011 ltrs/seg | 0.096 ltrs/seg | 1.60 ltrs/seg | 0.144 ltrs/seg | 12.121 min |                | 0.009 ltrs/seg | 1.662 ltrs/seg |
| 1.50 ltrs/seg |               | 0.005 ltrs/seg |                  | 0.021 ltrs/seg | 0.118 ltrs/seg | 0.018 ltrs/seg | 0.161 ltrs/seg | 1.76 ltrs/seg | 0.242 ltrs/seg | 12.344 min |                | 0.014 ltrs/seg | 1.918 ltrs/seg |
| 1.50 ltrs/seg |               | 0.005 ltrs/seg |                  | 0.023 ltrs/seg | 0.035 ltrs/seg | 0.005 ltrs/seg | 0.068 ltrs/seg | 1.83 ltrs/seg | 0.102 ltrs/seg | 12.408 min |                | 0.004 ltrs/seg | 2.025 ltrs/seg |
| 1.50 ltrs/seg |               | 0.008 ltrs/seg |                  | 0.035 ltrs/seg | 0.151 ltrs/seg | 0.023 ltrs/seg | 0.216 ltrs/seg | 2.04 ltrs/seg | 0.324 ltrs/seg | 13.006 min |                | 0.018 ltrs/seg | 2.367 ltrs/seg |
| 1.50 ltrs/seg | 1.51 ltrs/seg | 0.008 ltrs/seg |                  | 0.035 ltrs/seg | 0.000 ltrs/seg | 0.000 ltrs/seg | 1.553 ltrs/seg | 3.59 ltrs/seg | 2.330 ltrs/seg | 13.024 min |                | 0.000 ltrs/seg | 4.697 ltrs/seg |
| 1.50 ltrs/seg | 1.58 ltrs/seg | 0.008 ltrs/seg |                  | 0.035 ltrs/seg | 0.000 ltrs/seg | 0.000 ltrs/seg | 1.620 ltrs/seg | 5.22 ltrs/seg | 2.430 ltrs/seg | 13.053 min |                | 0.000 ltrs/seg | 7.128 ltrs/seg |
| 1.50 ltrs/seg |               | 0.001 ltrs/seg |                  | 0.004 ltrs/seg | 0.056 ltrs/seg | 0.008 ltrs/seg | 0.070 ltrs/seg | 1.50 ltrs/seg | 0.105 ltrs/seg | 12.000 min |                | 0.007 ltrs/seg | 1.507 ltrs/seg |
| 1.50 ltrs/seg |               | 0.002 ltrs/seg |                  | 0.007 ltrs/seg | 0.034 ltrs/seg | 0.005 ltrs/seg | 0.047 ltrs/seg | 1.55 ltrs/seg | 0.071 ltrs/seg | 12.092 min |                | 0.004 ltrs/seg | 1.582 ltrs/seg |
| 1.50 ltrs/seg |               | 0.002 ltrs/seg |                  | 0.007 ltrs/seg | 0.087 ltrs/seg | 0.013 ltrs/seg | 0.108 ltrs/seg | 1.50 ltrs/seg | 0.162 ltrs/seg | 12.000 min |                | 0.011 ltrs/seg | 1.511 ltrs/seg |
| 1.50 ltrs/seg |               | 0.001 ltrs/seg |                  | 0.003 ltrs/seg | 0.040 ltrs/seg | 0.006 ltrs/seg | 0.049 ltrs/seg | 1.50 ltrs/seg | 0.074 ltrs/seg | 12.000 min |                | 0.005 ltrs/seg | 1.505 ltrs/seg |
| 1.50 ltrs/seg |               | 0.001 ltrs/seg |                  | 0.006 ltrs/seg | 0.034 ltrs/seg | 0.005 ltrs/seg | 0.046 ltrs/seg | 1.55 ltrs/seg | 0.068 ltrs/seg | 12.293 min |                | 0.004 ltrs/seg | 1.577 ltrs/seg |

*Nota.* Se presentan caudales generados del sistema de alcantarillado en la comunidad

Las Juntas. Elaborado por: Los Autores.

### 6.3.3. Velocidad y pendiente mínima

Como se puede observar en el sistema implementado en la comunidad de Gualchán, todos los tramos cumplen con las condiciones óptimas de diseño al superar una velocidad mínima por norma de 0.60 m/s, además de garantizar una pendiente que cumpla con las necesidades de autolimpieza.

**Tabla 41.**

*Velocidad y pendiente mínima en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Gualchán.*

|                             | TRAMOS POZOS |             | PENDIENTE |           |        | VELOCIDADES REALES |            |
|-----------------------------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------|--------------------|------------|
|                             | Inicial      | Final       | Normal    | Corregida | %      | Vmin               | Condición  |
| <b>COLECTOR PRINCIPAL 1</b> | pozo N°. 1   | pozo N°. 2  | 0.03465   | 0.035     | 3.50%  | 1.03 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 2   | pozo N°. 3  | 0.07539   | 0.075     | 7.50%  | 1.37 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 3   | pozo N°. 4  | 0.01183   | 0.012     | 1.20%  | 0.74 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 4   | pozo N°. 5  | 0.05928   | 0.059     | 5.90%  | 1.33 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 5   | pozo N°. 6  | 0.15774   | 0.158     | 15.80% | 1.93 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 6   | pozo N°. 7  | 0.08735   | 0.087     | 8.70%  | 2.07 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 7   | pozo N°. 8  | 0.06254   | 0.063     | 6.30%  | 1.85 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 8   | pozo N°. 9  | 0.00918   | 0.009     | 0.90%  | 0.95 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 9   | pozo N°. 10 | 0.07925   | 0.079     | 7.90%  | 2.02 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 10  | pozo N°. 11 | 0.15185   | 0.152     | 15.20% | 2.77 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 11  | pozo N°. 12 | 0.02189   | 0.022     | 2.20%  | 1.24 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 12  | pozo N°. 13 | 0.0371    | 0.037     | 3.70%  | 1.52 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 13  | pozo N°. 14 | 0.03404   | 0.034     | 3.40%  | 1.48 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 14  | pozo N°. 15 | 0.01774   | 0.018     | 1.80%  | 1.18 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 15  | pozo N°. 16 | 0.01747   | 0.017     | 1.70%  | 1.18 m/seg         | OK         |
|                             |              | pozo N°. 16 | DESCARGA  | 0.06667   | 0.067  | 6.70%              | 1.88 m/seg |
| TRAMO 1                     | pozo N°. 17  | pozo N°. 7  | 0.02232   | 0.022     | 2.20%  | 0.88 m/seg         | OK         |
| TRAMO 2                     | pozo N°. 18  | pozo N°. 7  | 0.06002   | 0.06      | 6.00%  | 1.24 m/seg         | OK         |
| TRAMO 3                     | pozo N°. 19  | pozo N°. 20 | 0.31842   | 0.318     | 31.80% | 2.22 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 20  | pozo N°. 21 | 0.31993   | 0.32      | 32.00% | 2.27 m/seg         | OK         |
| TRAMO 4                     | pozo N°. 21  | pozo N°. 12 | 0.06257   | 0.063     | 6.30%  | 1.58 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 22  | pozo N°. 23 | 0.02614   | 0.026     | 2.60%  | 0.93 m/seg         | OK         |
| TRAMO 5                     | pozo N°. 23  | pozo N°. 12 | 0.05823   | 0.058     | 5.80%  | 1.24 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 24  | pozo N°. 25 | 0.03787   | 0.038     | 3.80%  | 1.06 m/seg         | OK         |
| TRAMO 6                     | pozo N°. 25  | pozo N°. 10 | 0.34787   | 0.348     | 34.80% | 2.32 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 26  | pozo N°. 21 | 0.18397   | 0.184     | 18.40% | 1.83 m/seg         | OK         |
| TRAMO 7                     | pozo N°. 27  | pozo N°. 21 | 0.01558   | 0.016     | 1.60%  | 0.78 m/seg         | OK         |

*Nota.* Se presenta la velocidad y pendiente mínima en los tramos del sistema de alcantarillado en la comunidad Gualchán. Elaborado por: Los Autores.

Para el sistema de Las Juntas se nos presentan de igual manera condiciones aptas para que el flujo de agua posea una velocidad superior al mínimo requerido por norma (0.6 m/s) y mantenga una pendiente apta en el sistema.

**Tabla 42.**

*Velocidad y pendiente mínima en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Las Juntas.*

|                           | TRAMOS POZOS |             | PENDIENTE |           |        | VELOCIDADES REALES |           |
|---------------------------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------|--------------------|-----------|
|                           | Inicial      | Final       | Normal    | Corregida | %      | Vmin               | Condición |
| <b>COLECTOR PRINCIPAL</b> | pozo N°. 1   | pozo N°. 2  | 0.05656   | 0.057     | 5.70%  | 1.22 m/seg         | OK        |
|                           | pozo N°. 2   | pozo N°. 3  | 0.03034   | 0.03      | 3.00%  | 0.98 m/seg         | OK        |
|                           | pozo N°. 3   | pozo N°. 4  | 0.04016   | 0.04      | 4.00%  | 1.08 m/seg         | OK        |
|                           | pozo N°. 4   | pozo N°. 5  | 0.04916   | 0.049     | 4.90%  | 1.16 m/seg         | OK        |
|                           | pozo N°. 5   | pozo N°. 6  | 0.00859   | 0.009     | 0.90%  | 0.63 m/seg         | OK        |
|                           | pozo N°. 6   | TANQUE      | 0.7549    | 0.755     | 75.50% | 2.99 m/seg         | OK        |
|                           | TANQUE       | DESCARGA    | 0.15832   | 0.158     | 15.80% | 1.74 m/seg         | OK        |
| TRAMO 2                   | CAJA         | pozo N°. 7  | 0.02248   | 0.022     | 2.20%  | 0.88 m/seg         | OK        |
|                           | pozo N°. 7   | pozo N°. 4  | 0.04289   | 0.043     | 4.30%  | 1.10 m/seg         | OK        |
| TRAMO 3                   | pozo N°. 8   | pozo N°. 6  | 0.03558   | 0.036     | 3.60%  | 1.04 m/seg         | OK        |
| TRAMO 4                   | pozo N°. 9   | pozo N°. 10 | 0.03465   | 0.035     | 3.50%  | 0.96 m/seg         | OK        |
|                           | pozo N°. 10  | DESCARGA    | 0.01687   | 0.017     | 1.70%  | 0.747 m/seg        | OK        |

*Nota.* Se presenta la velocidad y pendiente mínima en los tramos del sistema de alcantarillado en la comunidad Las Juntas. Elaborado por: Los Autores.

#### **6.3.4. Velocidad y pendiente máxima.**

En el caso de la comunidad de Gualchán, nos encontramos con que las velocidades están dentro del parámetro permitido por la norma, alcanzando su punto máximo en el tramo que va desde el pozo número 10 hasta el pozo número 11.

**Tabla 43.**

Velocidad y pendiente máxima en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Gualchán.

|                             | TRAMOS POZOS |             | PENDIENTE |           |        | VELOCIDADES REALES |            |
|-----------------------------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------|--------------------|------------|
|                             | Inicial      | Final       | Normal    | Corregida | %      | Vmax               | Condición  |
| <b>COLECTOR PRINCIPAL 1</b> | pozo N°. 1   | pozo N°. 2  | 0.03465   | 0.035     | 3.50%  | 1.03 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 2   | pozo N°. 3  | 0.07539   | 0.075     | 7.50%  | 1.39 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 3   | pozo N°. 4  | 0.01183   | 0.012     | 1.20%  | 0.76 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 4   | pozo N°. 5  | 0.05928   | 0.059     | 5.90%  | 1.39 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 5   | pozo N°. 6  | 0.15774   | 0.158     | 15.80% | 2.04 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 6   | pozo N°. 7  | 0.08735   | 0.087     | 8.70%  | 2.28 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 7   | pozo N°. 8  | 0.06254   | 0.063     | 6.30%  | 2.04 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 8   | pozo N°. 9  | 0.00918   | 0.009     | 0.90%  | 1.04 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 9   | pozo N°. 10 | 0.07925   | 0.079     | 7.90%  | 2.23 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 10  | pozo N°. 11 | 0.15185   | 0.152     | 15.20% | 3.08 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 11  | pozo N°. 12 | 0.02189   | 0.022     | 2.20%  | 1.37 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 12  | pozo N°. 13 | 0.0371    | 0.037     | 3.70%  | 1.70 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 13  | pozo N°. 14 | 0.03404   | 0.034     | 3.40%  | 1.66 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 14  | pozo N°. 15 | 0.01774   | 0.018     | 1.80%  | 1.32 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 15  | pozo N°. 16 | 0.01747   | 0.017     | 1.70%  | 1.32 m/seg         | OK         |
|                             |              | pozo N°. 16 | DESCARGA  | 0.06667   | 0.067  | 6.70%              | 2.11 m/seg |
| TRAMO 1                     | pozo N°. 17  | pozo N°. 7  | 0.02232   | 0.022     | 2.20%  | 0.89 m/seg         | OK         |
| TRAMO 2                     | pozo N°. 18  | pozo N°. 7  | 0.06002   | 0.06      | 6.00%  | 1.25 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 19  | pozo N°. 20 | 0.31842   | 0.318     | 31.80% | 2.22 m/seg         | OK         |
| TRAMO 3                     | pozo N°. 20  | pozo N°. 21 | 0.31993   | 0.32      | 32.00% | 2.30 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 21  | pozo N°. 12 | 0.06257   | 0.063     | 6.30%  | 1.70 m/seg         | OK         |
| TRAMO 4                     | pozo N°. 22  | pozo N°. 23 | 0.02614   | 0.026     | 2.60%  | 0.93 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 23  | pozo N°. 12 | 0.05823   | 0.058     | 5.80%  | 1.25 m/seg         | OK         |
| TRAMO 5                     | pozo N°. 24  | pozo N°. 25 | 0.03787   | 0.038     | 3.80%  | 1.06 m/seg         | OK         |
|                             | pozo N°. 25  | pozo N°. 10 | 0.34787   | 0.348     | 34.80% | 2.35 m/seg         | OK         |
| TRAMO 6                     | pozo N°. 26  | pozo N°. 21 | 0.18397   | 0.184     | 18.40% | 1.84 m/seg         | OK         |
| TRAMO 7                     | pozo N°. 27  | pozo N°. 21 | 0.01558   | 0.016     | 1.60%  | 0.78 m/seg         | OK         |

*Nota.* Se presenta la velocidad y pendiente máxima en los tramos del sistema de alcantarillado en la comunidad Gualchán. Elaborado por: Los Autores.

Para el caso de la población de Las Juntas, se nos presentan unas velocidades en su mayoría menores a las vistas en Gualchán, sin embargo, su pico resulta ser el mayor de las dos comunidades, con una velocidad de 4.24 m/s desde el pozo número 6 hasta el tanque, aproximándose de cierta manera al límite normativo.

**Tabla 44.**

*Velocidad y pendiente máxima en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Las Juntas.*

|                           | TRAMOS POZOS        |                     | PENDIENTE |           |        | VELOCIDADES REALES |           |
|---------------------------|---------------------|---------------------|-----------|-----------|--------|--------------------|-----------|
|                           | Inicial             | Final               | Normal    | Corregida | %      | Vmax               | Condición |
| <b>COLECTOR PRINCIPAL</b> | <i>pozo N°. 1</i>   | <i>pozo N°. 2</i>   | 0.05656   | 0.057     | 5.70%  | 1.22 m/seg         | OK        |
|                           | <i>pozo N°. 2</i>   | <i>pozo N°. 3</i>   | 0.03034   | 0.03      | 3.00%  | 1.01 m/seg         | OK        |
|                           | <i>pozo N°. 3</i>   | <i>pozo N°. 4</i>   | 0.04016   | 0.04      | 4.00%  | 1.16 m/seg         | OK        |
|                           | <i>pozo N° . 4</i>  | <i>pozo N° . 5</i>  | 0.04916   | 0.049     | 4.90%  | 1.27 m/seg         | OK        |
|                           | <i>pozo N° . 5</i>  | <i>pozo N° . 6</i>  | 0.00859   | 0.009     | 0.90%  | 0.72 m/seg         | OK        |
|                           | <i>pozo N° . 6</i>  | <b>TANQUE</b>       | 0.7549    | 0.755     | 75.50% | 4.24 m/seg         | OK        |
|                           | <b>TANQUE</b>       | <b>DESCARGA</b>     | 0.15832   | 0.158     | 15.80% | 2.79 m/seg         | OK        |
| <b>TRAMO 2</b>            | <b>CAJA</b>         | <i>pozo N° . 7</i>  | 0.02248   | 0.022     | 2.20%  | 0.88 m/seg         | OK        |
|                           | <i>pozo N° . 7</i>  | <i>pozo N° . 4</i>  | 0.04289   | 0.043     | 4.30%  | 1.12 m/seg         | OK        |
| <b>TRAMO 3</b>            | <i>pozo N° . 8</i>  | <i>pozo N° . 6</i>  | 0.03558   | 0.036     | 3.60%  | 1.04 m/seg         | OK        |
| <b>TRAMO 4</b>            | <i>pozo N° . 9</i>  | <i>pozo N° . 10</i> | 0.03465   | 0.035     | 3.50%  | 1.18 m/seg         | OK        |
|                           | <i>pozo N° . 10</i> | <b>DESCARGA</b>     | 0.01687   | 0.017     | 1.70%  | 0.93 m/seg         | OK        |

*Nota.* Se presenta la velocidad y pendiente máxima en los tramos del sistema de alcantarillado en la comunidad Las Juntas. Elaborado por: Los Autores.

### **6.3.5. Estado de flujo.**

En este caso corroboramos que el estado del flujo contenido en el sistema posee un régimen supercrítico, ya que registra a lo largo de sus tramos un valor del número de Froude mayor a 1, derivando en velocidades altas y turbulentas en todo su recorrido tanto en el alcantarillado de Gualchán como el de Las Juntas.

**Tabla 45.**

*Estado de flujo en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Gualchán.*

| <b>TRAMOS POZOS</b>         |                    |                    | <b>FROUDE</b>   |                        |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|-----------------|------------------------|
|                             | <b>Inicial</b>     | <b>Final</b>       | <b># Froude</b> | <b>Estado de Flujo</b> |
| <b>COLECTOR PRINCIPAL 1</b> | <i>pozo N°. 1</i>  | <i>pozo N°. 2</i>  | 2.49            | Flujo Super Crítico    |
|                             | <i>pozo N°. 2</i>  | <i>pozo N°. 3</i>  | 3.79            | Flujo Super Crítico    |
|                             | <i>pozo N°. 3</i>  | <i>pozo N°. 4</i>  | 1.54            | Flujo Super Crítico    |
|                             | <i>pozo N°. 4</i>  | <i>pozo N°. 5</i>  | 3.35            | Flujo Super Crítico    |
|                             | <i>pozo N°. 5</i>  | <i>pozo N°. 6</i>  | 5.31            | Flujo Super Crítico    |
|                             | <i>pozo N°. 6</i>  | <i>pozo N°. 7</i>  | 4.2             | Flujo Super Crítico    |
|                             | <i>pozo N°. 7</i>  | <i>pozo N°. 8</i>  | 3.48            | Flujo Super Crítico    |
|                             | <i>pozo N°. 8</i>  | <i>pozo N°. 9</i>  | 1.49            | Flujo Super Crítico    |
|                             | <i>pozo N°. 9</i>  | <i>pozo N°. 10</i> | 4.11            | Flujo Super Crítico    |
|                             | <i>pozo N°. 10</i> | <i>pozo N°. 11</i> | 5.68            | Flujo Super Crítico    |
|                             | <i>pozo N°. 11</i> | <i>pozo N°. 12</i> | 2.25            | Flujo Super Crítico    |
|                             | <i>pozo N°. 12</i> | <i>pozo N°. 13</i> | 3.04            | Flujo Super Crítico    |
|                             | <i>pozo N°. 13</i> | <i>pozo N°. 14</i> | 2.79            | Flujo Super Crítico    |
|                             | <i>pozo N°. 14</i> | <i>pozo N°. 15</i> | 1.78            | Flujo Super Crítico    |
|                             | <i>pozo N°. 15</i> | <i>pozo N°. 16</i> | 1.78            | Flujo Super Crítico    |
|                             |                    | <b>pozo N°. 16</b> | <b>DESCARGA</b> | 3.76                   |
| <b>TRAMO 1</b>              | <i>pozo N°. 17</i> | <i>pozo N°. 7</i>  | 2.01            | Flujo Super Crítico    |
| <b>TRAMO 2</b>              | <i>pozo N°. 18</i> | <i>pozo N°. 7</i>  | 3.25            | Flujo Super Crítico    |
|                             | <i>pozo N°. 19</i> | <i>pozo N°. 20</i> | 7.1             | Flujo Super Crítico    |
| <b>TRAMO 3</b>              | <i>pozo N°. 20</i> | <i>pozo N°. 21</i> | 7.33            | Flujo Super Crítico    |
|                             | <i>pozo N°. 21</i> | <i>pozo N°. 12</i> | 3.43            | Flujo Super Crítico    |
| <b>TRAMO 4</b>              | <i>pozo N°. 22</i> | <i>pozo N°. 23</i> | 2.43            | Flujo Super Crítico    |
|                             | <i>pozo N°. 23</i> | <i>pozo N°. 12</i> | 3.26            | Flujo Super Crítico    |
| <b>TRAMO 5</b>              | <i>pozo N°. 24</i> | <i>pozo N°. 25</i> | 2.77            | Flujo Super Crítico    |
|                             | <i>pozo N°. 25</i> | <i>pozo N°. 10</i> | 12.24           | Flujo Super Crítico    |
| <b>TRAMO 6</b>              | <i>pozo N°. 26</i> | <i>pozo N°. 21</i> | 5.87            | Flujo Super Crítico    |
| <b>TRAMO 7</b>              | <i>pozo N°. 27</i> | <i>pozo N°. 21</i> | 1.76            | Flujo Super Crítico    |

*Nota.* Se presenta el estado de flujo en los tramos del sistema de alcantarillado en la comunidad

Gualchán. Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 46.**

*Estado de flujo en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Las Juntas.*

|                               |  | <b>TRAMOS POZOS</b> |                    | <b>FROUDE</b>   |                        |
|-------------------------------|--|---------------------|--------------------|-----------------|------------------------|
|                               |  | <b>Inicial</b>      | <b>Final</b>       | <b># Froude</b> | <b>Estado de Flujo</b> |
| <b>COLECTOR<br/>PRINCIPAL</b> |  | <i>pozo N°. 1</i>   | <i>pozo N°. 2</i>  | 3.18            | Flujo Super Crítico    |
|                               |  | <i>pozo N°. 2</i>   | <i>pozo N°. 3</i>  | 2.44            | Flujo Super Crítico    |
|                               |  | <i>pozo N°. 3</i>   | <i>pozo N°. 4</i>  | 2.81            | Flujo Super Crítico    |
|                               |  | <i>pozo N°. 4</i>   | <i>pozo N°. 5</i>  | 3.06            | Flujo Super Crítico    |
|                               |  | <i>pozo N°. 5</i>   | <i>pozo N°. 6</i>  | 1.33            | Flujo Super Crítico    |
|                               |  | <i>pozo N°. 6</i>   | <b>TANQUE</b>      | 11.06           | Flujo Super Crítico    |
|                               |  | <b>TANQUE</b>       | <b>DESCARGA</b>    | 5.64            | Flujo Super Crítico    |
| <b>TRAMO 2</b>                |  | <b>CAJA</b>         | <i>pozo N°. 7</i>  | 1.99            | Flujo Super Crítico    |
|                               |  | <i>pozo N°. 7</i>   | <i>pozo N°. 4</i>  | 2.93            | Flujo Super Crítico    |
| <b>TRAMO 3</b>                |  | <i>pozo N°. 8</i>   | <i>pozo N°. 6</i>  | 2.7             | Flujo Super Crítico    |
| <b>TRAMO 4</b>                |  | <i>pozo N°. 9</i>   | <i>pozo N°. 10</i> | 2.53            | Flujo Super Crítico    |
|                               |  | <i>pozo N°. 10</i>  | <b>DESCARGA</b>    | 1.84            | Flujo Super Crítico    |

*Nota.* Se presenta el estado de flujo en los tramos del sistema de alcantarillado en la comunidad Las Juntas. Elaborado por: Los Autores.

### **6.3.6. Análisis de flujo a sección llena.**

Para la comprobación de este apartado se tomaron en cuenta factores específicos del sistema como el diámetro y la pendiente, los cuales permiten la obtención de los cálculos finales. De acuerdo con la teoría, se evalúan las secciones de los tramos tomando como referencia el radio completo de la tubería para determinar su comportamiento ante condiciones extraordinarias, derivando en el cálculo de la velocidad, y finalmente el caudal obtenido del diseño.

**Tabla 47.**

*Análisis de flujo a sección llena en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Gualchán.*

|                             | TRAMOS POZOS |             | PENDIENTE |           |        | DIÁMETRO |                 | TUBERIA CIRCULAR LLENO |             |             |
|-----------------------------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------|----------|-----------------|------------------------|-------------|-------------|
|                             | Inicial      | Final       | Normal    | Corregida | %      | Escoger  | Caudal          | Condición              | Velocidad   | Condición   |
| <b>COLECTOR PRINCIPAL 1</b> | pozo N°. 1   | pozo N°. 2  | 0.03465   | 0.035     | 3.50%  | 250 mm   | 159.89 ltrs/seg | Ok                     | 3.257 m/seg | OK          |
|                             | pozo N°. 2   | pozo N°. 3  | 0.07539   | 0.075     | 7.50%  | 250 mm   | 235.85 ltrs/seg | Ok                     | 4.805 m/seg | OK          |
|                             | pozo N°. 3   | pozo N°. 4  | 0.01183   | 0.012     | 1.20%  | 250 mm   | 93.43 ltrs/seg  | Ok                     | 1.903 m/seg | OK          |
|                             | pozo N°. 4   | pozo N°. 5  | 0.05928   | 0.059     | 5.90%  | 250 mm   | 209.14 ltrs/seg | Ok                     | 4.260 m/seg | OK          |
|                             | pozo N°. 5   | pozo N°. 6  | 0.15774   | 0.158     | 15.80% | 250 mm   | 341.15 ltrs/seg | Ok                     | 6.950 m/seg | OK          |
|                             | pozo N°. 6   | pozo N°. 7  | 0.08735   | 0.087     | 8.70%  | 250 mm   | 253.88 ltrs/seg | Ok                     | 5.172 m/seg | OK          |
|                             | pozo N°. 7   | pozo N°. 8  | 0.06254   | 0.063     | 6.30%  | 250 mm   | 214.82 ltrs/seg | Ok                     | 4.376 m/seg | OK          |
|                             | pozo N°. 8   | pozo N°. 9  | 0.00918   | 0.009     | 0.90%  | 250 mm   | 82.31 ltrs/seg  | Ok                     | 1.677 m/seg | OK          |
|                             | pozo N°. 9   | pozo N°. 10 | 0.07925   | 0.079     | 7.90%  | 250 mm   | 241.81 ltrs/seg | Ok                     | 4.926 m/seg | OK          |
|                             | pozo N°. 10  | pozo N°. 11 | 0.15185   | 0.152     | 15.20% | 250 mm   | 334.72 ltrs/seg | Ok                     | 6.819 m/seg | OK          |
|                             | pozo N°. 11  | pozo N°. 12 | 0.02189   | 0.022     | 2.20%  | 315 mm   | 235.38 ltrs/seg | Ok                     | 3.020 m/seg | OK          |
|                             | pozo N°. 12  | pozo N°. 13 | 0.0371    | 0.037     | 3.70%  | 400 mm   | 579.44 ltrs/seg | Ok                     | 4.611 m/seg | OK          |
|                             | pozo N°. 13  | pozo N°. 14 | 0.03404   | 0.034     | 3.40%  | 400 mm   | 555.00 ltrs/seg | Ok                     | 4.417 m/seg | OK          |
|                             | pozo N°. 14  | pozo N°. 15 | 0.01774   | 0.018     | 1.80%  | 400 mm   | 327.82 ltrs/seg | Ok                     | 2.609 m/seg | OK          |
|                             | pozo N°. 15  | pozo N°. 16 | 0.01747   | 0.017     | 1.70%  | 400 mm   | 325.34 ltrs/seg | Ok                     | 2.589 m/seg | OK          |
|                             |              | pozo N°. 16 | DESCARGA  | 0.06667   | 0.067  | 6.70%    | 400 mm          | 776.70 ltrs/seg        | Ok          | 6.181 m/seg |
| TRAMO 1                     | pozo N°. 17  | pozo N°. 7  | 0.02232   | 0.022     | 2.20%  | 250 mm   | 128.32 ltrs/seg | Ok                     | 2.614 m/seg | OK          |
| TRAMO 2                     | pozo N°. 18  | pozo N°. 7  | 0.06002   | 0.06      | 6.00%  | 250 mm   | 210.43 ltrs/seg | Ok                     | 4.287 m/seg | OK          |
|                             | pozo N°. 19  | pozo N°. 20 | 0.31842   | 0.318     | 31.80% | 250 mm   | 484.71 ltrs/seg | Ok                     | 9.874 m/seg | OK          |
| TRAMO 3                     | pozo N°. 20  | pozo N°. 21 | 0.31993   | 0.32      | 32.00% | 250 mm   | 485.85 ltrs/seg | Ok                     | 9.898 m/seg | OK          |
|                             | pozo N°. 21  | pozo N°. 12 | 0.06257   | 0.063     | 6.30%  | 250 mm   | 214.87 ltrs/seg | Ok                     | 4.377 m/seg | OK          |
| TRAMO 4                     | pozo N°. 22  | pozo N°. 23 | 0.02614   | 0.026     | 2.60%  | 250 mm   | 138.87 ltrs/seg | Ok                     | 2.829 m/seg | OK          |
|                             | pozo N°. 23  | pozo N°. 12 | 0.05823   | 0.058     | 5.80%  | 250 mm   | 207.28 ltrs/seg | Ok                     | 4.223 m/seg | OK          |
| TRAMO 5                     | pozo N°. 24  | pozo N°. 25 | 0.03787   | 0.038     | 3.80%  | 250 mm   | 167.16 ltrs/seg | Ok                     | 3.405 m/seg | OK          |
|                             | pozo N°. 25  | pozo N°. 10 | 0.34787   | 0.348     | 34.80% | 250 mm   | 506.63 ltrs/seg | Ok                     | 10.3 m/seg  | OK          |
| TRAMO 6                     | pozo N°. 26  | pozo N°. 21 | 0.18397   | 0.184     | 18.40% | 250 mm   | 368.43 ltrs/seg | Ok                     | 7.506 m/seg | OK          |
| TRAMO 7                     | pozo N°. 27  | pozo N°. 21 | 0.01558   | 0.016     | 1.60%  | 250 mm   | 107.21 ltrs/seg | Ok                     | 2.184 m/seg | OK          |

*Nota.* Se presenta el análisis de flujo a sección llena en los tramos del sistema de alcantarillado en la comunidad Gualchán. Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 48.**

*Análisis de flujo a sección llena en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Las Juntas.*

|                           | TRAMOS POZOS |             | PENDIENTE |           |        | DIÁMETRO |                 | TUBERIA CIRCULAR LLENO |             |           |
|---------------------------|--------------|-------------|-----------|-----------|--------|----------|-----------------|------------------------|-------------|-----------|
|                           | Inicial      | Final       | Normal    | Corregida | %      | Escoger  | Caudal          | Condición              | Velocidad   | Condición |
| <b>COLECTOR PRINCIPAL</b> | pozo N°. 1   | pozo N°. 2  | 0.05656   | 0.057     | 5.70%  | 250 mm   | 04.289 ltrs/se  | Ok                     | 4.162 m/seg | OK        |
|                           | pozo N°. 2   | pozo N°. 3  | 0.03034   | 0.03      | 3.00%  | 250 mm   | 49.630 ltrs/se  | Ok                     | 3.048 m/seg | OK        |
|                           | pozo N°. 3   | pozo N°. 4  | 0.04016   | 0.04      | 4.00%  | 250 mm   | 72.142 ltrs/se  | Ok                     | 3.507 m/seg | OK        |
|                           | pozo N°. 4   | pozo N°. 5  | 0.04916   | 0.049     | 4.90%  | 250 mm   | 90.449 ltrs/se  | Ok                     | 3.880 m/seg | OK        |
|                           | pozo N°. 5   | pozo N°. 6  | 0.00859   | 0.009     | 0.90%  | 250 mm   | 79.610 ltrs/seg | Ok                     | 1.622 m/seg | OK        |
|                           | pozo N°. 6   | TANQUE      | 0.7549    | 0.755     | 75.50% | 250 mm   | 46.319 ltrs/se  | Ok                     | 15.2 m/seg  | OK        |
|                           | TANQUE       | DESCARGA    | 0.15832   | 0.158     | 15.80% | 250 mm   | 41.781 ltrs/se  | Ok                     | 6.963 m/seg | OK        |
| TRAMO 2                   | CAJA         | pozo N°. 7  | 0.02248   | 0.022     | 2.20%  | 250 mm   | 28.777 ltrs/se  | Ok                     | 2.623 m/seg | OK        |
|                           | pozo N°. 7   | pozo N°. 4  | 0.04289   | 0.043     | 4.30%  | 250 mm   | 77.899 ltrs/se  | Ok                     | 3.624 m/seg | OK        |
| TRAMO 3                   | pozo N°. 8   | pozo N°. 6  | 0.03558   | 0.036     | 3.60%  | 250 mm   | 62.025 ltrs/se  | Ok                     | 3.301 m/seg | OK        |
| TRAMO 4                   | pozo N°. 9   | pozo N°. 10 | 0.03465   | 0.035     | 3.50%  | 200 mm   | 38.185 ltrs/seg | Ok                     | 2.807 m/seg | OK        |
|                           | pozo N°. 10  | DESCARGA    | 0.01687   | 0.017     | 1.70%  | 200 mm   | 31.525 ltrs/seg | Ok                     | 1.958 m/seg | OK        |

*Nota.* Se presenta el análisis de flujo a sección llena en los tramos del sistema de alcantarillado en la comunidad Las Juntas. Elaborado por: Los Autores.

### 6.3.7. Análisis de flujo a sección parcialmente llena.

A comparación del apartado anterior, en esta prueba realizada al sistema instalado se comprobaron las condiciones establecidas para que el flujo del agua dentro de la sección circular de la tubería funcionara de manera óptima según lo indica la normativa. Se observaron elementos fundamentales para el funcionamiento correcto del sistema de recolección y evacuación de aguas residuales como lo son el radio hidráulico y el ángulo de resguardo de las tuberías.

**Tabla 49.**

*Análisis de flujo a sección parcialmente llena en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Gualchán.*

|                             |             | TRAMOS POZOS |          |               |           | TUBERIA CIRCULAR PARCIALMENTE LLENO |              |               |               |           |             |              |               |
|-----------------------------|-------------|--------------|----------|---------------|-----------|-------------------------------------|--------------|---------------|---------------|-----------|-------------|--------------|---------------|
|                             |             | Inicial      | Final    | $\theta$ min' | Rad. Hidr | $f(\theta)$                         | $f'(\theta)$ | $\theta$ min' | $\theta$ max' | Rad. Hidr | $f(\theta)$ | $f'(\theta)$ | $\theta$ max' |
| <b>COLECTOR PRINCIPAL 1</b> | pozo N°. 1  | pozo N°. 2   | 1.06 rad | 0.0110 m      | 0         | -0.733                              | 1.059 rad    | 1.064 rad     | 0.0111 m      | 0         | -0.739      | 1.064 rad    |               |
|                             | pozo N°. 2  | pozo N°. 3   | 0.98 rad | 0.0095 m      | 0         | -0.635                              | 0.979 rad    | 0.991 rad     | 0.0097 m      | 0         | -0.65       | 0.991 rad    |               |
|                             | pozo N°. 3  | pozo N°. 4   | 1.25 rad | 0.0151 m      | 0         | -0.985                              | 1.253 rad    | 1.283 rad     | 0.0158 m      | 0         | -1.026      | 1.283 rad    |               |
|                             | pozo N°. 4  | pozo N°. 5   | 1.05 rad | 0.0109 m      | 0         | -0.726                              | 1.054 rad    | 1.089 rad     | 0.0116 m      | 0         | -0.77       | 1.089 rad    |               |
|                             | pozo N°. 5  | pozo N°. 6   | 0.96 rad | 0.0092 m      | 0         | -0.613                              | 0.960 rad    | 1.001 rad     | 0.0099 m      | 0         | -0.661      | 1.001 rad    |               |
|                             | pozo N°. 6  | pozo N°. 7   | 1.28 rad | 0.0158 m      | 0         | -1.027                              | 1.284 rad    | 1.390 rad     | 0.0183 m      | 0         | -1.172      | 1.390 rad    |               |
|                             | pozo N°. 7  | pozo N°. 8   | 1.34 rad | 0.0172 m      | 0         | -1.109                              | 1.344 rad    | 1.456 rad     | 0.0199 m      | 0         | -1.264      | 1.456 rad    |               |
|                             | pozo N°. 8  | pozo N°. 9   | 1.72 rad | 0.0265 m      | 0         | -1.629                              | 1.718 rad    | 1.871 rad     | 0.0306 m      | 0         | -1.833      | 1.871 rad    |               |
|                             | pozo N°. 9  | pozo N°. 10  | 1.31 rad | 0.0165 m      | 0         | -1.065                              | 1.312 rad    | 1.423 rad     | 0.0190 m      | 0         | -1.217      | 1.423 rad    |               |
|                             | pozo N°. 10 | pozo N°. 11  | 1.30 rad | 0.0162 m      | 0         | -1.051                              | 1.302 rad    | 1.420 rad     | 0.0190 m      | 0         | -1.213      | 1.420 rad    |               |
|                             | pozo N°. 11 | pozo N°. 12  | 1.49 rad | 0.0206 m      | 0         | -1.409                              | 1.487 rad    | 1.626 rad     | 0.0241 m      | 0         | -1.617      | 1.626 rad    |               |
|                             | pozo N°. 12 | pozo N°. 13  | 1.42 rad | 0.0190 m      | 0         | -1.433                              | 1.420 rad    | 1.561 rad     | 0.0225 m      | 0         | -1.664      | 1.561 rad    |               |
|                             | pozo N°. 13 | pozo N°. 14  | 1.44 rad | 0.0195 m      | 0         | -1.464                              | 1.440 rad    | 1.583 rad     | 0.0230 m      | 0         | -1.699      | 1.583 rad    |               |
|                             | pozo N°. 14 | pozo N°. 15  | 1.57 rad | 0.0226 m      | 0         | -1.671                              | 1.566 rad    | 1.726 rad     | 0.0267 m      | 0         | -1.93       | 1.726 rad    |               |
|                             | pozo N°. 15 | pozo N°. 16  | 1.57 rad | 0.0227 m      | 0         | -1.679                              | 1.571 rad    | 1.731 rad     | 0.0269 m      | 0         | -1.938      | 1.731 rad    |               |
|                             |             | pozo N°. 16  | DESCARGA | 1.33 rad      | 0.0168 m  | 0                                   | -1.282       | 1.328 rad     | 1.459 rad     | 0.0199 m  | 0           | -1.495       | 1.459 rad     |
| TRAMO 1                     | pozo N°. 17 | pozo N°. 7   | 1.12 rad | 0.0122 m      | 0         | -0.806                              | 1.117 rad    | 1.128 rad     | 0.0124 m      | 0         | -0.82       | 1.128 rad    |               |
| TRAMO 2                     | pozo N°. 18 | pozo N°. 7   | 0.99 rad | 0.0097 m      | 0         | -0.65                               | 0.991 rad    | 0.994 rad     | 0.0098 m      | 0         | -0.653      | 0.994 rad    |               |
|                             | pozo N°. 19 | pozo N°. 20  | 0.81 rad | 0.0067 m      | 0         | -0.45                               | 0.813 rad    | 0.814 rad     | 0.0067 m      | 0         | -0.451      | 0.814 rad    |               |
| TRAMO 3                     | pozo N°. 20 | pozo N°. 21  | 0.82 rad | 0.0069 m      | 0         | -0.463                              | 0.825 rad    | 0.833 rad     | 0.0070 m      | 0         | -0.471      | 0.833 rad    |               |
|                             | pozo N°. 21 | pozo N°. 12  | 1.18 rad | 0.0135 m      | 0         | -0.889                              | 1.181 rad    | 1.252 rad     | 0.0151 m      | 0         | -0.983      | 1.252 rad    |               |
| TRAMO 4                     | pozo N°. 22 | pozo N°. 23  | 1.10 rad | 0.0118 m      | 0         | -0.779                              | 1.096 rad    | 1.098 rad     | 0.0118 m      | 0         | -0.782      | 1.098 rad    |               |
|                             | pozo N°. 23 | pozo N°. 12  | 1.00 rad | 0.0100 m      | 0         | -0.664                              | 1.003 rad    | 1.010 rad     | 0.0101 m      | 0         | -0.672      | 1.010 rad    |               |
| TRAMO 5                     | pozo N°. 24 | pozo N°. 25  | 1.05 rad | 0.0108 m      | 0         | -0.719                              | 1.048 rad    | 1.052 rad     | 0.0109 m      | 0         | -0.724      | 1.052 rad    |               |
|                             | pozo N°. 25 | pozo N°. 10  | 0.81 rad | 0.0067 m      | 0         | -0.45                               | 0.813 rad    | 0.821 rad     | 0.0068 m      | 0         | -0.458      | 0.821 rad    |               |
| TRAMO 6                     | pozo N°. 26 | pozo N°. 21  | 0.87 rad | 0.0075 m      | 0         | -0.508                              | 0.867 rad    | 0.869 rad     | 0.0076 m      | 0         | -0.51       | 0.869 rad    |               |
| TRAMO 7                     | pozo N°. 27 | pozo N°. 21  | 1.17 rad | 0.0132 m      | 0         | -0.87                               | 1.167 rad    | 1.168 rad     | 0.0133 m      | 0         | -0.872      | 1.168 rad    |               |

*Nota.* Se presenta el análisis de flujo a sección parcialmente llena en los tramos del sistema de alcantarillado en la comunidad Gualchán. Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 50.**

*Análisis de flujo a sección parcialmente llena en los tramos del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Las Juntas.*

| TRAMOS POZOS       |           |            |               | TUBERIA CIRCULAR PARCIALMENTE LLENO |               |                |               |               |           |               |                |               |           |
|--------------------|-----------|------------|---------------|-------------------------------------|---------------|----------------|---------------|---------------|-----------|---------------|----------------|---------------|-----------|
|                    | Inicial   | Final      | $\theta$ min' | Rad. Hidr                           | f( $\theta$ ) | f'( $\theta$ ) | $\theta$ min' | $\theta$ max' | Rad. Hidr | f( $\theta$ ) | f'( $\theta$ ) | $\theta$ max' |           |
| COLECTOR PRINCIPAL | pozo N° 1 | pozo N° 2  | 1.00 rad      | 0.0099 m                            | 0             | -0.659         | 0.998 rad     | 1.000 rad     | 0.0099 m  | 0             | -0.66          | 1.000 rad     |           |
|                    | pozo N° 2 | pozo N° 3  | 1.08 rad      | 0.0114 m                            | 0             | -0.754         | 1.076 rad     | 1.103 rad     | 0.0119 m  | 0             | -0.788         | 1.103 rad     |           |
|                    | pozo N° 3 | pozo N° 4  | 1.04 rad      | 0.0107 m                            | 0             | -0.71          | 1.040 rad     | 1.104 rad     | 0.0119 m  | 0             | -0.789         | 1.104 rad     |           |
|                    | pozo N° 4 | pozo N° 5  | 1.02 rad      | 0.0102 m                            | 0             | -0.679         | 1.015 rad     | 1.092 rad     | 0.0117 m  | 0             | -0.773         | 1.092 rad     |           |
|                    | pozo N° 5 | pozo N° 6  | 1.25 rad      | 0.0152 m                            | 0             | -0.987         | 1.255 rad     | 1.405 rad     | 0.0186 m  | 0             | -1.193         | 1.405 rad     |           |
|                    | pozo N° 6 | TANQUE     | 0.73 rad      | 0.0055 m                            | 0             | -0.371         | 0.734 rad     | 0.962 rad     | 0.0092 m  | 0             | -0.616         | 0.962 rad     |           |
|                    | TANQUE    | DESCARGA   | 0.88 rad      | 0.0078 m                            | 0             | -0.525         | 0.883 rad     | 1.287 rad     | 0.0159 m  | 0             | -1.03          | 1.287 rad     |           |
|                    | TRAMO 2   | CAJA       | pozo N° 7     | 1.12 rad                            | 0.0122 m      | 0              | -0.804        | 1.116 rad     | 1.117 rad | 0.0122 m      | 0              | -0.806        | 1.117 rad |
|                    | pozo N° 7 | pozo N° 4  | 1.03 rad      | 0.0105 m                            | 0             | -0.7           | 1.032 rad     | 1.045 rad     | 0.0108 m  | 0             | -0.716         | 1.045 rad     |           |
|                    | TRAMO 3   | pozo N° 8  | pozo N° 6     | 1.06 rad                            | 0.0110 m      | 0              | -0.729        | 1.056 rad     | 1.057 rad | 0.0110 m      | 0              | -0.731        | 1.057 rad |
| TRAMO 4            | pozo N° 9 | pozo N° 10 | 1.18 rad      | 0.0135 m                            | 0             | -0.834         | 1.180 rad     | 1.181 rad     | 0.0135 m  | 0             | -0.835         | 1.181 rad     |           |
| pozo N° 10         | DESCARGA  | 1.29 rad   | 0.0159 m      | 0                                   | -0.971        | 1.289 rad      | 1.305 rad     | 0.0163 m      | 0         | -0.992        | 1.305 rad      |               |           |

*Nota.* Se presenta el análisis de flujo a sección parcialmente llena en los tramos del sistema de alcantarillado en la comunidad Las Juntas. Elaborado por: Los Autores.

### **6.3.8. Relaciones hidráulicas en conductos circulares.**

En esta sección nos encontramos los datos obtenidos mediante la intercepción de valores en la curva de relaciones hidráulicas para tuberías circulares. Para lograr esto, se calcularon las relaciones entre los caudales y las velocidades ( $Qd/Qo$  y  $Vd/Vo$ ), de la cual interceptando el valor de  $Vd/Vo$  en la curva correspondiente nos arrojó el valor del calado de cada tramo del sistema.

**Tabla 51.**

*Relaciones hidráulicas en conductos circulares del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Gualchán.*

|                             | TRAMOS POZOS      |                   | RELACIONES HIDRÁULICAS |       |      |         |
|-----------------------------|-------------------|-------------------|------------------------|-------|------|---------|
|                             | Inicial           | Final             | Qd/Qo                  | Vd/Vo | Y/D  | Calado  |
| <b>COLECTOR PRINCIPAL 1</b> | <i>pozo N° 1</i>  | <i>pozo N° 2</i>  | 0.01                   | 0.32  | 0.07 | 1.75 cm |
|                             | <i>pozo N° 2</i>  | <i>pozo N° 3</i>  | 0.007                  | 0.29  | 0.06 | 1.38 cm |
|                             | <i>pozo N° 3</i>  | <i>pozo N° 4</i>  | 0.021                  | 0.4   | 0.1  | 2.50 cm |
|                             | <i>pozo N° 4</i>  | <i>pozo N° 5</i>  | 0.011                  | 0.33  | 0.07 | 1.75 cm |
|                             | <i>pozo N° 5</i>  | <i>pozo N° 6</i>  | 0.007                  | 0.29  | 0.06 | 1.50 cm |
|                             | <i>pozo N° 6</i>  | <i>pozo N° 7</i>  | 0.028                  | 0.44  | 0.12 | 3.00 cm |
|                             | <i>pozo N° 7</i>  | <i>pozo N° 8</i>  | 0.034                  | 0.47  | 0.14 | 3.50 cm |
|                             | <i>pozo N° 8</i>  | <i>pozo N° 9</i>  | 0.09                   | 0.62  | 0.2  | 5.00 cm |
|                             | <i>pozo N° 9</i>  | <i>pozo N° 10</i> | 0.031                  | 0.45  | 0.12 | 3.00 cm |
|                             | <i>pozo N° 10</i> | <i>pozo N° 11</i> | 0.031                  | 0.45  | 0.12 | 3.00 cm |
|                             | <i>pozo N° 11</i> | <i>pozo N° 12</i> | 0.045                  | 0.45  | 0.12 | 3.78 cm |
|                             | <i>pozo N° 12</i> | <i>pozo N° 13</i> | 0.033                  | 0.37  | 0.08 | 3.20 cm |
|                             | <i>pozo N° 13</i> | <i>pozo N° 14</i> | 0.035                  | 0.38  | 0.09 | 3.60 cm |
|                             | <i>pozo N° 14</i> | <i>pozo N° 15</i> | 0.06                   | 0.51  | 0.14 | 5.60 cm |
|                             | <i>pozo N° 15</i> | <i>pozo N° 16</i> | 0.06                   | 0.51  | 0.14 | 5.60 cm |
|                             |                   | <i>pozo N° 16</i> | <b>DESCARGA</b>        | 0.025 | 0.34 | 0.08    |
| <b>TRAMO 1</b>              | <i>pozo N° 17</i> | <i>pozo N° 7</i>  | 0.012                  | 0.34  | 0.08 | 2.00 cm |
| <b>TRAMO 2</b>              | <i>pozo N° 18</i> | <i>pozo N° 7</i>  | 0.007                  | 0.29  | 0.06 | 1.50 cm |
|                             | <i>pozo N° 19</i> | <i>pozo N° 20</i> | 0.003                  | 0.23  | 0.04 | 1.00 cm |
| <b>TRAMO 3</b>              | <i>pozo N° 20</i> | <i>pozo N° 21</i> | 0.003                  | 0.23  | 0.04 | 1.00 cm |
|                             | <i>pozo N° 21</i> | <i>pozo N° 12</i> | 0.019                  | 0.39  | 0.1  | 2.50 cm |
| <b>TRAMO 4</b>              | <i>pozo N° 22</i> | <i>pozo N° 23</i> | 0.011                  | 0.33  | 0.06 | 1.50 cm |
|                             | <i>pozo N° 23</i> | <i>pozo N° 12</i> | 0.008                  | 0.3   | 0.06 | 1.50 cm |
| <b>TRAMO 5</b>              | <i>pozo N° 24</i> | <i>pozo N° 25</i> | 0.009                  | 0.31  | 0.06 | 1.50 cm |
|                             | <i>pozo N° 25</i> | <i>pozo N° 10</i> | 0.003                  | 0.23  | 0.02 | 0.38 cm |
| <b>TRAMO 6</b>              | <i>pozo N° 26</i> | <i>pozo N° 21</i> | 0.004                  | 0.24  | 0.04 | 1.00 cm |
| <b>TRAMO 7</b>              | <i>pozo N° 27</i> | <i>pozo N° 21</i> | 0.014                  | 0.36  | 0.08 | 2.00 cm |

*Nota.* Se presenta las relaciones hidráulicas en conductos circulares del sistema de alcantarillado en la comunidad Gualchán. Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 52.**

*Relaciones hidráulicas en conductos circulares del sistema de alcantarillado ubicado en la comunidad de Las Juntas.*

|                           | TRAMOS POZOS      |                   | RELACIONES HIDRAULICAS |       |      |         |
|---------------------------|-------------------|-------------------|------------------------|-------|------|---------|
|                           | Inicial           | Final             | Qd/Qo                  | Vd/Vo | Y/D  | Calado  |
| <b>COLECTOR PRINCIPAL</b> | <i>pozo N° 1</i>  | <i>pozo N° 2</i>  | 0.007                  | 0.29  | 0.06 | 1.50 cm |
|                           | <i>pozo N° 2</i>  | <i>pozo N° 3</i>  | 0.011                  | 0.33  | 0.07 | 1.75 cm |
|                           | <i>pozo N° 3</i>  | <i>pozo N° 4</i>  | 0.011                  | 0.33  | 0.07 | 1.75 cm |
|                           | <i>pozo N° 4</i>  | <i>pozo N° 5</i>  | 0.011                  | 0.33  | 0.07 | 1.75 cm |
|                           | <i>pozo N° 5</i>  | <i>pozo N° 6</i>  | 0.03                   | 0.45  | 0.12 | 3.00 cm |
|                           | <i>pozo N° 6</i>  | <b>TANQUE</b>     | 0.006                  | 0.28  | 0.06 | 1.50 cm |
|                           | <b>TANQUE</b>     | <b>DESCARGA</b>   | 0.021                  | 0.4   | 0.1  | 2.50 cm |
| <b>TRAMO 2</b>            | <b>CAJA</b>       | <i>pozo N° 7</i>  | 0.012                  | 0.34  | 0.08 | 2.00 cm |
|                           | <i>pozo N° 7</i>  | <i>pozo N° 4</i>  | 0.009                  | 0.31  | 0.06 | 1.50 cm |
| <b>TRAMO 3</b>            | <i>pozo N° 8</i>  | <i>pozo N° 6</i>  | 0.009                  | 0.31  | 0.06 | 1.50 cm |
| <b>TRAMO 4</b>            | <i>pozo N° 9</i>  | <i>pozo N° 10</i> | 0.017                  | 0.42  | 0.11 | 2.20 cm |
|                           | <i>pozo N° 10</i> | <b>DESCARGA</b>   | 0.026                  | 0.47  | 0.13 | 2.60 cm |

*Nota.* Se presenta las relaciones hidráulicas en conductos circulares del sistema de alcantarillado en la comunidad Las Juntas. Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 53.**

*Tabla resumen del alcantarillado de Gualchán.*

|                      | TRAMOS POZOS |             | MATERIAL | EXCAVACION POZOS   |                    | COTAS PROYECTO |              | CAUDALES        | PENDIENTE       | DIÁMETRO | VELOCIDADES REALES |            | Estado de Flujo     |
|----------------------|--------------|-------------|----------|--------------------|--------------------|----------------|--------------|-----------------|-----------------|----------|--------------------|------------|---------------------|
|                      | Inicial      | Final       |          | Prof. Pozo. Salida | Prof. Pozo Llegada | Inicial        | Final        |                 |                 |          | Q. diseño          | %          |                     |
| COLECTOR PRINCIPAL 1 | pozo N°. 1   | pozo N°. 2  | Cemento  | 2.00 m             | 1.75 m             | 1104.02 msnm   | 1101.09 msnm | 1.528 ltrs/seg  | 3.5 %           | 250 mm   | 1.03 m/seg         | 1.03 m/seg | Flujo Super Crítico |
|                      | pozo N°. 2   | pozo N°. 3  | Cemento  | 2.55 m             | 1.80 m             | 1100.29 msnm   | 1097.70 msnm | 1.679 ltrs/seg  | 7.5 %           | 250 mm   | 1.37 m/seg         | 1.39 m/seg | Flujo Super Crítico |
|                      | pozo N°. 3   | pozo N°. 4  | Cemento  | 1.80 m             | 1.80 m             | 1097.70 msnm   | 1097.16 msnm | 1.929 ltrs/seg  | 1.2 %           | 250 mm   | 0.74 m/seg         | 0.76 m/seg | Flujo Super Crítico |
|                      | pozo N°. 4   | pozo N°. 5  | Cemento  | 1.80 m             | 2.00 m             | 1097.16 msnm   | 1094.30 msnm | 2.201 ltrs/seg  | 5.9 %           | 250 mm   | 1.33 m/seg         | 1.39 m/seg | Flujo Super Crítico |
|                      | pozo N°. 5   | pozo N°. 6  | Cemento  | 2.00 m             | 1.90 m             | 1094.30 msnm   | 1088.50 msnm | 2.528 ltrs/seg  | 15.8 %          | 250 mm   | 1.93 m/seg         | 2.04 m/seg | Flujo Super Crítico |
|                      | pozo N°. 6   | pozo N°. 7  | Cemento  | 1.90 m             | 2.00 m             | 1088.50 msnm   | 1086.70 msnm | 7.231 ltrs/seg  | 8.7 %           | 250 mm   | 2.07 m/seg         | 2.28 m/seg | Flujo Super Crítico |
|                      | pozo N°. 7   | pozo N°. 8  | Cemento  | 6.00 m             | 1.10 m             | 1082.70 msnm   | 1081.10 msnm | 7.368 ltrs/seg  | 6.3 %           | 250 mm   | 1.85 m/seg         | 2.04 m/seg | Flujo Super Crítico |
|                      | pozo N°. 8   | pozo N°. 9  | Cemento  | 2.20 m             | 0.80 m             | 1080.00 msnm   | 1079.86 msnm | 7.448 ltrs/seg  | 0.9 %           | 250 mm   | 0.95 m/seg         | 1.04 m/seg | Flujo Super Crítico |
|                      | pozo N°. 9   | pozo N°. 10 | Cemento  | 1.20 m             | 1.40 m             | 1079.46 msnm   | 1077.60 msnm | 7.557 ltrs/seg  | 7.9 %           | 250 mm   | 2.02 m/seg         | 2.23 m/seg | Flujo Super Crítico |
|                      | pozo N°. 10  | pozo N°. 11 | Cemento  | 3.20 m             | 1.20 m             | 1075.80 msnm   | 1069.76 msnm | 10.371 ltrs/seg | 15.2 %          | 250 mm   | 2.77 m/seg         | 3.08 m/seg | Flujo Super Crítico |
|                      | pozo N°. 11  | pozo N°. 12 | Cemento  | 2.10 m             | 2.00 m             | 1068.86 msnm   | 1067.54 msnm | 10.679 ltrs/seg | 2.2 %           | 315 mm   | 1.24 m/seg         | 1.37 m/seg | Flujo Super Crítico |
|                      | pozo N°. 12  | pozo N°. 13 | Cemento  | 2.00 m             | 1.80 m             | 1067.54 msnm   | 1066.78 msnm | 19.137 ltrs/seg | 3.7 %           | 400 mm   | 1.52 m/seg         | 1.70 m/seg | Flujo Super Crítico |
|                      | pozo N°. 13  | pozo N°. 14 | Cemento  | 1.80 m             | 1.80 m             | 1066.78 msnm   | 1065.11 msnm | 19.359 ltrs/seg | 3.4 %           | 400 mm   | 1.48 m/seg         | 1.66 m/seg | Flujo Super Crítico |
|                      | pozo N°. 14  | pozo N°. 15 | PVC      | 2.00 m             | 2.00 m             | 1064.91 msnm   | 1064.20 msnm | 19.514 ltrs/seg | 1.8 %           | 400 mm   | 1.18 m/seg         | 1.32 m/seg | Flujo Super Crítico |
|                      | pozo N°. 15  | pozo N°. 16 | PVC      | 2.00 m             | 2.00 m             | 1064.20 msnm   | 1063.50 msnm | 19.604 ltrs/seg | 1.7 %           | 400 mm   | 1.18 m/seg         | 1.32 m/seg | Flujo Super Crítico |
|                      |              | pozo N°. 16 | DESCARGA | PVC                | 2.00 m             | 0.00 m         | 1063.50 msnm | 1063.10 msnm    | 19.604 ltrs/seg | 6.7 %    | 400 mm             | 1.88 m/seg | 2.11 m/seg          |
| TRAMO 1              | pozo N°. 17  | pozo N°. 7  | Cemento  | 1.90 m             | 4.00 m             | 1086.49 msnm   | 1084.70 msnm | 1.564 ltrs/seg  | 2.2 %           | 250 mm   | 0.88 m/seg         | 0.89 m/seg | Flujo Super Crítico |
| TRAMO 2              | pozo N°. 18  | pozo N°. 7  | Cemento  | 1.90 m             | 5.50 m             | 1086.20 msnm   | 1083.20 msnm | 1.515 ltrs/seg  | 6.0 %           | 250 mm   | 1.24 m/seg         | 1.25 m/seg | Flujo Super Crítico |
|                      | pozo N°. 19  | pozo N°. 20 | Cemento  | 1.20 m             | 1.20 m             | 1081.53 msnm   | 1077.83 msnm | 1.508 ltrs/seg  | 31.8 %          | 250 mm   | 2.22 m/seg         | 2.22 m/seg | Flujo Super Crítico |
| TRAMO 3              | pozo N°. 20  | pozo N°. 21 | Cemento  | 1.20 m             | 1.50 m             | 1077.83 msnm   | 1069.00 msnm | 1.669 ltrs/seg  | 32.0 %          | 250 mm   | 2.27 m/seg         | 2.30 m/seg | Flujo Super Crítico |
|                      | pozo N°. 21  | pozo N°. 12 | Cemento  | 1.50 m             | 1.80 m             | 1069.00 msnm   | 1067.74 msnm | 4.005 ltrs/seg  | 6.3 %           | 250 mm   | 1.58 m/seg         | 1.70 m/seg | Flujo Super Crítico |
| TRAMO 4              | pozo N°. 22  | pozo N°. 23 | Cemento  | 1.20 m             | 1.20 m             | 1070.24 msnm   | 1068.39 msnm | 1.516 ltrs/seg  | 2.6 %           | 250 mm   | 0.93 m/seg         | 0.93 m/seg | Flujo Super Crítico |
|                      | pozo N°. 23  | pozo N°. 12 | Cemento  | 1.20 m             | 2.00 m             | 1068.39 msnm   | 1067.54 msnm | 1.595 ltrs/seg  | 5.8 %           | 250 mm   | 1.24 m/seg         | 1.25 m/seg | Flujo Super Crítico |
| TRAMO 5              | pozo N°. 24  | pozo N°. 25 | PVC      | 1.50 m             | 1.50 m             | 1081.67 msnm   | 1079.77 msnm | 1.524 ltrs/seg  | 3.8 %           | 250 mm   | 1.06 m/seg         | 1.06 m/seg | Flujo Super Crítico |
|                      | pozo N°. 25  | pozo N°. 10 | PVC      | 1.50 m             | 2.90 m             | 1079.77 msnm   | 1076.10 msnm | 1.633 ltrs/seg  | 34.8 %          | 250 mm   | 2.32 m/seg         | 2.35 m/seg | Flujo Super Crítico |
| TRAMO 6              | pozo N°. 26  | pozo N°. 21 | PVC      | 1.50 m             | 1.20 m             | 1076.51 msnm   | 1069.30 msnm | 1.510 ltrs/seg  | 18.4 %          | 250 mm   | 1.83 m/seg         | 1.84 m/seg | Flujo Super Crítico |
| TRAMO 7              | pozo N°. 27  | pozo N°. 21 | PVC      | 1.50 m             | 1.20 m             | 1070.08 msnm   | 1069.30 msnm | 1.508 ltrs/seg  | 1.6 %           | 250 mm   | 0.78 m/seg         | 0.78 m/seg | Flujo Super Crítico |

*Nota.* Se presenta una tabla resumen del sistema de alcantarillado en la comunidad Gualchán. Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 54.**

*Tabla resumen del alcantarillado de Las Juntas*

|                       | TRAMOS POZOS |             | EXCAVACION POZOS   |                    | COTAS PROYECTO |              | CAUDALES     | PENDIENTE      | DIÁMETRO | VELOCIDADES REALES |             | Estado de Flujo |                     |
|-----------------------|--------------|-------------|--------------------|--------------------|----------------|--------------|--------------|----------------|----------|--------------------|-------------|-----------------|---------------------|
|                       | Inicial      | Final       | Prof. Pozo. Salida | Prof. Pozo Llegada | Inicial        | Final        | Q. diseño    | %              | Escoger  | Vmin               | Vmax        |                 |                     |
| COLECTOR<br>PRINCIPAL | pozo N°. 1   | pozo N°. 2  | PVC                | 1.50 m             | 1.80 m         | 1339.29 msnm | 1336.95 msnm | 1.509 ltrs/seg | 5.7 %    | 250 mm             | 1.22 m/seg  | 1.22 m/seg      | Flujo Super Crítico |
|                       | pozo N°. 2   | pozo N°. 3  | PVC                | 1.80 m             | 2.00 m         | 1336.95 msnm | 1336.28 msnm | 1.662 ltrs/seg | 3.0 %    | 250 mm             | 0.98 m/seg  | 1.01 m/seg      | Flujo Super Crítico |
|                       | pozo N°. 3   | pozo N°. 4  | PVC                | 2.00 m             | 1.50 m         | 1336.28 msnm | 1334.39 msnm | 1.918 ltrs/seg | 4.0 %    | 250 mm             | 1.08 m/seg  | 1.16 m/seg      | Flujo Super Crítico |
|                       | pozo N°. 4   | pozo N°. 5  | PVC                | 1.50 m             | 1.60 m         | 1334.39 msnm | 1333.66 msnm | 2.025 ltrs/seg | 4.9 %    | 250 mm             | 1.16 m/seg  | 1.27 m/seg      | Flujo Super Crítico |
|                       | pozo N°. 5   | pozo N°. 6  | PVC                | 1.50 m             | 2.50 m         | 1333.76 msnm | 1333.26 msnm | 2.367 ltrs/seg | 0.9 %    | 250 mm             | 0.63 m/seg  | 0.72 m/seg      | Flujo Super Crítico |
|                       | pozo N°. 6   | TANQUE      | PVC                | 2.50 m             | 1.00 m         | 1333.26 msnm | 1321.31 msnm | 4.697 ltrs/seg | 75.5 %   | 250 mm             | 2.99 m/seg  | 4.24 m/seg      | Flujo Super Crítico |
| TRAMO 2               | TANQUE       | DESCARGA    | PVC                | 2.30 m             | 0.00 m         | 1320.01 msnm | 1318.05 msnm | 7.128 ltrs/seg | 15.8 %   | 250 mm             | 1.74 m/seg  | 2.79 m/seg      | Flujo Super Crítico |
|                       | CAJA         | pozo N°. 7  | PVC                | 1.00 m             | 1.60 m         | 1336.20 msnm | 1335.55 msnm | 1.507 ltrs/seg | 2.2 %    | 250 mm             | 0.88 m/seg  | 0.88 m/seg      | Flujo Super Crítico |
| TRAMO 3               | pozo N°. 7   | pozo N°. 4  | PVC                | 1.60 m             | 1.20 m         | 1335.55 msnm | 1334.69 msnm | 1.582 ltrs/seg | 4.3 %    | 250 mm             | 1.10 m/seg  | 1.12 m/seg      | Flujo Super Crítico |
| TRAMO 4               | pozo N°. 8   | pozo N°. 6  | PVC                | 1.50 m             | 2.20 m         | 1334.88 msnm | 1333.56 msnm | 1.511 ltrs/seg | 3.6 %    | 250 mm             | 1.04 m/seg  | 1.04 m/seg      | Flujo Super Crítico |
|                       | pozo N°. 9   | pozo N°. 10 | PVC                | 1.50 m             | 1.50 m         | 1320.00 msnm | 1318.63 msnm | 1.505 ltrs/seg | 3.5 %    | 200 mm             | 0.96 m/seg  | 1.18 m/seg      | Flujo Super Crítico |
|                       | pozo N°. 10  | DESCARGA    | PVC                | 1.50 m             | 0.00 m         | 1318.63 msnm | 1318.05 msnm | 1.577 ltrs/seg | 1.7 %    | 200 mm             | 0.747 m/seg | 0.93 m/seg      | Flujo Super Crítico |

*Nota.* Se presenta una tabla resumen del sistema de alcantarillado en la comunidad Las Juntas. Elaborado por: Los Autores.

#### **6.4. Análisis comparativo con el programa Sewer- Cad**

Una vez realizadas las respectivas caracterizaciones del sistema de alcantarillado para las comunidades de Gualchán como de Las Juntas; así como sus respectivos cálculos, es necesario comparar matemáticamente los datos obtenidos con los que se reflejan en el programa SewerCAD, según los parámetros que se le introduzcan.

Gracias a esto, se puede observar en tiempo real el verdadero comportamiento del sistema de alcantarillado en todas sus etapas; desde los pozos de visitas hasta los conductos de las tuberías. Para este proceso, será necesario la introducción de datos como las cotas del terreno, las longitudes de las tuberías, los diámetros, los materiales utilizados, entre muchos otros que definen el comportamiento del sistema de alcantarillado en el programa.

### 6.4.1. Datos de la comunidad de Gualchán obtenidos mediante SewerCAD

Para esta sección se considerarán los datos proporcionados por el estudio realizado en la comunidad de Gualchán, para ser interpretados mediante el programa SewerCAD.

**Figura 32.**

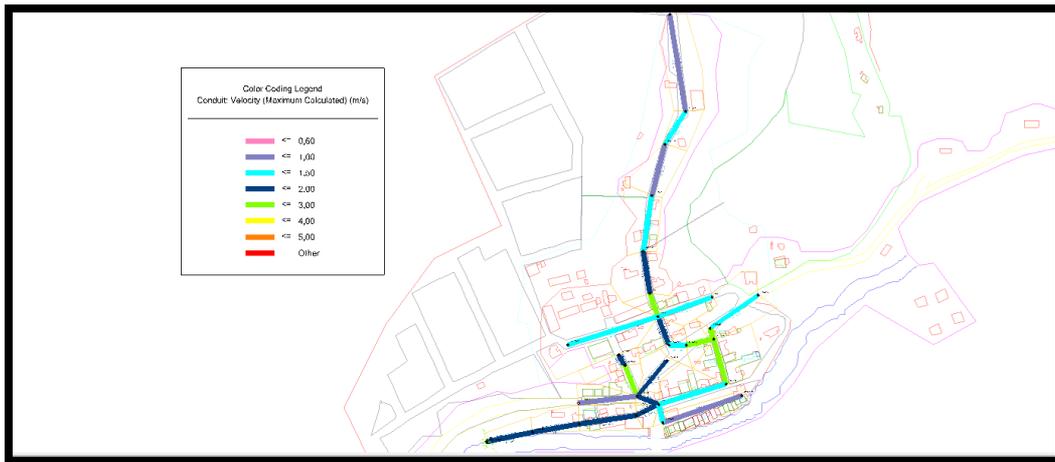
*Datos para los conductos de Gualchan obtenidos en SewerCAD.*

| ID | Label   | Elevation (Ground) (m) | Set Rim to Ground Elevation?        | Elevation (Rim) (m) | Bolted Cover?            | Elevation (Invert) (m) | Depth (Structure) (m) | Inflow (Wet) Collection | Flow (Total In) (L/s) | Flow (Total Out) (L/s) | Depth (Out) (m) | Hydraulic Grade Line (Out) (m) | Headloss Method | Hydraulic Grade Line (In) (m) | Is Overflowing?          | Is Ever Overflowing?     | Sanitary Loads |
|----|---------|------------------------|-------------------------------------|---------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|
| 32 | POZO-1  | 1.105,02               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.105,02            | <input type="checkbox"/> | 1.104,02               | 2,00                  | <Collection:            | 0,00                  | 1,53                   | 0,03            | 1.104,05                       | Absolute        | 1.104,05                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 33 | POZO-2  | 1.102,84               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.102,84            | <input type="checkbox"/> | 1.100,29               | 2,55                  | <Collection:            | 1,53                  | 1,68                   | 0,03            | 1.100,32                       | Absolute        | 1.100,32                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 34 | POZO-3  | 1.099,50               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.099,50            | <input type="checkbox"/> | 1.097,70               | 1,80                  | <Collection:            | 1,68                  | 1,83                   | 0,03            | 1.097,73                       | Absolute        | 1.097,73                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 35 | POZO-4  | 1.098,96               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.098,96            | <input type="checkbox"/> | 1.097,16               | 1,80                  | <Collection:            | 1,93                  | 2,20                   | 0,04            | 1.097,20                       | Absolute        | 1.097,20                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 36 | POZO-5  | 1.096,30               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.096,30            | <input type="checkbox"/> | 1.094,34               | 2,00                  | <Collection:            | 2,20                  | 2,53                   | 0,04            | 1.094,34                       | Absolute        | 1.094,34                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 37 | POZO-6  | 1.090,40               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.090,40            | <input type="checkbox"/> | 1.088,50               | 1,90                  | <Collection:            | 2,53                  | 2,61                   | 0,04            | 1.088,54                       | Absolute        | 1.088,54                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 38 | POZO-7  | 1.088,70               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.088,70            | <input type="checkbox"/> | 1.082,70               | 6,00                  | <Collection:            | 5,69                  | 5,83                   | 0,06            | 1.082,76                       | Absolute        | 1.082,76                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 39 | POZO-8  | 1.082,20               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.082,20            | <input type="checkbox"/> | 1.080,00               | 2,20                  | <Collection:            | 5,83                  | 5,91                   | 0,06            | 1.080,06                       | Absolute        | 1.080,06                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 40 | POZO-9  | 1.080,66               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.080,66            | <input type="checkbox"/> | 1.079,46               | 1,20                  | <Collection:            | 5,91                  | 6,02                   | 0,06            | 1.079,52                       | Absolute        | 1.079,52                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 41 | POZO-10 | 1.079,00               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.079,00            | <input type="checkbox"/> | 1.075,80               | 3,20                  | <Collection:            | 7,65                  | 8,01                   | 0,07            | 1.075,87                       | Absolute        | 1.075,87                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 42 | POZO-11 | 1.070,96               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.070,96            | <input type="checkbox"/> | 1.068,86               | 2,10                  | <Collection:            | 8,01                  | 8,32                   | 0,07            | 1.068,93                       | Absolute        | 1.068,93                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 43 | POZO-12 | 1.069,54               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.069,54            | <input type="checkbox"/> | 1.067,54               | 2,00                  | <Collection:            | 14,68                 | 14,74                  | 0,08            | 1.067,63                       | Absolute        | 1.067,63                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 44 | POZO-13 | 1.068,58               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.068,58            | <input type="checkbox"/> | 1.066,78               | 1,80                  | <Collection:            | 14,74                 | 14,96                  | 0,09            | 1.066,87                       | Absolute        | 1.066,87                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 45 | POZO-14 | 1.066,91               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.066,91            | <input type="checkbox"/> | 1.064,91               | 2,00                  | <Collection:            | 14,96                 | 15,11                  | 0,09            | 1.065,00                       | Absolute        | 1.065,00                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 46 | POZO-15 | 1.066,20               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.066,20            | <input type="checkbox"/> | 1.064,20               | 2,00                  | <Collection:            | 15,11                 | 15,20                  | 0,09            | 1.064,29                       | Absolute        | 1.064,29                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 47 | POZO-16 | 1.065,50               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.065,50            | <input type="checkbox"/> | 1.063,50               | 2,00                  | <Collection:            | 15,20                 | 15,20                  | 0,09            | 1.063,59                       | Absolute        | 1.063,59                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 48 | POZO-17 | 1.088,39               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.088,39            | <input type="checkbox"/> | 1.086,49               | 1,90                  | <Collection:            | 0,00                  | 1,56                   | 0,03            | 1.086,52                       | Absolute        | 1.086,52                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 49 | POZO-18 | 1.088,10               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.088,10            | <input type="checkbox"/> | 1.086,20               | 1,90                  | <Collection:            | 0,00                  | 1,52                   | 0,03            | 1.086,23                       | Absolute        | 1.086,23                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 50 | POZO-19 | 1.082,73               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.082,73            | <input type="checkbox"/> | 1.081,53               | 1,20                  | <Collection:            | 0,00                  | 1,51                   | 0,03            | 1.081,56                       | Absolute        | 1.081,56                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 51 | POZO-20 | 1.079,03               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.079,03            | <input type="checkbox"/> | 1.077,83               | 1,20                  | <Collection:            | 1,51                  | 1,67                   | 0,03            | 1.077,86                       | Absolute        | 1.077,86                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 52 | POZO-21 | 1.070,50               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.070,50            | <input type="checkbox"/> | 1.069,00               | 1,50                  | <Collection:            | 4,69                  | 4,76                   | 0,05            | 1.069,05                       | Absolute        | 1.069,05                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 53 | POZO-22 | 1.071,44               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.071,44            | <input type="checkbox"/> | 1.070,24               | 1,20                  | <Collection:            | 0,00                  | 1,52                   | 0,03            | 1.070,27                       | Absolute        | 1.070,27                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 54 | POZO-23 | 1.069,59               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.069,59            | <input type="checkbox"/> | 1.068,39               | 1,20                  | <Collection:            | 1,52                  | 1,59                   | 0,03            | 1.068,42                       | Absolute        | 1.068,42                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 55 | POZO-24 | 1.083,17               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.083,17            | <input type="checkbox"/> | 1.081,67               | 1,50                  | <Collection:            | 0,00                  | 1,52                   | 0,03            | 1.081,70                       | Absolute        | 1.081,70                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 56 | POZO-25 | 1.081,27               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.081,27            | <input type="checkbox"/> | 1.079,77               | 1,50                  | <Collection:            | 1,52                  | 1,63                   | 0,03            | 1.079,80                       | Absolute        | 1.079,80                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 57 | POZO-26 | 1.078,01               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.078,01            | <input type="checkbox"/> | 1.076,51               | 1,50                  | <Collection:            | 0,00                  | 1,51                   | 0,03            | 1.076,54                       | Absolute        | 1.076,54                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |
| 58 | POZO-27 | 1.071,58               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.071,58            | <input type="checkbox"/> | 1.070,08               | 1,50                  | <Collection:            | 0,00                  | 1,51                   | 0,03            | 1.070,11                       | Absolute        | 1.070,11                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |

Nota. Se presenta una tabla de datos para los pozos de Gualchan obtenidos en SewerCAD. Elaborado por: Los Autores.

**Figura 34.**

*Velocidades en las tuberías de la comunidad de Gualchan mediante SewerCAD.*

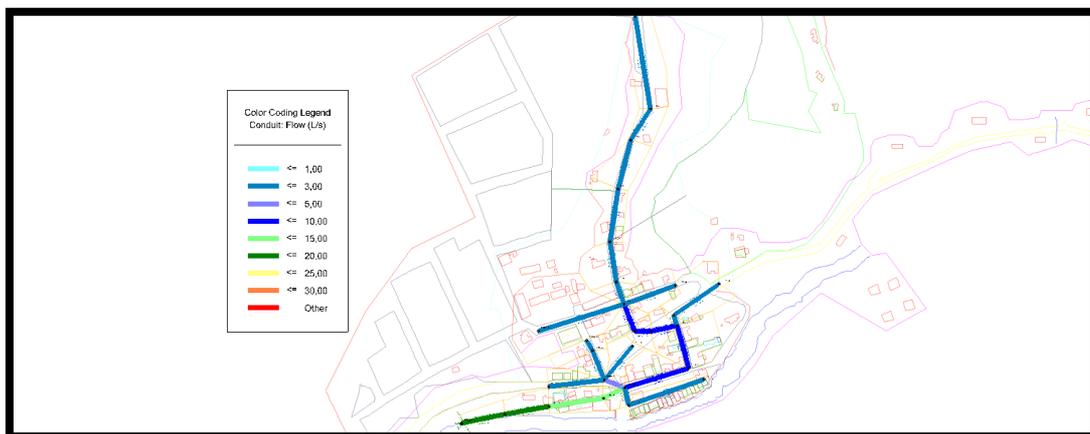


*Nota.* Se presenta una leyenda con velocidades en las tuberías de Gualchan obtenidos en SewerCAD. Elaborado por: Los Autores..

Observando el programa, se puede observar que las velocidades del sistema de Gualchán se encuentran dentro del límite establecido por la norma de 5m/s.

**Figura 35.**

*Caudales del flujo en las tuberías de la comunidad de Gualchan mediante SewerCAD.*

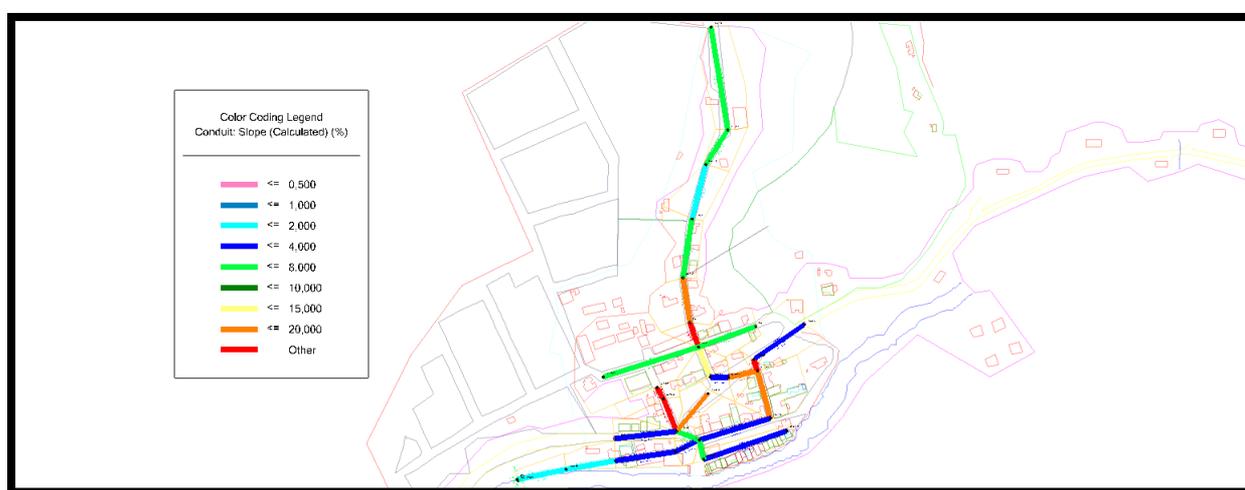


*Nota.* Se presenta una leyenda con los caudales en las tuberías de Gualchan obtenidos en SewerCAD. Elaborado por: Los Autores.

En el apartado de caudales generados, se puede observar un incremento para la última sección del sistema antes de llegar a la descarga. Esto es producido ya que son varios los conductos que convergen en un solo pozo, ocasionando un incremento considerable del flujo del agua.

**Figura 36.**

*Pendientes en las tuberías de la comunidad de Gualchan mediante SewerCAD.*



*Nota.* Se presenta una leyenda con las pendientes en las tuberías de Gualchan obtenidos en SewerCAD. Elaborado por: Los Autores.

Se puede observar que en la mayoría de tramos no existen pendientes tan notorias; sin embargo, en los conductos centrales del sistema se pueden apreciar unos aumentos en el grado de la pendiente registrada por el programa.

### 6.4.2. Datos de la comunidad de Las Juntas obtenidos mediante SewerCAD

En este caso los datos suministrados son pertenecientes a la comunidad de Las Juntas, corridos mediante el práctico uso del programa SewerCAD.

**Figura 37.**

*Datos para los conductos de Las Juntas obtenidos en SewerCAD.*

|     | ID       | Label | Start Node    | Set Invert to Start? | Invert (Start) (m)                  | Stop Node | Set Invert to Stop? | Invert (Stop) (m)                   | Has User Defined Length? | Length (User Defined) (m)           | Length (Scaled) (m) | Slope (Calculated) (%) | Section Type | Material | Diameter (mm) | Manning's n | Flow (L/s) | Velocity (m/s) | Depth (Middle) (m) | Capacity (Full Flow) (L/s) | Flow / Capacity (Design) (%) | Depth/Rise (%) |     |
|-----|----------|-------|---------------|----------------------|-------------------------------------|-----------|---------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|---------------------|------------------------|--------------|----------|---------------|-------------|------------|----------------|--------------------|----------------------------|------------------------------|----------------|-----|
| 43: | COLECTOR | 43    | COLECTOR P... | PZ-1                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.339,29  | PZ-2                | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.336,95                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 41,4                | 41,5                   | 5,652        | Circle   | PVC           | 250,0       | 0,009      | 1,51           | 1,21               | 0,03                       | 204,22                       | 0,7            | 12, |
| 44: | COLECTOR | 44    | COLECTOR P... | PZ-2                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.336,95  | PZ-3                | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.336,28                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 22,1                | 21,7                   | 3,032        | Circle   | PVC           | 250,0       | 0,009      | 1,66           | 1,00               | 0,03                       | 149,56                       | 1,1            | 13, |
| 45: | COLECTOR | 45    | COLECTOR P... | PZ-3                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.336,28  | PZ-4                | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.334,39                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 47,1                | 47,2                   | 4,013        | Circle   | PVC           | 250,0       | 0,009      | 1,92           | 1,16               | 0,04                       | 172,07                       | 1,1            | 16, |
| 46: | COLECTOR | 46    | COLECTOR P... | PZ-4                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.334,39  | PZ-5                | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.333,76                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 14,9                | 14,9                   | 4,228        | Circle   | PVC           | 250,0       | 0,009      | 3,61           | 1,43               | 0,05                       | 176,63                       | 2,0            | 19, |
| 47: | COLECTOR | 47    | COLECTOR P... | PZ-5                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.333,76  | PZ-6                | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.333,26                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 58,2                | 58,2                   | 0,859        | Circle   | PVC           | 250,0       | 0,009      | 3,95           | 0,84               | 0,06                       | 79,62                        | 5,0            | 23, |
| 48: | COLECTOR | 48    | COLECTOR P... | PZ-6                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.333,26  | MH-7                | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.320,01                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 15,8                | 14,9                   | 83,861       | Circle   | PVC           | 250,0       | 0,009      | 7,79           | 5,16               | 0,07                       | 786,61                       | 1,0            | 29, |
| 49: | COLECTOR | 49    | COLECTOR P... | MH-7                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.320,01  | DESCARGA            | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.318,05                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 12,4                | 12,5                   | 15,806       | Circle   | PVC           | 250,0       | 0,009      | 10,22          | 3,11               | 0,05                       | 341,51                       | 3,0            | 21, |
| 50: | TRAMO-2  | 50    | TRAMO-2       | CAJA                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.336,20  | PZ-7                | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.335,55                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 28,9                | 29,5                   | 2,249        | Circle   | PVC           | 250,0       | 0,009      | 1,51           | 0,88               | 0,03                       | 128,82                       | 1,2            | 12, |
| 51: | TRAMO-2  | 51    | TRAMO-2       | PZ-7                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.335,55  | PZ-4                | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.334,39                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 20,1                | 20,5                   | 5,771        | Circle   | PVC           | 250,0       | 0,009      | 1,58           | 1,24               | 0,04                       | 206,35                       | 0,8            | 15, |
| 52: | TRAMO-3  | 52    | TRAMO-3       | PZ-8                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.334,88  | PZ-6                | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.333,26                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 37,1                | 37,7                   | 4,367        | Circle   | PVC           | 250,0       | 0,009      | 1,51           | 1,11               | 0,05                       | 179,49                       | 0,8            | 19, |
| 53: | TRAMO-4  | 53    | TRAMO-4       | PZ-9                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.320,00  | PZ-10               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.318,63                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 39,5                | 39,6                   | 3,468        | Circle   | PVC           | 200,0       | 0,009      | 1,51           | 1,06               | 0,03                       | 88,23                        | 1,7            | 16, |
| 54: | TRAMO-4  | 54    | TRAMO-4       | PZ-10                | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.318,63  | DESCARGA            | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.318,05                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 34,4                | 34,3                   | 1,686        | Circle   | PVC           | 200,0       | 0,009      | 1,58           | 0,84               | 0,03                       | 61,52                        | 2,6            | 13, |

*Nota.* Se presenta una tabla de datos para los conductos de Las Juntas obtenidos en SewerCAD. Elaborado por: Los Autores.

**Figura 38.**

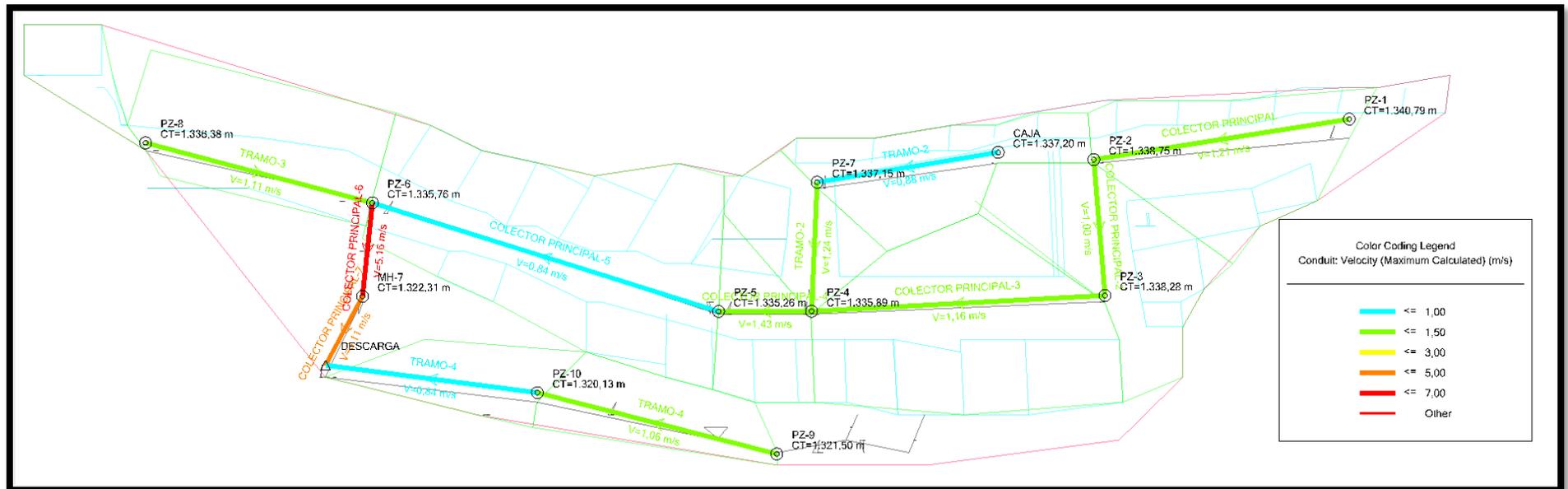
*Datos para los pozos de Las Juntas obtenidos en SewerCAD.*

|           | ID | Label | Elevation (Ground) (m) | Set Rim to Ground Elevation?        | Elevation (Rim) (m) | Bolted Cover?            | Elevation (Invert) (m) | Depth (Structure) (m) | Inflow (Wet) Collection | Flow (Total In) (L/s) | Flow (Total Out) (L/s) | Depth (Out) (m) | Hydraulic Grade Line (Out) (m) | Headloss Method | Hydraulic Grade Line (In) (m) | Is Overflowing?          | Is Ever Overflowing?     | Sanitary Loads | Notes |
|-----------|----|-------|------------------------|-------------------------------------|---------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------|-------|
| 30: PZ-1  | 30 | PZ-1  | 1.340,79               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.340,79            | <input type="checkbox"/> | 1.339,29               | 1,50                  | <Collection:            | 0,00                  | 1,51                   | 0,03            | 1.339,32                       | Absolute        | 1.339,32                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |       |
| 31: PZ-2  | 31 | PZ-2  | 1.338,75               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.338,75            | <input type="checkbox"/> | 1.336,95               | 1,80                  | <Collection:            | 1,51                  | 1,66                   | 0,03            | 1.336,98                       | Absolute        | 1.336,98                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |       |
| 32: PZ-3  | 32 | PZ-3  | 1.338,28               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.338,28            | <input type="checkbox"/> | 1.336,28               | 2,00                  | <Collection:            | 1,66                  | 1,92                   | 0,03            | 1.336,31                       | Absolute        | 1.336,31                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |       |
| 33: PZ-4  | 33 | PZ-4  | 1.335,89               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.335,89            | <input type="checkbox"/> | 1.334,39               | 1,50                  | <Collection:            | 3,50                  | 3,61                   | 0,05            | 1.334,44                       | Absolute        | 1.334,44                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |       |
| 34: PZ-5  | 34 | PZ-5  | 1.335,26               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.335,26            | <input type="checkbox"/> | 1.333,76               | 1,50                  | <Collection:            | 3,61                  | 3,95                   | 0,05            | 1.333,81                       | Absolute        | 1.333,81                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |       |
| 35: PZ-6  | 35 | PZ-6  | 1.335,76               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.335,76            | <input type="checkbox"/> | 1.333,26               | 2,50                  | <Collection:            | 5,46                  | 7,79                   | 0,07            | 1.333,33                       | Absolute        | 1.333,33                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |       |
| 36: MH-7  | 36 | MH-7  | 1.322,31               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.322,31            | <input type="checkbox"/> | 1.320,01               | 2,30                  | <Collection:            | 7,79                  | 10,22                  | 0,08            | 1.320,09                       | Absolute        | 1.320,09                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |       |
| 37: CAJA  | 37 | CAJA  | 1.337,20               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.337,20            | <input type="checkbox"/> | 1.336,20               | 1,00                  | <Collection:            | 0,00                  | 1,51                   | 0,03            | 1.336,23                       | Absolute        | 1.336,23                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |       |
| 38: PZ-7  | 38 | PZ-7  | 1.337,15               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.337,15            | <input type="checkbox"/> | 1.335,55               | 1,60                  | <Collection:            | 1,51                  | 1,58                   | 0,03            | 1.335,58                       | Absolute        | 1.335,58                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |       |
| 39: PZ-8  | 39 | PZ-8  | 1.336,38               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.336,38            | <input type="checkbox"/> | 1.334,88               | 1,50                  | <Collection:            | 0,00                  | 1,51                   | 0,03            | 1.334,91                       | Absolute        | 1.334,91                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |       |
| 40: PZ-9  | 40 | PZ-9  | 1.321,50               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.321,50            | <input type="checkbox"/> | 1.320,00               | 1,50                  | <Collection:            | 0,00                  | 1,51                   | 0,03            | 1.320,03                       | Absolute        | 1.320,03                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |       |
| 41: PZ-10 | 41 | PZ-10 | 1.320,13               | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.320,13            | <input type="checkbox"/> | 1.318,63               | 1,50                  | <Collection:            | 1,51                  | 1,58                   | 0,03            | 1.318,66                       | Absolute        | 1.318,66                      | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <Collection:   |       |

*Nota.* Se presenta una tabla de datos para los pozos de Las Juntas obtenidos en SewerCAD. Elaborado por: Los Autores.

**Figura 39.**

*Velocidades en las tuberías de la comunidad de Las Juntas mediante SewerCAD.*

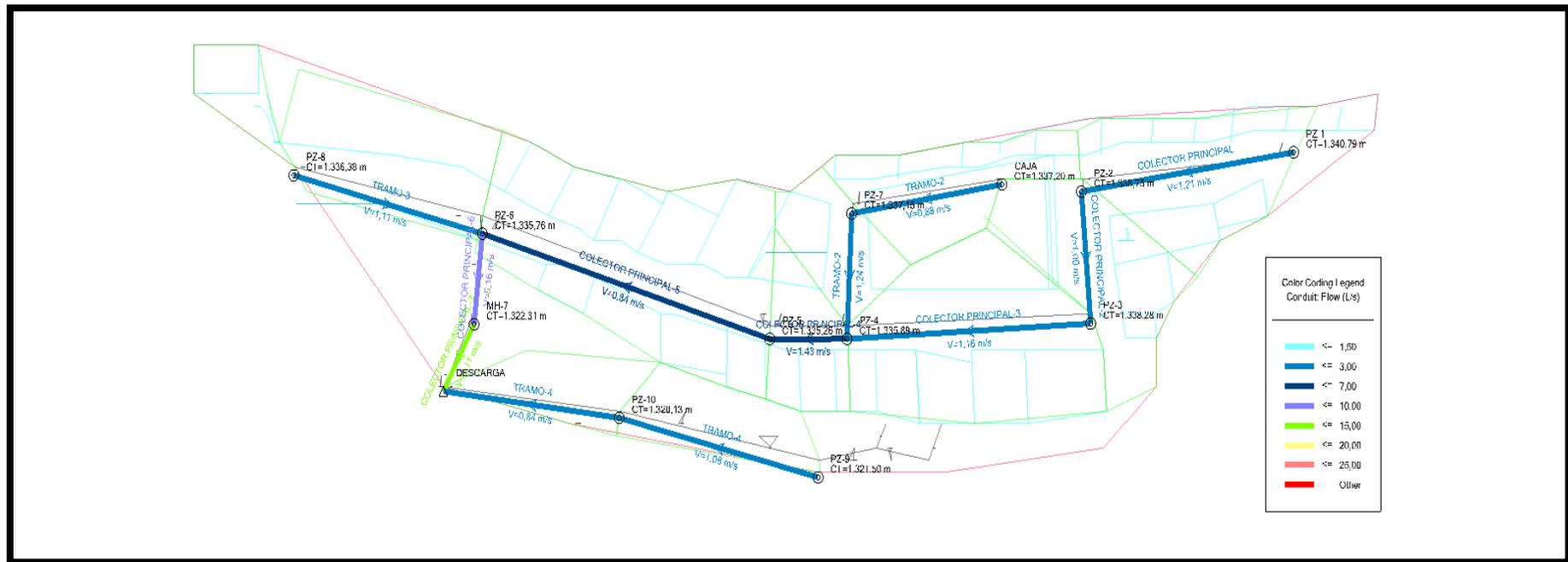


*Nota.* Se presenta una leyenda con velocidades en las tuberías de la comunidad de Las Juntas obtenidos en SewerCAD. Elaborado por: Los Autores.

Para esta sección se pueden apreciar los aumentos en la velocidad al llegar al tramo 6 del colector principal, acercándose considerablemente al límite establecido.

**Figura 40.**

*Caudales del flujo en las tuberías de la comunidad de Las Juntas mediante SewerCAD.*

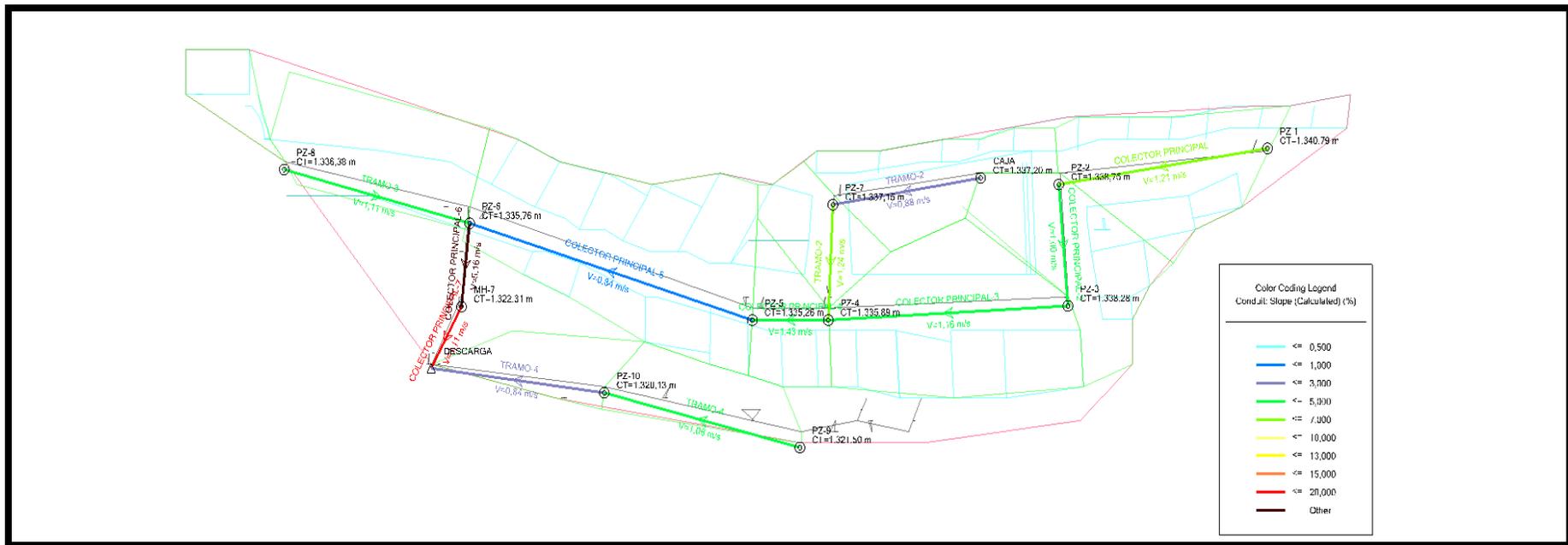


*Nota.* Se presenta una leyenda con caudales del flujo en las tuberías de la comunidad de Las Juntas obtenidos en SewerCAD. Elaborado por: Los Autores.

Se puede apreciar como en el tramo antes de la descarga aumenta considerablemente el flujo de agua arrastrado por el sistema, ya que anterior a esa toma existe una convergencia en el pozo 6 que causa un aumento del nivel del conducto.

**Figura 41.**

*Pendientes en las tuberías de la comunidad de Las Juntas mediante SewerCAD.*



*Nota.* Se presenta una leyenda con pendientes en las tuberías de la comunidad de Las Juntas obtenidos en SewerCAD. Elaborado por: Los Autores.

En el tramo final antes de la descarga, existe una pendiente de gran nivel debido al terreno en la zona; ocasionando altas velocidades en el sector afectado. En las demás secciones se cuenta con pendiente regulares aptas para el flujo normal del agua en el sistema.

### 6.4.3. Cuadro comparativo entre los resultados del Excel y el SewerCAD

Tabla 55.

Cuadro comparativo de los datos de Gualchán.

|                      |             | DATOS RECOLECTADOS POR LOS AUTORES |                 |           |               | DATOS SEWERCAD |           |               |      |
|----------------------|-------------|------------------------------------|-----------------|-----------|---------------|----------------|-----------|---------------|------|
|                      |             | Inicial                            | Final           | Q. diseño | Pendiente (%) | Vmax           | Q. diseño | Pendiente (%) | Vmax |
| COLECTOR PRINCIPAL 1 | pozo N°. 1  | pozo N°. 2                         | 1.528 ltrs/seg  | 3.50%     | 1.03 m/seg    | 1.53           | 4.41      | 0.97          |      |
|                      | pozo N°. 2  | pozo N°. 3                         | 1.679 ltrs/seg  | 7.50%     | 1.39 m/seg    | 1.68           | 7.53      | 1.2           |      |
|                      | pozo N°. 3  | pozo N°. 4                         | 1.929 ltrs/seg  | 1.20%     | 0.76 m/seg    | 1.93           | 1.18      | 0.66          |      |
|                      | pozo N°. 4  | pozo N°. 5                         | 2.201 ltrs/seg  | 5.90%     | 1.39 m/seg    | 2.2            | 5.928     | 1.2           |      |
|                      | pozo N°. 5  | pozo N°. 6                         | 2.528 ltrs/seg  | 15.80%    | 2.04 m/seg    | 2.53           | 15.774    | 1.78          |      |
|                      | pozo N°. 6  | pozo N°. 7                         | 7.231 ltrs/seg  | 8.70%     | 2.28 m/seg    | 2.61           | 28.191    | 2.18          |      |
|                      | pozo N°. 7  | pozo N°. 8                         | 7.368 ltrs/seg  | 6.30%     | 2.04 m/seg    | 5.83           | 10.533    | 1.98          |      |
|                      | pozo N°. 8  | pozo N°. 9                         | 7.448 ltrs/seg  | 0.90%     | 1.04 m/seg    | 5.91           | 3.619     | 1.36          |      |
|                      | pozo N°. 9  | pozo N°. 10                        | 7.557 ltrs/seg  | 7.90%     | 2.23 m/seg    | 6.02           | 15.594    | 2.29          |      |
|                      | pozo N°. 10 | pozo N°. 11                        | 10.371 ltrs/seg | 15.20%    | 3.08 m/seg    | 8.01           | 17.447    | 2.6           |      |
|                      | pozo N°. 11 | pozo N°. 12                        | 10.679 ltrs/seg | 2.20%     | 1.37 m/seg    | 8.32           | 2.189     | 1.23          |      |
|                      | pozo N°. 12 | pozo N°. 13                        | 19.137 ltrs/seg | 3.70%     | 1.70 m/seg    | 14.74          | 3.71      | 1.71          |      |
|                      | pozo N°. 13 | pozo N°. 14                        | 19.359 ltrs/seg | 3.40%     | 1.66 m/seg    | 14.96          | 3.812     | 1.73          |      |
|                      | pozo N°. 14 | pozo N°. 15                        | 19.514 ltrs/seg | 1.80%     | 1.32 m/seg    | 15.11          | 1.774     | 1.53          |      |
|                      | pozo N°. 15 | pozo N°. 16                        | 19.604 ltrs/seg | 1.70%     | 1.32 m/seg    | 15.2           | 1.747     | 1.52          |      |
|                      |             | DESCARGA                           | 19.604 ltrs/seg | 6.70%     | 2.11 m/seg    | 15.2           | 6.667     | 2.43          |      |
| TRAMO 1              | pozo N°. 17 | pozo N°. 7                         | 1.564 ltrs/seg  | 2.20%     | 0.89 m/seg    | 1.56           | 4.735     | 1.01          |      |
| TRAMO 2              | pozo N°. 18 | pozo N°. 7                         | 1.515 ltrs/seg  | 6.00%     | 1.25 m/seg    | 1.52           | 7.003     | 1.14          |      |
| TRAMO 3              | pozo N°. 19 | pozo N°. 20                        | 1.508 ltrs/seg  | 31.80%    | 2.22 m/seg    | 1.51           | 31.842    | 1.94          |      |
|                      | pozo N°. 20 | pozo N°. 21                        | 1.669 ltrs/seg  | 32.00%    | 2.30 m/seg    | 1.67           | 31.993    | 2             |      |
| TRAMO 4              | pozo N°. 21 | pozo N°. 12                        | 4.005 ltrs/seg  | 6.30%     | 1.70 m/seg    | 4.76           | 7,251     | 1.63          |      |
|                      | pozo N°. 22 | pozo N°. 23                        | 1.516 ltrs/seg  | 2.60%     | 0.93 m/seg    | 1.52           | 2.614     | 0.82          |      |
| TRAMO 5              | pozo N°. 23 | pozo N°. 12                        | 1.595 ltrs/seg  | 5.80%     | 1.25 m/seg    | 1.59           | 5.823     | 1.1           |      |
|                      | pozo N°. 24 | pozo N°. 25                        | 1.524 ltrs/seg  | 3.80%     | 1.06 m/seg    | 1.52           | 3.787     | 1.07          |      |
| TRAMO 6              | pozo N°. 25 | pozo N°. 10                        | 1.633 ltrs/seg  | 34.80%    | 2.35 m/seg    | 1.63           | 37.63     | 2.4           |      |
| TRAMO 7              | pozo N°. 26 | pozo N°. 21                        | 1.510 ltrs/seg  | 18.40%    | 1.84 m/seg    | 1.51           | 19.163    | 1.86          |      |
|                      | pozo N°. 27 | pozo N°. 21                        | 1.508 ltrs/seg  | 1.60%     | 0.78 m/seg    | 1.51           | 2.157     | 0.87          |      |

Nota. Se presenta un cuadro comparativo entre los datos ingresados a los diferentes programas. Elaborado por: Los Autores.

Tabla 56.

Cuadro comparativo de los datos de Las Juntas.

|                    |             | DATOS RECOLECTADOS POR LOS AUTORES |                |                |               | DATOS SEWERCAD |           |               |      |
|--------------------|-------------|------------------------------------|----------------|----------------|---------------|----------------|-----------|---------------|------|
|                    |             | Inicial                            | Final          | Q. diseño      | Pendiente (%) | Vmax           | Q. diseño | Pendiente (%) | Vmax |
| COLECTOR PRINCIPAL | pozo N°. 1  | pozo N°. 2                         | 1.509 ltrs/seg | 5.70%          | 1.22 m/seg    | 1.51           | 5.65      | 1.21          |      |
|                    | pozo N°. 2  | pozo N°. 3                         | 1.662 ltrs/seg | 3.00%          | 1.01 m/seg    | 1.66           | 3.03      | 1             |      |
|                    | pozo N°. 3  | pozo N°. 4                         | 1.918 ltrs/seg | 4.00%          | 1.16 m/seg    | 1.92           | 4.01      | 1.16          |      |
|                    | pozo N°. 4  | pozo N°. 5                         | 2.025 ltrs/seg | 4.90%          | 1.27 m/seg    | 3.61           | 4.23      | 1.43          |      |
|                    | pozo N°. 5  | pozo N°. 6                         | 2.367 ltrs/seg | 0.90%          | 0.72 m/seg    | 3.95           | 0.86      | 0.84          |      |
|                    | pozo N°. 6  | TANQUE                             | 4.697 ltrs/seg | 75.50%         | 4.24 m/seg    | 7.79           | 83.86     | 5.16          |      |
|                    |             | TANQUE                             | DESCARGA       | 7.128 ltrs/seg | 15.80%        | 2.79 m/seg     | 10.22     | 15.81         | 3.11 |
| TRAMO 2            | CAJA        | pozo N°. 7                         | 1.507 ltrs/seg | 2.20%          | 0.88 m/seg    | 1.51           | 2.25      | 0.88          |      |
|                    | pozo N°. 7  | pozo N°. 4                         | 1.582 ltrs/seg | 4.30%          | 1.12 m/seg    | 1.58           | 5.77      | 1.24          |      |
| TRAMO 3            | pozo N°. 8  | pozo N°. 6                         | 1.511 ltrs/seg | 3.60%          | 1.04 m/seg    | 1.51           | 4.37      | 1.11          |      |
| TRAMO 4            | pozo N°. 9  | pozo N°. 10                        | 1.505 ltrs/seg | 3.50%          | 1.18 m/seg    | 1.51           | 3.47      | 1.06          |      |
|                    | pozo N°. 11 | DESCARGA                           | 1.577 ltrs/seg | 1.70%          | 0.93 m/seg    | 1.58           | 1.69      | 0.84          |      |

Nota. Se presenta un cuadro comparativo entre los datos ingresados a los diferentes programas. Elaborado por: Los Autores.

## **6.5. Diseño hidráulico de estructuras complementarias**

Para la correcta incorporación de las aguas derivadas del sistema a la descarga predestinada, es necesario que este flujo cumpla con una serie de características para que pueda introducirse al sitio de descarga de manera que no lo afecte negativamente. Esto es debido a que los caudales derivados del alcantarillado poseen altas velocidades, las cuales pueden resultar perjudiciales para el cuerpo receptor, causando socavación y problemas de estabilidad en las laderas; afectando también a la corriente tanto aguas arriba como aguas abajo.

Para contrarrestar este efecto, se necesitan de estructuras especiales que disipen la energía del caudal haciendo que esta se concentre en su descarga a una velocidad controlada. Existen en el mercado muchas estructuras capaces de lograr tal cometido, pero de las más eficientes para este tipo de casos, Madrid y Almeida (2006) nos indican que entre los más frecuentes se pueden encontrar las siguientes:

### **6.5.1. Pozos de Caída**

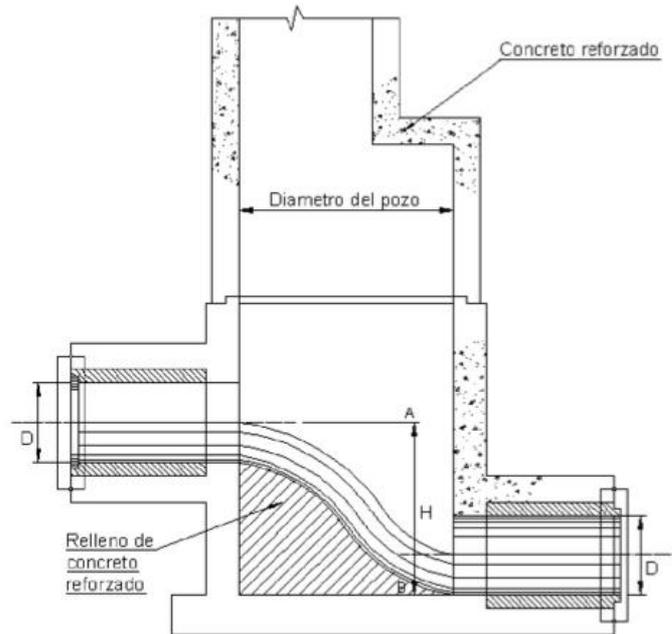
Estos son utilizados de manera que se lleva el agua desde un punto “A” hacia un punto “B” a menor cota. Funciona debido a que el flujo del agua va impactando con las partes que conforman el pozo, disipando de a poco la energía contenida por el caudal de agua formando lo que se conocería como un colchón.

El EMAAP-Q (2009) nos plantea hasta 3 modelos de pozos de caída dependiendo de las necesidades del sistema de alcantarillado:

**Pozos de Caída Tipo 1.** Aptos para saltos con una altura máxima de 0.75m y diámetros hidráulicos con una sección de conducto no mayores a los 0.90m.

**Figura 42.**

*Diseño del pozo de Caída Tipo 1.*



*Nota.* Se presenta el diseño del pozo de caída tipo 1. Fuente: Normas de Diseño para Sistemas de Alcantarillado (EMAAP-Q, 2009).

**Figura 43.**

*Parámetros de Diseño del pozo de Caída Tipo 1.*

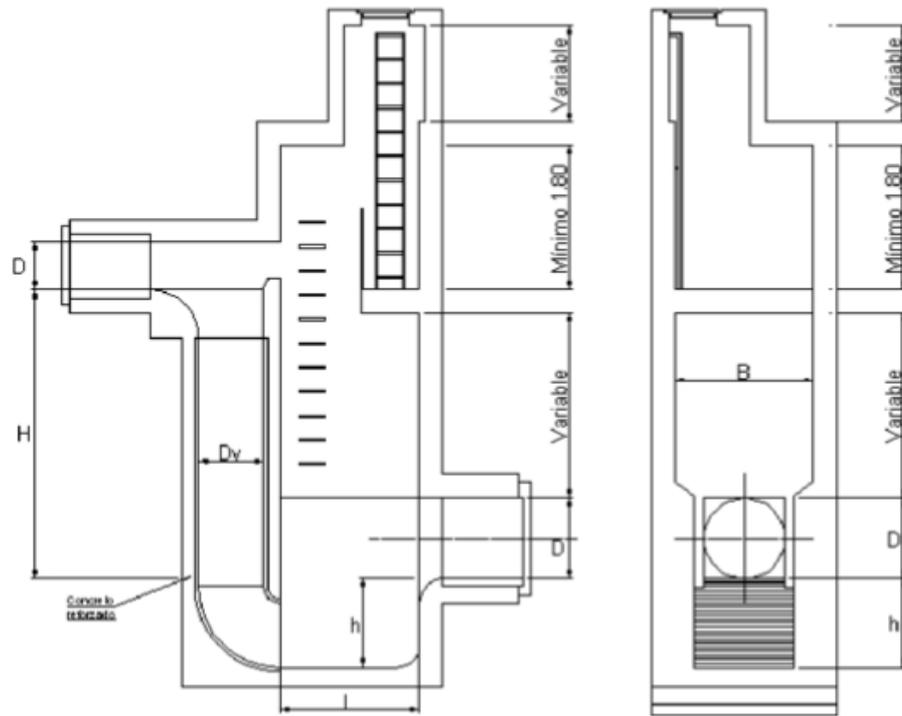
| TABLA N <sup>o</sup> . 5.3.22.1 |                        |                   |                        |
|---------------------------------|------------------------|-------------------|------------------------|
| Cámara de caída                 | D <sup>o</sup> Entrada | Diámetro del pozo | Altura de caída máxima |
| Tipo I a)                       | < 0,90 m               | 1,20              | 0,50                   |
| Tipo I b)                       |                        | 1,50              | 0,60                   |
| Tipo I c)                       |                        | 1,80              | 0,75                   |

*Nota.* Se presenta los parametros de diseño del pozo de caída tipo 1. Fuente: Normas de Diseño para Sistemas de Alcantarillado (EMAAP-Q, 2009).

**Pozo de Caída Tipo 2.** Aptos para saltos con una altura máxima de 3.00m y diámetros hidráulicos con una sección de conducto no mayores a los 0.90m.

**Figura 44.**

*Diseño del pozo de Caída Tipo 2.*



*Nota.* Se presenta el diseño del pozo de caída tipo 2. Fuente: Normas de Diseño para Sistemas de Alcantarillado (EMAAP-Q, 2009).

**Figura 45.**

*Parámetros de Diseño del pozo de Caída Tipo 2.*

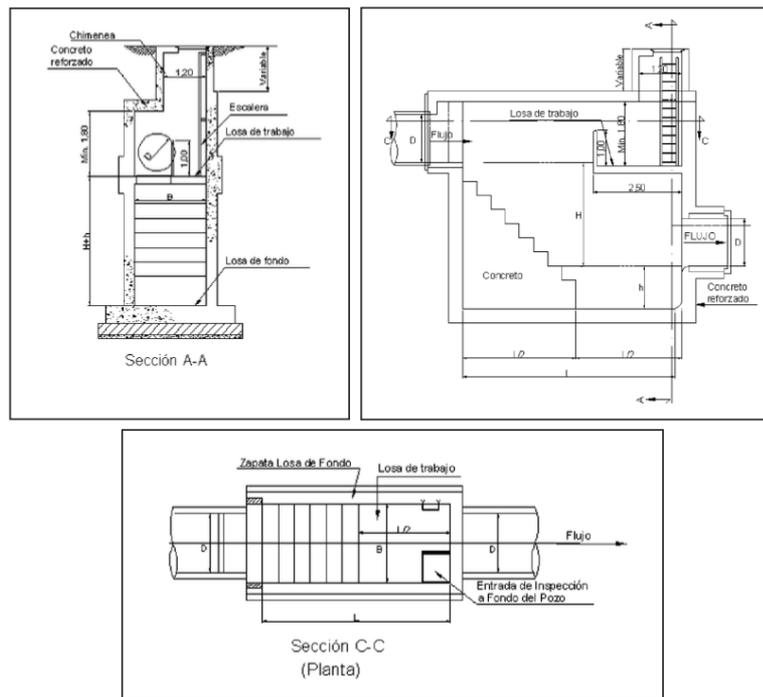
| TABLA N° 5-3.22.1 |                        |                      |                    |                                      |                       |
|-------------------|------------------------|----------------------|--------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| D° Entrada        | Altura de caída máxima | D° del tubo vertical | Ancho de la cámara | Profundidad h del fondo de la cámara | Longitud de la cámara |
| 0,50              | 1,0                    | 0,50                 | 0,75               | 0,35                                 | 1,30                  |
| 0,60              |                        | 0,50                 | 0,80               | 0,35                                 | 1,30                  |
| 0,75              |                        | 0,75                 | 0,95               | 0,40                                 | 1,60                  |
| 0,90              |                        | 0,75                 | 1,10               | 0,45                                 | 2,00                  |
| 0,50              | 1,5                    | 0,50                 | 0,75               | 0,35                                 | 1,30                  |
| 0,60              |                        | 0,50                 | 0,80               | 0,40                                 | 1,40                  |
| 0,75              |                        | 0,75                 | 0,95               | 0,45                                 | 1,70                  |
| 0,90              |                        | 0,75                 | 1,10               | 0,50                                 | 2,20                  |
| 0,50              | 2,0                    | 0,50                 | 0,75               | 0,40                                 | 1,40                  |
| 0,60              |                        | 0,50                 | 0,80               | 0,40                                 | 1,50                  |
| 0,75              |                        | 0,75                 | 0,95               | 0,45                                 | 1,80                  |
| 0,90              |                        | 0,75                 | 1,10               | 0,50                                 | 2,40                  |
| 0,50              | 2,5                    | 0,50                 | 0,75               | 0,40                                 | 1,50                  |
| 0,60              |                        | 0,50                 | 0,80               | 0,40                                 | 1,60                  |
| 0,75              |                        | 0,75                 | 0,95               | 0,45                                 | 1,90                  |
| 0,90              |                        | 0,75                 | 1,10               | 0,50                                 | 2,50                  |
| 0,50              | 3,0                    | 0,50                 | 0,75               | 0,50                                 | 1,60                  |
| 0,60              |                        | 0,50                 | 0,80               | 0,55                                 | 1,70                  |
| 0,75              |                        | 0,75                 | 0,95               | 0,60                                 | 2,10                  |
| 0,90              |                        | 0,75                 | 1,10               | 0,70                                 | 2,60                  |

*Nota.* Se presenta los parametros de diseño del pozo de caída tipo2. Fuente: Normas de Diseño para Sistemas de Alcantarillado (EMAAP-Q, 2009).

**Pozo de Caída Tipo 3.** Aptos para saltos con una altura máxima de 3.00m y diámetros hidráulicos con una sección de conducto de entrada entre 1.00m-3.00m. Este tipo de estructura se distingue de sus antecesoras debido a que posee peldaños en escalera para resolver el salto.

**Figura 46.**

*Diseño del pozo de Caída Tipo 3.*



*Nota.* Se presenta el diseño del pozo de caída tipo 3. Fuente: Normas de Diseño para Sistemas de Alcantarillado (EMAAP-Q, 2009).

**Figura 47.**

*Parámetros de Diseño del pozo de Caída Tipo 3 para Alturas de Caídas entre 1.00m y 1.5m.*

| TABLA N° 5.3.22.3 |                        |                    |                              |                                      |                       |
|-------------------|------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| D° Entrada        | Altura de caída máxima | Ancho de la cámara | Longitud total de las gradas | Profundidad h del fondo de la cámara | Longitud de la cámara |
| 1,00              | 1,0                    | 1,50               | 1,70                         | 0,70                                 | 3,40                  |
| 1,25              |                        | 1,90               | 1,70                         | 0,85                                 | 3,40                  |
| 1,50              |                        | 2,25               | 1,80                         | 1,00                                 | 3,60                  |
| 1,00              | 1,5                    | 1,50               | 2,00                         | 1,00                                 | 4,00                  |
| 1,25              |                        | 1,90               | 2,00                         | 1,00                                 | 4,00                  |
| 1,50              |                        | 2,25               | 2,10                         | 1,00                                 | 4,20                  |

*Nota.* Se presenta los parámetros de diseño del pozo de caída tipo 3. Fuente: Normas de Diseño para Sistemas de Alcantarillado (EMAAP-Q, 2009).

**Figura 48.**

*Parámetros de Diseño del pozo de Caída Tipo 3 para Alturas de Caídas entre 2.00m y 3.00m.*

| TABLA N° 5.3.22.3 |                        |                    |                              |                                      |                       |
|-------------------|------------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| D° Entrada        | Altura de caída máxima | Ancho de la cámara | Longitud total de las gradas | Profundidad h del fondo de la cámara | Longitud de la cámara |
| 1,00              | 2,0                    | 1,50               | 1,70                         | 0,70                                 | 3,40                  |
| 1,25              |                        | 1,90               | 1,70                         | 0,85                                 | 3,40                  |
| 1,50              |                        | 2,25               | 1,80                         | 1,00                                 | 3,60                  |
| 1,00              | 2,5                    | 1,50               | 2,00                         | 1,00                                 | 4,00                  |
| 1,25              |                        | 1,90               | 2,00                         | 1,00                                 | 4,00                  |
| 1,50              |                        | 2,25               | 2,10                         | 1,00                                 | 4,20                  |
| 1,00              | 3,0                    | 1,50               | 2,70                         | 1,25                                 | 5,40                  |
| 1,25              |                        | 1,90               | 2,80                         | 1,25                                 | 5,60                  |
| 1,50              |                        | 2,25               | 3,00                         | 1,30                                 | 6,00                  |

*Nota.* Se presenta los parámetros de diseño del pozo de caída tipo 3. Fuente: Normas de Diseño para Sistemas de Alcantarillado (EMAAP-Q, 2009).

Esta alternativa puede resultar costosa ya que, para la realización de dicha estructura, es necesario que cumpla con las solicitaciones requeridas para su resistencia; por lo tanto, debe estar hecha de hormigón armado. Sumado a esto, su comportamiento hidráulico puede resultar impredecible, teniendo que realizar simulaciones bajo un modelo hidráulico a escala que se acerque a la estructura a realizar. Cabe destacar que en el sistema ubicado en la comunidad de Gualchán, la mayor parte de la tubería trabaja con pozos de flujo directo; mientras que en Las Juntas no existen pozos de caída, ya que todo el alcantarillado funciona con flujo directo.

A pesar de ser una buena opción, su costosa elaboración no la hace ideal para el proyecto. Por tal motivo, no será escogida.

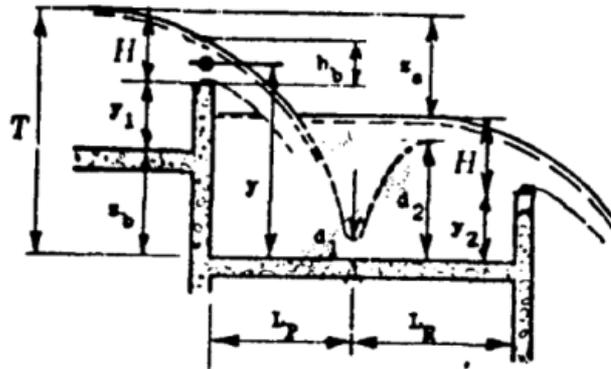
### **6.5.2. Sucesión de colchones en forma de escalera**

Según Krochin (1982) este tipo de estructura consiste en una serie de cajones disipadores de energía continuos asimilando el efecto de una escalera. Funciona de manera de

que el agua cae en el primer cajón, produciendo un resalto hidráulico que va disipando la energía, para luego pasar por un vertedero frontal antes de llegar al siguiente cajón.

**Figura 49.**

*Diseño de Rápida en Forma de Escalera.*



*Nota.* Se presenta el diseño de la rápida en forma de escalera. Fuente: Diseño Hidráulico (Krochin, 1982).

Para el diseño de este tipo de estructura, Madrid y Almeida (2006) indican que se requiere que los escalones posean gran longitud; ya que, de no ser así, puede provocar el cubrimiento total del cajón por parte del flujo, derivando en un aumento de energía y causando el efecto contrario a lo que se busca.

La normativa nos dice que para calcular la longitud del escalón se debe sumar la longitud de la parábola causada por el flujo más tres veces la altura del escalón. Aunque puede resultar una buena alternativa, al ser una estructura abierta hecha de hormigón, deriva en unos altos costos de producción e instalación en las comunidades a efectuar; además, en épocas lluviosas puede causar problemas cuando el flujo cubra la totalidad de los cajones. Por ende, no resulta apta para el proyecto.

### 6.5.3. Rápida con bloques disipadores.

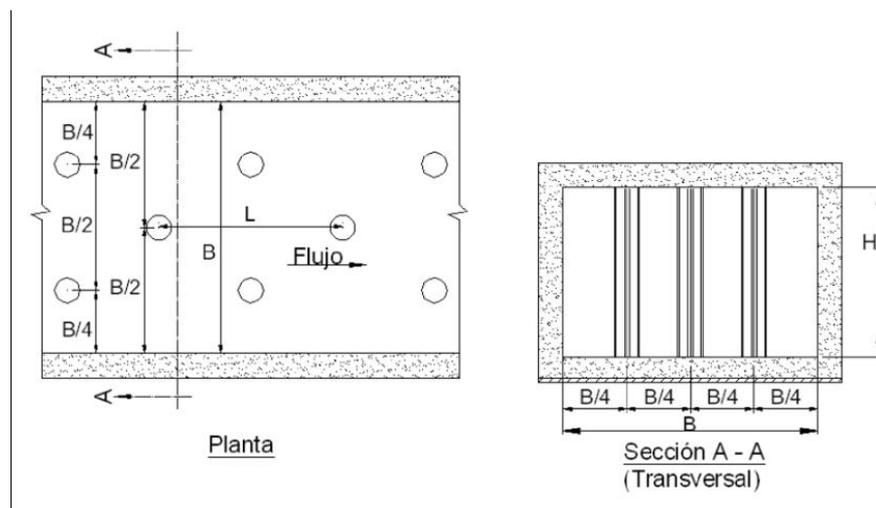
Para este tipo de diseños, se emplean bloques fijados firmemente al canal en donde corre el flujo de agua del sistema de alcantarillado, disipando la energía de la corriente al chocar y pasar sobre estos pilares ubicados en toda la extensión de la rápida.

Normalmente son utilizados en descargas con una gran pendiente, teniendo la tendencia de aumentar el ancho del canal para una mayor funcionabilidad de la metodología. Este tipo de solución permite seccionar la losa superior de grandes conductos.

La principal característica de este tipo de estructuras es que mediante la fricción generada por sus múltiples pilares, bloques y demás objetos, logra una reducción significativa de la velocidad del flujo, dando a entender que no solo funcionan por el impacto; sino además por la fricción de los materiales implementados. Es una buena opción para sistemas más grandes, que cuenten con un mayor espacio de distribución del flujo de agua; sin embargo, no es el caso del sistema presente.

**Figura 50.**

*Diseño de Rápida con Bloques Disipadores.*



*Nota.* Se presenta el diseño de rápida con bloques disipadores. Fuente: Normas de Diseño para Sistemas de Alcantarillado (EMAAP-Q, 2009).

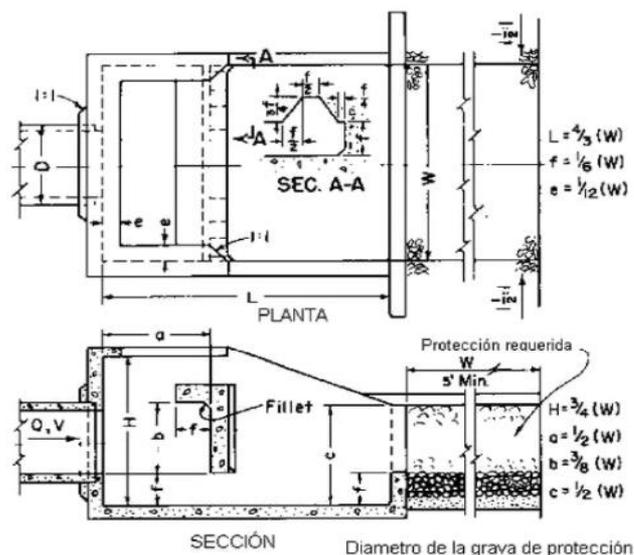
#### 6.5.4. Rápida con dissipador de impacto

El EMAAP-Q (2009) nos indica que se trata de una estructura diseñada para números de Froude que no excedan de 9. Su proceso de disipación radica en una estructura en forma de caja que posee una pantalla colgante de concreto y una solera final, el cual mediante el choque del flujo del chorro disparado del conducto contra los muros de impacto en posición vertical y los remolinos formados por el cambio de dirección, van reduciendo progresivamente la velocidad generada en el sistema de alcantarillado.

Este tipo de estructura amortiguadora está sometida a grandes fuerzas constantes y turbulentas a considerar en el cálculo estructural. Por este motivo, debe estar diseñado lo suficientemente resistente como para no deslizarse por el impacto del agua; además de resistir las vibraciones de magnitudes considerables producidas por el efecto amortiguador del choque del agua con la pantalla. Aunado a esto, la solera junto a los laterales del canal de salida debe estar revestidos para ser protegidos de la erosión causada por el flujo de la corriente.

**Figura 51.**

*Diseño de Rápida con Dissipador de Impacto.*



*Nota.* Se presenta el diseño de Rápida con Dissipador de Impacto. Fuente: Normas de Diseño para Sistemas de Alcantarillado (EMAAP-Q, 2009).

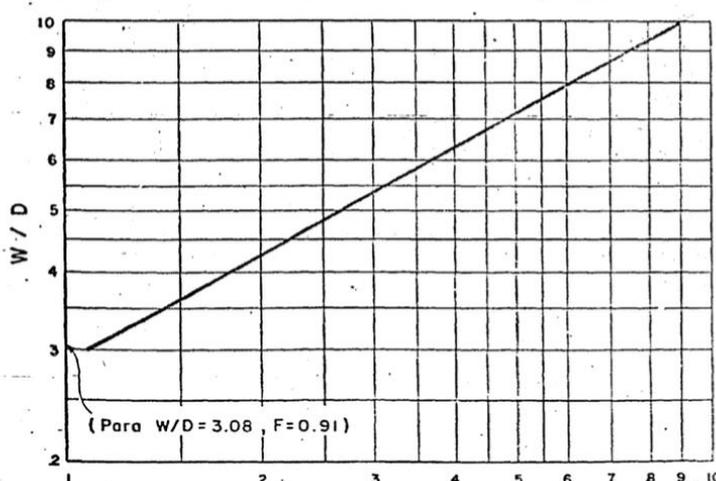
Para efectos del sistema de alcantarillado presente, se planteó como la opción más adecuada el dissipador de impacto como estructura de descarga, ya que presenta un funcionamiento bastante útil que reduce la velocidad del flujo considerablemente, evitando remolinos y socavación. Además, económicamente es el más práctico, ya que no requiere de muchos implementos para su instalación.

Para su diseño, se considera que la longitud del tramo de entrada al dissipador de energía debe ser de dos o tres veces el diámetro de la tubería. Su velocidad máxima permisible es de 15.24 m/s y con un Froude al 9 para prevenir el riesgo de que se produzca la cavitación en el sistema.

Una vez obtenidos valores de velocidad por debajo del límite y el número de Froude correspondiente, se procede a entrar en el gráfico presentado a continuación para conocer los valores de  $W/D$ , y de esta manera obtener las dimensiones de la estructura ya que todas dependen de  $W$ .

**Figura 52.**

*Ábaco de Froude para la obtención de  $W/D$  en el dissipador de impacto.*



*Nota.* Se presenta el abaco de Froude con el cual se puede obtener  $W/D$ . Fuente: Primer curso de hidráulica especializada, EMAAP-Q (1981)

**Tabla 57.**

*Dimensiones del dissipador de impacto arrojados por el gráfico de W/D.*

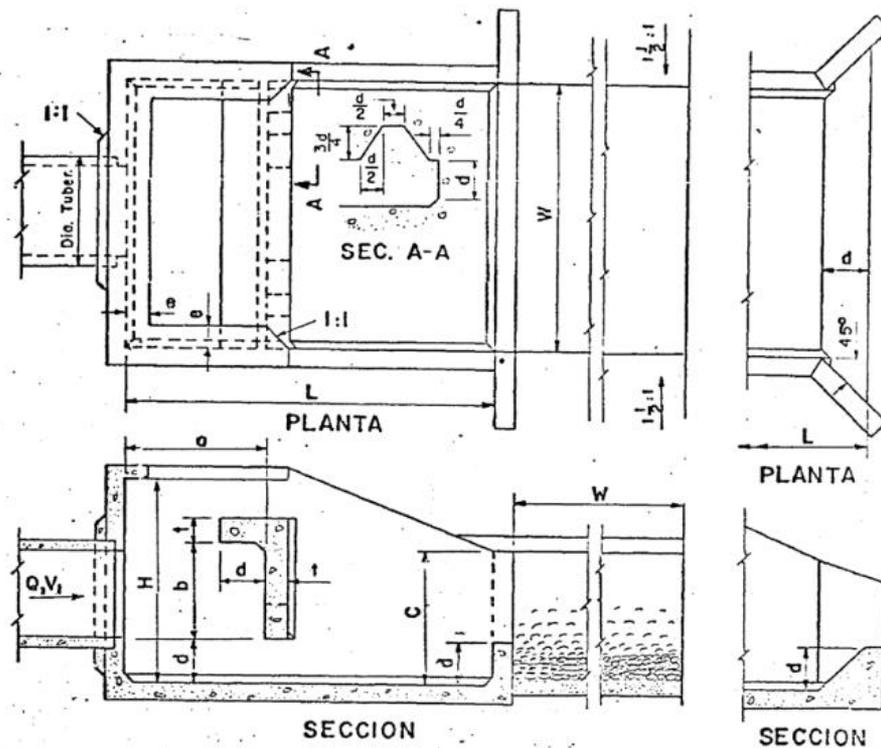
| DIMENSIONES DEL DISIPADOR DE IMPACTO |                       |          |     |     |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--------------------------------------|-----------------------|----------|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Comunidades                          | Froude de la descarga | Diámetro | W/D | W   | H    | L    | a    | b    | c    | d    | e    | t    |
| Gualchán                             | 3.76                  | 0.4      | 6   | 2.4 | 1.8  | 3.2  | 1.2  | 0.9  | 1.2  | 0.4  | 0.2  | 0.12 |
| Las Juntas                           | 5.64                  | 0.25     | 7.6 | 1.9 | 1.43 | 2.53 | 0.95 | 0.71 | 0.95 | 0.32 | 0.16 | 0.10 |

*Nota.* Se presenta las dimensiones del dissipador de impacto arrojados por el gráfico de

W/D. Elaborado por: Los Autores.

**Figura 53.**

*Plano del dissipador de impacto.*



*Nota.* Se presenta el plano del dissipador de impacto con diferentes parametros. Fuente:

Primer curso de hidráulica especializada, EMAAP-Q (1981)

## 6.6. Separador de caudales

Son estructuras encargadas de dividir parte del caudal generado hacia una dirección predestinada. Según Ganoa y Plazarte (2020) estas se encargan normalmente de separar el excedente de agua producido por los flujos pluviales hacia drenajes o almacenamientos temporales, aliviando así el caudal del conducto, para finalmente acabar en plantas de tratamiento.

**Figura 54.**

*Esquema de implantación del separador del caudal.*



*Nota.* Se presenta el esquema de implantación del separador de caudales. Elaborado por: Los Autores.

El EMAAP-Q (2009) nos hace referencia de que las estructuras de alivio más frecuentadas son: vertedero lateral, vertedero transversal, orificio, vertedero de salto y sifón aliviadero. Además, hay que tomar en cuenta un factor de seguridad que garantice el libre flujo del agua ante la posible obstrucción de la estructura por parte de basuras y arrastres. Considerando las características del sistema de alcantarillado, del tipo de caudal a tratar y las estructuras disponibles a escoger que más se adapten a las necesidades, se optará por el diseño e implementación de un vertedero sumergido.

## 6.7. Parámetros de diseño

Según indica la normativa establecida para el diseño de estructuras complementarias, el caudal máximo que será destinado hacia la estructura de tratamiento será 10 veces el caudal

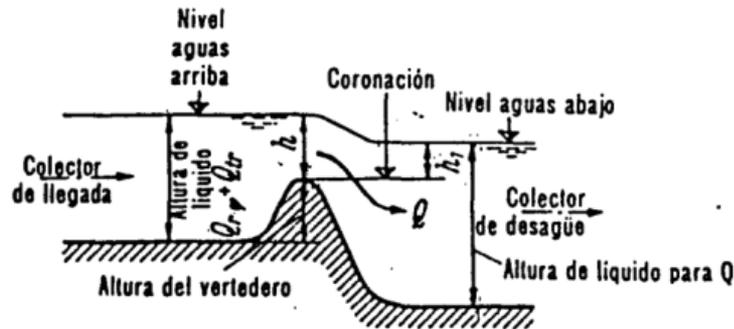
sanitario, arrojando una relación de 1/10. Para el caso de estudio presentado se tienen dos planteamientos a cubrir para las respectivas comunidades que ya cuentan con sistema de alcantarillado:

- Para la comunidad de Gualchán, que es la más grande de las tres comunidades, se cuenta con un caudal de alcantarillado de 776.70 ltrs/seg, justo en la zona del último pozo hasta la descarga. Sumado a esto tenemos que se nos presenta un valor de 19.604 ltrs/seg correspondiente al caudal sanitario. Siguiendo la normativa estipulada para el diseño de estructuras separadoras nos da un resultado una conducción de 196.04 ltrs/seg desde la desviación hasta la alternativa de tratamiento de aguas y 580.66 ltrs/seg del flujo resultante que será destinado hacia la descarga al cuerpo receptor.
- En la comunidad de Las Juntas se presenta un caudal de alcantarillado menor al anterior, con un valor de 341.781 ltrs/seg para la zona de descarga; además de un caudal sanitario con un flujo de 7.128 ltrs/seg. Realizando los cálculos respectivos para el diseño del separador de caudales, nos arroja unos resultados para una relación 1/10 de 71.28 ltrs/seg, los cuales serán desviados hasta la planta de tratamiento; mientras que los otros 270.501 ltrs/seg serán destinados a la descarga respectiva.

Se considera que el ducto que conducirá el flujo desde el separador de caudales hasta la planta de tratamiento trabajará en condiciones de tubería llena en la mayoría del tiempo, y no a presión como se suele pensar. Esto es debido al volumen de agua que se manejaría en el sistema gracias a la colocación del vertedero.

**Figura 55.**

*Vertedero Sumergido.*



*Nota.* Se presenta la imagen referencial de un vertedero sumergido. Fuente: EMAAP-Q, Plan maestro de agua potable y alcantarillado de Quito (EMAAP-Q, 1995).

### 6.8. Método de cálculo

Considerando que la altura máxima alcanzada del agua en el separador de caudales será la cota clave de la tubería de salida, se le asigna un valor de  $h$  de 0.4 metros; mientras que para el conducto afluente será aproximadamente 0.2 metros. A su vez, para la comunidad de las juntas se prevé de una altura máxima de  $h$  siendo 0.25 metros; y un valor de  $h_1$  para el afluente de 0.125 metros.

La fórmula utilizada viene derivada del despeje de la siguiente expresión de caudal:

$$Q = b * h * \frac{2}{3} * \sqrt{2 * g * (h - h_1)}$$

Generando así la siguiente fórmula utilizada para el cálculo de la estructura:

$$b = \frac{Q}{2.215 * h * \sqrt{h - h_1}}$$

Siendo:

- $b$ = largo de la tubería.
- $Q$ = caudal de la tubería.

- h= altura máxima alcanzada del agua en el separador de caudales.
- h1= altura de salida del conducto afluyente.

Cálculo para la comunidad de Gualchán, dimensiones y ubicación

$$b = \frac{580.66}{2.215 \times 0.4 \times \sqrt{0.4 - 0.2}}$$

Realizando el cálculo pertinente, se obtiene un valor de b de aproximadamente 1.5m, siendo esta la longitud del vertedero resultante. Contará con una altura aproximada de 0.4 m y se encontrará ubicado en las inmediaciones del Pozo 15, a 40 m del último pozo antes de la descarga.

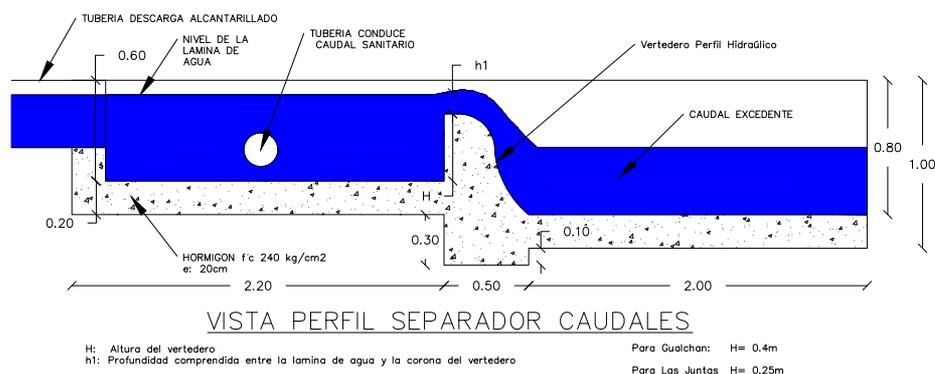
Cálculo para la comunidad de Las Juntas, dimensiones y ubicación

$$b = \frac{270.501}{2.215 \times 0.25 \times \sqrt{0.25 - 0.125}}$$

Realizando el cálculo pertinente, se obtiene un valor de b de aproximadamente 1.4 metros, siendo esta la longitud del vertedero resultante. Poseerá una altura de 0.25 m y se encontrará ubicado en el Pozo 6, a 16 m del último pozo antes de la descarga.

**Figura 56.**

*Vista de perfil del separador de caudales.*

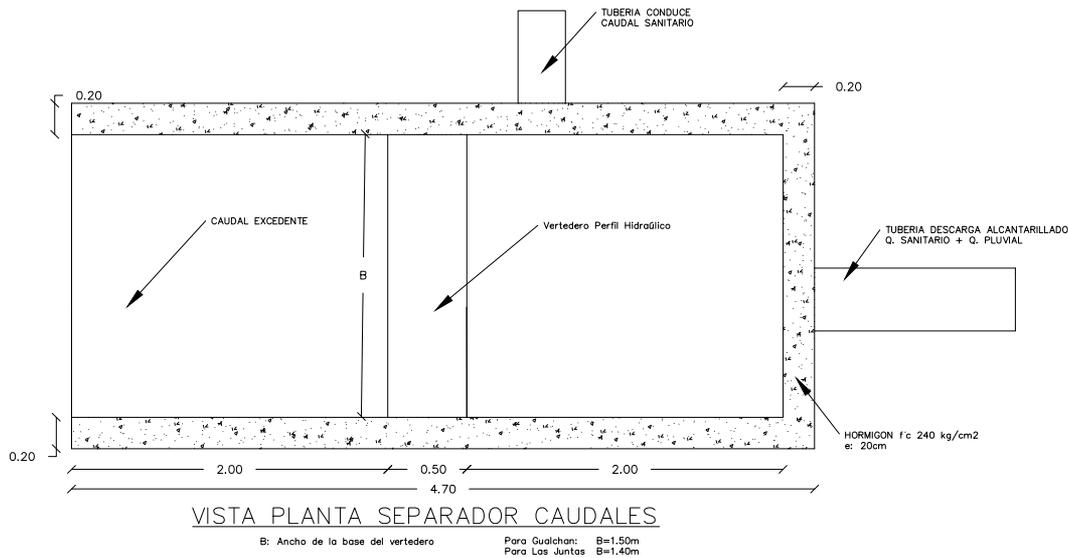


*Nota.* Se presenta la vista de perfil del separador de caudales con sus medidas.

Elaborado por: Los Autores.

**Figura 57.**

*Vista de planta del separador de caudales.*



*Nota.* Se presenta la vista en planta del separador de caudales. Elaborado por: Los Autores.

Un separador de caudales tipo vertedero es una estructura que se utiliza para separar y dirigir los flujos de agua de una red de alcantarillado. Cuando se acumulan sedimentos en el interior del separador, es necesario llevar a cabo un proceso de limpieza para evitar obstrucciones en la red y garantizar el buen funcionamiento del sistema.

Para llevar a cabo el proceso de limpieza de un separador de caudales tipo vertedero, se debe seguir los siguientes pasos:

- Desconectar el flujo de agua hacia el separador y bloquear cualquier entrada de agua adicional.
- Drenar toda el agua del interior del separador y retirar cualquier residuo sólido presente en su interior.
- Lavar las paredes interiores del separador con agua a alta presión para eliminar cualquier resto de sedimento.

- Verificar la integridad de la estructura y de sus componentes, y realizar cualquier reparación necesaria.
- Restablecer el flujo de agua hacia el separador y verificar su correcto funcionamiento.
- Es importante realizar la limpieza del separador de caudales de forma regular para evitar la acumulación excesiva de sedimentos y garantizar el correcto funcionamiento del sistema de alcantarillado.

## **CAPÍTULO VII**

### **ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SERVIDAS**

#### **7.1. Generalidades**

Una vez llegado a este apartado, se plantean todos los datos recolectados a través del trabajo realizado durante la evaluación del sistema de alcantarillado presente, esto con tal de buscar las posibles soluciones que más se adapten al proyecto y a las necesidades de la comunidad, la cual se ha visto afectada en los últimos años gracias a la mano de obra precaria que realizó la instalación del sistema.

Como ya se pudo observar realizados todos los cálculos pertinentes, el alcantarillado sanitario presente cumple con sus funciones primordiales para el uso normal del sistema sanitario. Sin embargo, el problema general radica en no contar con un proceso de tratamiento de las aguas servidas, el cual se encargue de reducir y eliminar aquellos componentes contaminadores que produzcan un impacto negativo en el medio ambiente, asegurando así la correcta incorporación del recurso al cuerpo receptor mediante la descarga.

La implementación de un medio que se encargue del tratamiento de las aguas provenientes de los domicilios localizados en la región, logrará una profunda mejoría en todos los espacios que se ven influenciados directa o indirectamente por el sistema de alcantarillado instalado, reduciendo los niveles actuales de contaminación en el sitio de descarga, y dándole un uso más eficiente a aquellas aguas que pueden reutilizarse bajo otros fines.

Muchos son los factores que intervienen al momento de escoger que método se adapta más a la problemática a tratar, ya que no solo se trata de evaluar las características que posee el sistema de alcantarillado y sus limitantes, sino además, los medios que influyen directamente en su funcionamiento, como la condición en la que se encuentra el agua a tratar, sus características físicas y químicas, los usos previos a los que se sometió, el área disponible para trabajar, entre otros factores que componen el tratamiento de las aguas servidas.

## **7.2. Características de las aguas servidas**

Normalmente, las aguas de carácter residual contienen en su composición un 99% de agua y solamente un 1% representado por material sólida. Estos residuos se encuentran formados por dos tipos de materia, la de tipo mineral, derivada de los subproductos que son desechados en el proceso cotidiano de las aguas y su origen de abastecimiento; y la orgánica, proveniente solo de la actividad humana (Rojas, 2002).

En las comunidades de Gualchán, Las Juntas y Espejo, las características principales que predominan en el agua residual son de origen doméstico, ya que son las estructuras que cuentan con mayor presencia en todas las zonas estudiadas, por lo tanto, presentan una composición de 50% de carbohidratos, 40% de proteínas, 10% de grasas y un pH que se encuentra desde los 6.5 hasta los 8. Su contenido deriva de aguas de lavado, fecales y limpieza; trayendo consigo contaminantes como los gérmenes patógenos, detergentes, sólidos, fósforo, nitrógeno, entre otros agentes.

Según sea el contenido en el agua contenida del sistema de alcantarillado, se definirá el tipo de tratamiento que mejor responda ante las necesidades de los habitantes de las comunidades afectadas, tratando cada uno de los factores que intervienen en el proceso de la manera más óptima posible.

### **7.2.1. Características físicas**

Estos son los factores que más influyen al momento de escoger el tipo de tratamiento adecuado, ya que son los más fáciles de notar por el ojo humano al momento de observar el agua, dando a conocer instantáneamente si el agua a primera mano cuenta con una calidad que cumpla con los estándares de higiene necesarios para ser descargada de manera segura, o por el contrario, cuente con agentes que pongan en peligro cualquier contacto del medio ambiente y los seres humanos.

Al tratarse de aguas en su mayoría de origen doméstico, nos encontramos con agentes contaminantes como los sólidos suspendidos, principales determinantes de la calidad del agua en el sistema, ya que si existe una cantidad considerable de partículas flotantes en el recurso evaluado se tiende a tornar de un color oscuro y turbio, derivando en la posible contaminación del medio ambiente si se llegase a descargar en condiciones no idóneas.

El color y el olor también representan un factor fundamental al momento de evaluar la calidad del recurso presente, ya que, junto a los sólidos suspendidos, son las características más notorias en las aguas de carácter residual. Estos se derivan de los residuos industriales y domésticos que luego se descomponen, generando hedor en las zonas cercanas que produce una sensación de insalubridad e incomodidad en los habitantes de las comunidades.

Otra característica importante a tomar en cuenta es el de la temperatura, principal responsable de la formación de microorganismos responsables de generar contaminación en el agua si se encuentran a temperaturas extremas. Al encontrarse por debajo de los 10 grados Celsius, se ralentiza el proceso de tratamiento de estos agentes; y por encima de 40 grados Celsius, no se desarrolla el correcto proceso necesario para combatirlos.

### **7.2.2. Características químicas**

Estas representan aquellos componentes que definen la calidad del agua al modificar su composición natural, creando así ciertas propiedades que elevan la toxicidad del recurso utilizado, volviéndola no apta para consumo de ningún tipo. Además de esto, a diferencia de las características físicas, las de carácter químico no son tan fáciles de identificar, ya que necesitan de procesos más elaborados para ser estudiadas, dificultando de esta manera su tratamiento posterior.

Entre los más notorios que se encuentran presentes en las aguas residuales son las grasas y los aceites provenientes del uso doméstico cotidiano. Estos compuestos al poseer una densidad menor que la del agua tienden a flotar, lográndose acumular en la superficie; sin

embargo, no representa un problema difícil de solucionar, ya que en sistemas urbanos resultan ser de fácil disolución.

### **7.2.3. Características biológicas**

Este apartado representa a la comunidad de microorganismos que se pueden encontrar en la composición molecular de las aguas residuales provenientes del uso doméstico. Las comunidades bacteriológicas suelen dividirse en 3 grupos principales que definen su tipo: Eucariotas, Eubacterias y Archeobacterias.

Los microorganismos de tipo Eucariota son los que más resaltan al momento de evaluar las aguas residuales, ya que normalmente son las de mayor tamaño y más conocidas. Por ejemplo, las plantas (musgos, helechos) y los animales vertebrados e invertebrados representan a la mayoría conocida de esta familia de microorganismos, caracterizándose por tener una composición tanto multicelular, notándose la diferencia entre sus células y tejidos; como ser unicelular, teniendo una escasa diferenciación en sus tejidos como los hongos, algas y protozoos.

En el otro apartado se encuentran las Eubacterias, en donde su estructura celular es de tipo Procariota, y a diferencia de las Eucariotas no se cuenta con un núcleo definido. Están compuestas por la mayoría de las bacterias que se encuentran en las aguas de tipo residual, poseyendo una caracterización química celular muy similar a las de sus hermanas Eucariotas.

Por último, se encuentran clasificados los microorganismos de tipo Archeobacterias, siendo similares a sus hermanas las Eubacterias debido a que la estructura celular de ambas es de tipo Procariota. Están conformados en su mayoría por metanógenos, halófilos y termacidófilos, los cuales se caracterizan por ser de química celular distintiva.

### **7.3. Normativa Legal**

En el presente estudio de investigación, se tiene como objetivo el rediseño de un sistema de alcantarillado de aguas residuales domésticas en las comunidades de Gualchán, Las Juntas

y Espejo 2; además de una alternativa de tratamiento, todo en beneficio del mejoramiento y el resguardo del ecosistema. De esta manera se logra mantener el estado del agua intacto, sin alteraciones perjudiciales para los cuerpos receptores siguiendo lo establecido en las diferentes normativas legales presentadas por el gobierno de Ecuador para conseguir un buen balance ecológico, afectado actualmente por obra de la mano humana. En Ecuador, los estudios y proyectos ambientales se rigen bajo leyes y normativas implantadas en los siguientes cuerpos legales del país:

- Constitución Política de la República del Ecuador. Registro Oficial No 1 del 11 de agosto de 1998.
- Ley de Gestión Ambiental. Registro Oficial No 245 del 30 de julio de 1999.
- Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental. Decreto Supremo No 374, RO No 97 del 31 de mayo de 1976.
- Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) del Ministerio del Ambiente. Decreto Ejecutivo 3516 del Registro Oficial E 2 del 30 de marzo de 2003.
- Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre. Registro Oficial 64 del 24 de agosto de 1981.

#### **7.4. Análisis químico del agua**

Para la sección presente, es necesario tener en cuenta los parámetros base con los que se comparan todos los factores que intervienen al momento de examinar un cuerpo de agua de cualquier tipo y origen, determinando su composición a través de diferentes estudios que se le realizan a través de muestras, resaltando su contenido de ciertos materiales como el DBO, DBQ y SST.

**Figura 58.**

*Resultados fisicoquímicos de la comunidad de Gualchán.*

| DATOS DE LA MUESTRA   |  |                       |                            |  |  |
|-----------------------|--|-----------------------|----------------------------|--|--|
| Nombre de la Muestra: | AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DIRECTAMENTE DEL PUNTO DE DESCARGA DEL ALCANTARILLADO COMBINADO DE LA COMUNIDAD GUALCHAN | Lote:                 | X                          |  |  |
|                       |  | Fecha elaboración:    | X                          |  |  |
| Tipo de muestra:      | AGUA   | Fecha vencimiento:    | X                          |  |  |
| Muestreado por:       | CLIENTE  | Contenido declarado:  | 1 litro                    |  |  |
| Color:                | CARACTERISTICO   | Contenido encontrado: | 1 litro                    |  |  |
|                       |  | Fecha de recepción:   | 2022-07-06                 |  |  |
| Olor:                 | CARACTERISTICO   | Hora de recepción:    | 15:57:52                   |  |  |
|                       |  | Fecha análisis:       | 07 al 14 de Julio del 2022 |  |  |
| Estado:               | LIQUIDO  | Fecha entrega:        | 2022-07-15                 |  |  |

| RESULTADOS FISICOQUIMICOS  |           |        |                            |                                  |               |
|----------------------------|-----------|--------|----------------------------|----------------------------------|---------------|
| PARAMETRO                  | RESULTADO | UNIDAD | METODO DE ANALISIS INTERNO | METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA | INCERTIDUMBRE |
| •SOLIDOS TOTALES DISUELTOS | 269       | mg/l   | PA-FQ-183                  | SM 2510 B                        | ---           |
| •DQO                       | 36        | mg/l   | PA-FQ-78                   | HACH 8000                        | ---           |
| •DBO5                      | 12        | mg/l   | PA-FQ-73                   | SM 5210 D                        | ---           |
| •NITROGENO AMONICAL        | 9,65      | mg/l   | PA-FQ-283                  | PA-FQ-283                        | ---           |
| •NITROGENO TOTAL           | 11,95     | mg/l   | PA-FQ-141                  | AOAC 2001.11                     | ---           |

*Nota.* Se presenta los resultados obtenidos de los ensayos. Fuente: Laboratorio Químico y Microbiológico EcuChemLab, de las muestras cedidas por los autores (2022).

**Figura 59.**

*Resultados microbiológicos de la comunidad de Gualchán.*

| DATOS DE LA MUESTRA   |  |                       |            |  |  |
|-----------------------|--|-----------------------|------------|--|--|
| Nombre de la Muestra: | AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DIRECTAMENTE DEL PUNTO DE DESCARGA DEL ALCANTARILLADO COMBINADO DE LA COMUNIDAD GUALCHAN | Lote:                 | X          |  |  |
|                       |  | Fecha elaboración:    | X          |  |  |
| Tipo de muestra:      | AGUA   | Fecha vencimiento:    | X          |  |  |
| Muestreado por:       | CLIENTE  | Contenido declarado:  | 1L         |  |  |
| Color:                | CARACTERISTICO   | Contenido encontrado: | 1L         |  |  |
|                       |  | Fecha de recepción:   | 2022-07-06 |  |  |
| Olor:                 | CARACTERISTICO   | Hora de recepción:    | 15:51:44   |  |  |
|                       |  | Fecha análisis:       | 2022-07-06 |  |  |
| Estado:               | LIQUIDO  | Fecha entrega:        | 2022-07-11 |  |  |

| RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS        |           |            |                            |                                  |               |
|-----------------------------------|-----------|------------|----------------------------|----------------------------------|---------------|
| PARAMETRO                         | RESULTADO | UNIDAD     | METODO DE ANALISIS INTERNO | METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA | INCERTIDUMBRE |
| *RECUENTO COLIFORMES TOTALES AGUA | 19221     | NMP/100 ml | PA-MB-17                   | SM 9222 B                        | ---           |
| *RECUENTO COLIFORMES FECALES AGUA | 1191      | NMP/100 ml | PA-MB-15                   | SM 9222 D                        | ---           |

*Nota.* Se presenta los resultados obtenidos de los ensayos. Fuente: Laboratorio Químico y Microbiológico EcuChemLab, de las muestras cedidas por los autores (2022).

**Figura 60.**

*Resultados fisicoquímicos de la comunidad de Las Juntas.*

| DATOS DE LA MUESTRA   |  |                       |  |                            |  |
|-----------------------|--|-----------------------|--|----------------------------|--|
| Nombre de la Muestra: | AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DIRECTAMENTE DEL PUNTO DE DESCARGA DEL ALCANTARILLADO COMBINADO DE LA COMUNIDAD LAS JUNTAS | Lote:                 |  | X                          |  |
|                       |  | Fecha elaboración:    |  | X                          |  |
| Tipo de muestra:      | AGUA   | Fecha vencimiento:    |  | X                          |  |
| Muestreado por:       | CLIENTE  | Contenido declarado:  |  | 1 litro                    |  |
| Color:                | CARACTERISTICO   | Contenido encontrado: |  | 1 litro                    |  |
|                       |  | Fecha de recepción:   |  | 2022-07-06                 |  |
| Olor:                 | CARACTERISTICO   | Hora de recepción:    |  | 15:57:52                   |  |
|                       |  | Fecha análisis:       |  | 07 al 14 de Julio del 2022 |  |
| Estado:               | LIQUIDO  | Fecha entrega:        |  | 2022-07-15                 |  |

| RESULTADOS FISICOQUIMICOS  |           |        |                            |                                  |               |
|----------------------------|-----------|--------|----------------------------|----------------------------------|---------------|
| PARAMETRO                  | RESULTADO | UNIDAD | METODO DE ANALISIS INTERNO | METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA | INCERTIDUMBRE |
| ©SOLIDOS TOTALES DISUELTOS | 145,20    | mg/l   | PA-FQ-183                  | SM 2510 B                        | ---           |
| ©DQO                       | 27        | mg/l   | PA-FQ-78                   | HACH 8000                        | ---           |
| *©DBO5                     | 11        | mg/l   | PA-FQ-73                   | SM 5210 D                        | ---           |
| *©NITROGENO AMONICAL       | 10,72     | mg/l   | PA-FQ-283                  | PA-FQ-283                        | ---           |
| *©NITROGENO TOTAL          | 11,63     | mg/l   | PA-FQ-141                  | AOAC 2001.11                     | ---           |

*Nota.* Se presenta los resultados obtenidos de los ensayos. Fuente: Laboratorio Químico y Microbiológico EcuChemLab, de las muestras cedidas por los autores (2022).

**Figura 61.**

*Resultados microbiológicos de la comunidad de Las Juntas.*

| DATOS DE LA MUESTRA   |  |                       |  |            |  |
|-----------------------|--|-----------------------|--|------------|--|
| Nombre de la Muestra: | AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DIRECTAMENTE DEL PUNTO DE DESCARGA DEL ALCANTARILLADO COMBINADO DE LA COMUNIDAD LAS JUNTAS | Lote:                 |  | X          |  |
|                       |  | Fecha elaboración:    |  | X          |  |
| Tipo de muestra:      | AGUA   | Fecha vencimiento:    |  | X          |  |
| Muestreado por:       | CLIENTE  | Contenido declarado:  |  | 1L         |  |
| Color:                | CARACTERISTICO   | Contenido encontrado: |  | 1L         |  |
|                       |  | Fecha de recepción:   |  | 2022-07-06 |  |
| Olor:                 | CARACTERISTICO   | Hora de recepción:    |  | 15:51:44   |  |
|                       |  | Fecha análisis:       |  | 2022-07-06 |  |
| Estado:               | LIQUIDO  | Fecha entrega:        |  | 2022-07-11 |  |

| RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS       |           |            |                            |                                  |               |
|----------------------------------|-----------|------------|----------------------------|----------------------------------|---------------|
| PARAMETRO                        | RESULTADO | UNIDAD     | METODO DE ANALISIS INTERNO | METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA | INCERTIDUMBRE |
| RECuento COLIFORMES TOTALES AGUA | 15022     | NMP/100 ml | PA-MB-17                   | SM 9222 B                        | ---           |
| RECuento COLIFORMES FECALIS AGUA | 1517      | NMP/100 ml | PA-MB-15                   | SM 9222 D                        | ---           |

*Nota.* Se presenta los resultados obtenidos de los ensayos. Fuente: Laboratorio Químico y Microbiológico EcuChemLab, de las muestras cedidas por los autores (2022).

**Tabla 58**

*Criterio de calidad de aguas para consumo humano y doméstico que requieren de tratamiento convencional*

**TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS**

| PARÁMETROS                           | Expresados como                        | Unidad          | Criterio de calidad                           |                           |
|--------------------------------------|--|-----------------|---|---------------------------|
|                                      |  |                 | Agua dulce                                    | Agua marina y de estuario |
| Aluminio <sup>(1)</sup>              | Al                                     | mg/l            | 0,1   | 1,5                       |
| Amoníaco Total <sup>(2)</sup>        | NH <sub>3</sub>                        | mg/l            | -   | 0,4                       |
| Arsénico                             | As                                     | mg/l            | 0,05  | 0,05                      |
| Bario                                | Ba                                     | mg/l            | 1,0   | 1,0                       |
| Berilio                              | Be                                     | mg/l            | 0,1   | 1,5                       |
| Bifenilos Policlorados               | Concentración de PCBs totales          | µg/l            | 1,0   | 1,0                       |
| Boro                                 | B                                      | mg/l            | 0,75  | 5,0                       |
| Cadmio                               | Cd                                     | mg/l            | 0,001   | 0,005                     |
| Cianuros                             | CN <sup>-</sup>                        | mg/l            | 0,01  | 0,01                      |
| Cinc                                 | Zn                                     | mg/l            | 0,03  | 0,015                     |
| Cloro residual total                 | Cl <sub>2</sub>                        | mg/l            | 0,01  | 0,01                      |
| Clorofenoles <sup>(3)</sup>          |  | mg/l            | 0,05  | 0,05                      |
| Cobalto                              | Co                                     | mg/l            | 0,2   | 0,2                       |
| Cobre                                | Cu                                     | mg/l            | 0,005   | 0,005                     |
| Cromo total                          | Cr                                     | mg/l            | 0,032   | 0,05                      |
| Estaño                               | Sn                                     | mg/l            |   | 2,00                      |
| Fenoles monohídricos                 | Expresado como fenoles                 | mg/l            | 0,001   | 0,001                     |
| Aceites y grasas                     | Sustancias solubles en hexano          | mg/l            | 0,3   | 0,3                       |
| Hidrocarburos Totales de Petróleo    | TPH                                    | mg/l            | 0,5   | 0,5                       |
| Hierro                               | Fe                                     | mg/l            | 0,3   | 0,3                       |
| Manganeso                            | Mn                                     | mg/l            | 0,1   | 0,1                       |
| Materia flotante de origen antrópico | visible                                |                 | Ausencia                                      | Ausencia                  |
| Mercurio                             | Hg                                     | mg/l            | 0,0002  | 0,0001                    |
| Níquel                               | Ni                                     | mg/l            | 0,025   | 0,1                       |
| Oxígeno Disuelto                     | OD                                     | % de saturación | > 80  | > 60                      |
| Piretroides                          | Concentración de piretroides totales   | mg/l            | 0,05  | 0,05                      |
| Plaguicidas organoclorados totales   | Organoclorados totales                 | µg/l            | 10,0  | 10,0                      |
| Plaguicidas organofosforados totales | Organofosforados totales               | µg/l            | 10,0  | 10,0                      |
| Plata                                | Ag                                     | mg/l            | 0,01  | 0,005                     |
| Plomo                                | Pb                                     | mg/l            | 0,001   | 0,001                     |
| Potencial de Hidrógeno               | pH                                     | unidades de pH  | 6,5 - 9                                       | 6,5 - 9,5                 |
| Selenio                              | Se                                     | mg/l            | 0,001   | 0,001                     |
| Tensoactivos                         | Sustancias activas al azul de metileno | mg/l            | 0,5   | 0,5                       |
| Nitritos                             | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>           | mg/l            | 0,2   |                           |
| Nitratos                             | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>           | mg/l            | 13  | 200                       |
| DQO                                  | DQO                                    | mg/l            | 40  | -                         |
| DBO <sub>5</sub>                     | DBO <sub>5</sub>                       | mg/l            | 20  | -                         |
| Sólidos Suspendedos Totales          | SST                                    | mg/l            | max incremento de 10% de la condicion natural | -                         |

*Nota.* Se permitirá la utilización de aguas que presenten turbidez y ocasionalmente niveles más altos de coliformes fecales que los indicados en la tabla, siempre y cuando las características del agua tratada cumplan con lo establecido en la Norma INEN. Tomado del TULAS.

En el caso de las aguas residuales del caso de estudio, al no poseer contaminantes o materiales derivados de industrias gracias a la inexistencia de estas en las tres comunidades evaluadas, se las considera como aguas residuales de tipo domésticas, y por ende no es necesario de un estudio avanzado o tratamiento especial para su intervención. Esto es debido a que en la mayoría de los casos, las aguas de origen doméstico presentan siempre las mismas características químicas en su composición, manteniendo un nivel de DBO y DBQ estándar que fácilmente pueden ser tratados bajo ciertas medidas aplicadas; en cambio, otros factores como el color, olor, las grasas y material disuelto son los que más poseen relevancia en el tratamiento posterior de las aguas.

## **7.5. Tipos de tratamiento**

### **7.5.1. Tratamiento Preliminar**

Como se mencionó anteriormente, es necesaria la instalación de una estructura complementaria, la cual se encargue de realizar la primera intervención directa en el caudal generado por el sistema de alcantarillado sanitario presente en las comunidades de Gualchán y Las Juntas. Para lograr esto, se optó por el uso de un separador de caudales de tipo vertedero sumergido, los cuales se encuentran en las inmediaciones del pozo 16, a 40 m de la descarga en la comunidad de Gualchán; y en el pozo 11, a 16 m de la descarga en Las Juntas. Este se encarga de reducir la cantidad de agua acumulada en el canal tras las temporadas de lluvia, aliviando de esta manera el caudal al destinar parte de él hacia una fosa séptica que se encarga de terminar el proceso de tratamiento del agua.

### **7.5.2. Tratamiento Primario**

En el caso de estudio, se dispondrá del uso de tanques sépticos como método de tratamiento principal para las aguas del sistema de alcantarillado sanitario en las tres comunidades presentes (Gualchán, Las Juntas, Espejo 2). Esto ocurre ya que al ser aguas de origen doméstico, no necesita de procedimientos avanzados para la remoción de materia del

sistema, cumpliendo con todos los requerimientos necesarios para el óptimo funcionamiento y disposición de las aguas tratadas; además, resulta ser la opción más económica encontrada, según las características de la población afectada.

## **7.6. Evaluación de Alternativas de Tratamiento del agua**

Para el caso de estudio, el número de alternativas a escoger que mejor se adapten al sistema instaurado en las tres comunidades analizadas es reducido, ya que, al provenir de domicilios, el agua del sistema de alcantarillado a tratar no requiere de grandes procesos químicos y bacteriológicos que si son utilizados cuando existen componentes más dañinos como los producidos por las industrias, empresas, restaurantes, entre otros. Teniendo en cuenta, conjunto a los datos suministrados del análisis químico realizado, la opción más viable en las tres comunidades es la de la instalación de pozos sépticos como método de tratamiento de las aguas existentes en la zona, para una mejor utilización y reutilización luego de que hayan cumplido su función en cada uno de los domicilios.

## **7.7. Selección de la Alternativa de tratamiento del agua**

### **7.7.1. Diseño de Fosa Séptica para la comunidad de Espejo 2**

A diferencia de las comunidades de Gualchán y Las Juntas, la problemática existente en la zona de Espejo 2 venía de no poseer de manera eficiente un sistema de recolección y evacuación de carácter sanitario, debido a que se encontraba fuera de los límites del trazado de alcantarillado existente en la zona; además de que la distribución de viviendas en conjunto con la corta cifra de habitantes deriva en que no sea factible implementar un sistema de aguas residuales por su alto costo de producción e instalación. Por ese motivo, la comunidad decidió en su momento ejecutar la implementación del modelo de fosas sépticas para la recolección de sus aguas residuales; sin embargo, estas no fueron realizadas de la manera más técnica posible, derivando en fallos del sistema en muchos sectores y produciendo mal olor en la zona.

Ahora bien, una vez evaluado todos los elementos y parámetros a tratar para el mejoramiento del sistema de recolección y evacuación sanitario de la comunidad de Espejo 2 se procedió con la realización de los cálculos pertinentes para la realización óptima del rediseño de los pozos sépticos. Para lograr este cometido, se evaluaron las condiciones de la zona en cuanto a elementos tales como la población existente por vivienda, el tipo de edificación a estudiar, el caudal derivado de la dotación por habitante, el período de retención derivado del caudal resultante, y finalmente la contribución de lodos de la vivienda. Todos estos elementos sirven para determinar las dimensiones mínimas para que la fosa funcione de manera correcta según sus características.

Al ser una comunidad de apenas 30 habitantes, con una tasa de crecimiento baja para los próximos treinta años y un total de 11 viviendas, se diseñó el siguiente ejemplo de fosa séptica con una estimación de 6 habitantes por edificación.

### Figura 62

*Diseño de las dimensiones del pozo séptico para una vivienda de la comunidad de Espejo 2.*

| DISEÑO DE FOSA SÉPTICA                          |                         |
|---|-------------------------|
| Tipo de Proyecto                                | Casas populares Rurales |
| Número de Habitantes                            | 6                       |
| CÁLCULOS DE FOSA SÉPTICA COMERCIAL              |                         |
| Dotación de Agua (Lts/Hab/Día)                  | 120                     |
| Caudal (Lt/Día)                                 | 720                     |
| Período de Retención (Días)                     | 1                       |
| Contribución de Lodos (Lt)                      | 0.216                   |
| Volumen de la Fosa (Lt)                         | 849.6                   |
| Volumen de la Fosa (m3)                         | 0.85                    |
| CÁLCULO DE DIMENSIONES DE LA FOSA (RECTANGULAR) |                         |
| Volumen de la Fosa (m3)                         | 0.8496                  |
| Profundidad Útil "h" (m)                        | 1                       |
| Ancho de la Fosa "a" (m)                        | 0.65                    |
| Largo de la Fosa "l" (m)                        | 1.30                    |

*Nota.* Se presenta los resultados obtenidos para el pozo septico de la cominidad Espejo 2. Elaborado por: Los Autores.

**Figura 63.**

*Nivel de dotación y contribución de lodos según el tipo de edificación.*

| TIPO DE EDIFICIO                          | UNIDAD          | DOTACION (D) | CONTRIBUCION DE LODOS (Lf) |
|---|-----------------|--------------|----------------------------|
| Ocupantes Permanentes                     |                 |              |                            |
| Hospitales                                | lt/lecho/día    | 250          | 0.4500                     |
| Departamentos                             | lt/hab/día      | 150          | 0.2700                     |
| Residentes                                | lt/hab/día      | 150          | 0.2700                     |
| Escuelas (internados)                     | lt/hab/día      | 150          | 0.2700                     |
| Casas populares rurales                   | lt/hab/día      | 120          | 0.2160                     |
| Hoteles (sin incluir cocina y lavandería) | lt/hab/día      | 120          | 0.2160                     |
| Alojamientos provisorios                  | lt/hab/día      | 80           | 0.1440                     |
| Ocupantes Transitorios                    |                 |              |                            |
| Fábrica (solo desechos domésticos)        | lt/operario/día | 70           | 0.1260                     |
| Escuelas                                  | lt/hab/día      | 50           | 0.0900                     |
| Edificios públicos y comerciales          | lt/hab/día      | 50           | 0.0900                     |
| Restaurantes                              | lt/colación/día | 25           | 0.0450                     |
| Cines y teatros                           | lt/butaca/día   | 2            | 0.0036                     |

*Nota.* Se presenta las diferentes dotaciones para tipos de edificio. Fuente: Manual para Diseñar Sistemas Tradicionales de Alcantarillado Particular (Pacheco, 2012, p. 5)

**Figura 64.**

*Período de retención derivado del caudal diario estimado.*

| CAUDAL Q (lts/día) | PERÍODO DE RETENCIÓN T (días) |
|--------------------|-------------------------------|
| < ó = 6000         | 1.00                          |
| 6000 – 7000        | 0.88                          |
| 7000 – 8000        | 0.80                          |
| 8000 – 9000        | 0.75                          |
| 9000 – 10000       | 0.70                          |
| 10000 – 11000      | 0.66                          |
| 11000 – 12000      | 0.62                          |
| 12000 – 13000      | 0.58                          |
| 13000 – 14000      | 0.54                          |
| > 14000            | 0.50                          |

*Nota.* Se presenta el periodo de retorno que corresponde según el caudal. Fuente: Manual para Diseñar Sistemas Tradicionales de Alcantarillado Particular (Pacheco, 2012)

**Figura 65.**

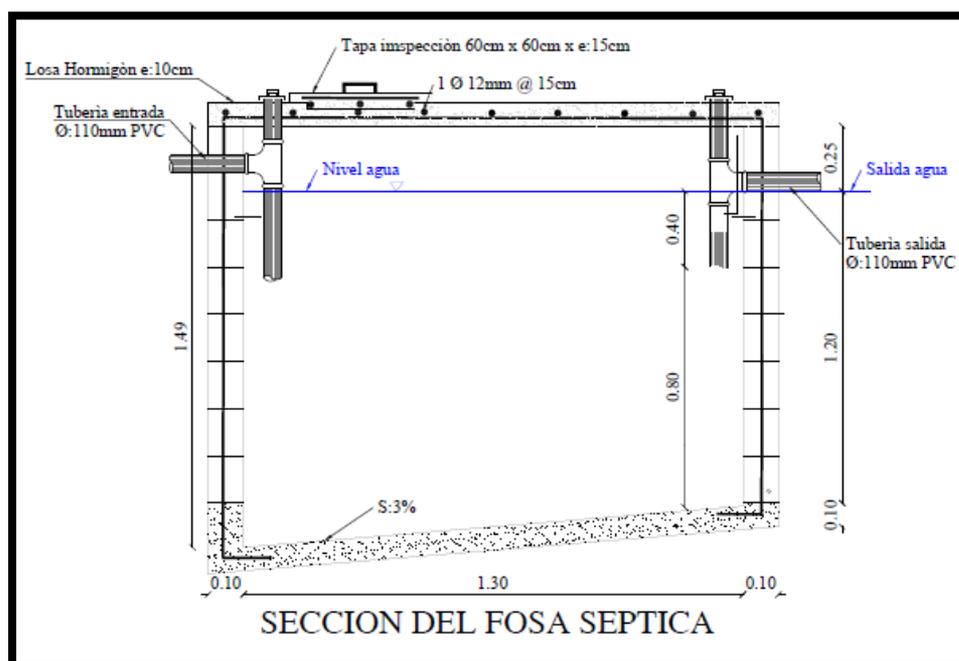
*Altura útil estimada de la fosa séptica según el caudal obtenido.*

| CAUDAL Q (lts/día) | h (metros) |
|--------------------|------------|
| < ó =750           | 1.00       |
| 750 – 2250         | 1.20       |
| 2250 – 3000        | 1.40       |
| 3000 – 4500        | 1.75       |
| 4500 – 6000        | 2.10       |
| 6000 – 7000        | 050        |
| > 7000             | 0.54       |

*Nota.* Se presenta una figura con distintas alturas con respecto al caudal. Fuente: Manual para Diseñar Sistemas Tradicionales de Alcantarillado Particular (Pacheco, 2012)

**Figura 66.**

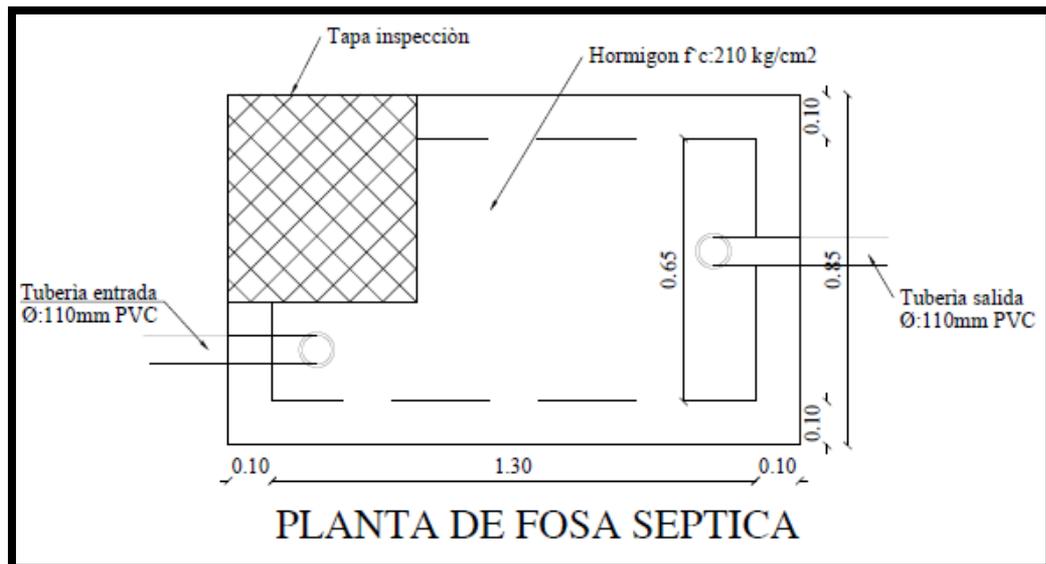
*Corte de la Fosa Séptica.*



*Nota.* Se presenta el corte de la fosa septica diseñada. Elaborado por: Los Autores.

**Figura 67.**

*Plano de dimensiones para la planta de la Fosa Séptica.*



*Nota.* Se presenta un plano en planta para la fosa séptica. Elaborado por: Los Autores.

Una vez planteado el diseño de la Fosa Séptica para cada edificación de la comunidad, es necesario detenerse a pensar el destino final del caudal efluente de dicha construcción, el cual anteriormente era el Río Blanco, lugar utilizado como balneario local o inclusive para el consumo de los habitantes. Esto suponía un alto riesgo para los usuarios al ser aguas no tratadas previamente y derivadas de un sistema sanitario para nada óptimo, por lo cual el flujo que llegaba al río contribuía a la contaminación parcial del cuerpo acuático. Es por esto que mediante la construcción y correcta instalación de las nuevas fosas sépticas se presentan dos alternativas para tratar esta situación: el diseño de un pozo absorbente o la utilización de drenes distribuidores.

### **Diseño de un pozo absorbente**

Para este caso, nos enfocamos en la posible ejecución de un pozo de absorción el cual, los cuales Pacheco (2012) define como “un pozo de forma cónica que recibirá el afluente proveniente de la fosa séptica, cuyo objetivo es realizar la infiltración de los líquidos al terreno”

(p.10). Para el diseño de esta obra, Pacheco plantea que se necesitaría una excavación hasta dar con un estrato filtrante, con un diámetro superior mínimo de 2 metros y uno inferior de 1 metro; siguiendo con un relleno de material permeable (preferiblemente grava con un diámetro nominal mayor a 3 pulgadas), hasta una altura capaz de dejar un espacio de aire de 1.50 metros desde el fondo hasta el nivel superior.

Para la cubierta se plantearía la colocación de una losa de hormigón armado que recubra el pozo en su totalidad asegurando su contenido; adicionando un sistema de ventilación el cual se compone de una tubería de PVC de por lo menos 75mm de diámetro que estaría insertada en la losa de hormigón con una longitud mínima de 3 metros.

**Figura 68.**

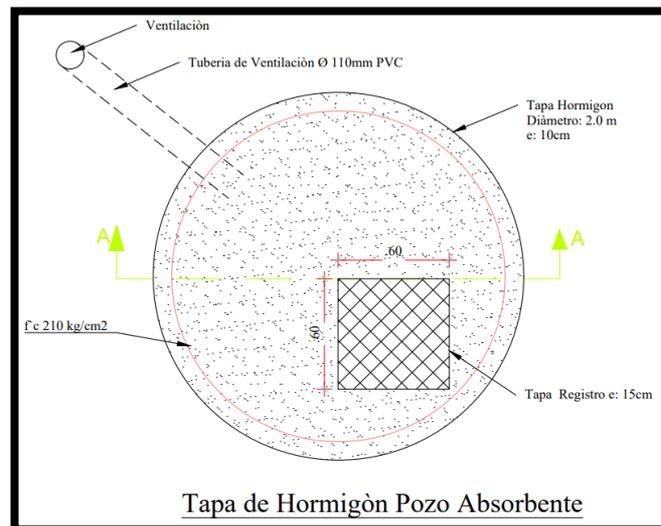
*Cálculo de las dimensiones del pozo absorbente.*

| <b>CÁLCULO DE POZO ABSORBENTE COMUNIDAD DE ESPEJO 2</b>            |      |
|--|------|
| Diámetro Superior del Pozo (m)                                     | 2    |
| Diámetro Inferior del Pozo (m)                                     | 1    |
| Diámetro Medio del Pozo (m)  | 1.5  |
| Tiempo de Ensayo de Absorción                                      | 30   |
| Coefficiente de Absorción del terreno k5 (Lts/m <sup>2</sup> /Día) | 46   |
| Altura Útil del Pozo Absorbente (m)                                | 3.32 |

*Nota.* Se presenta las dimensiones para el pozo alsorvente. Elaborado por: Los Autores.

**Figura 69.**

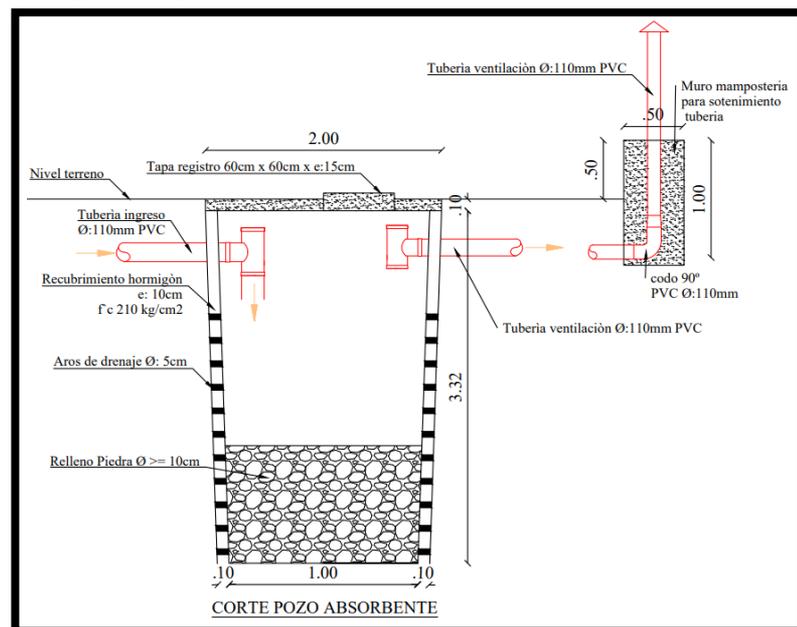
*Planos en planta del pozo absorbente.*



*Nota.* Se presenta los planos en planta del pozo absorbente. Elaborado por: Los Autores.

**Figura 70.**

*Planos del corte para el pozo absorbente.*



*Nota.* Se presenta el plano de corte para el pozo absorbente. Elaborado por: Los Autores.

Gracias a esta metodología, se estaría aprovechando de buena manera el caudal afluente de las viviendas al ser previamente filtradas por la fosa séptica, para luego ser introducidas al terreno local de una manera poco intrusiva, evitando así que sean descargadas directamente al río, ayudando a combatir la contaminación del lugar. Sin embargo, las desventajas a tener presentes en una obra de estas características es que son difíciles de ejecutar en terrenos con suelos impermeables, teniendo así que disponer mucho tiempo en excavaciones hasta dar con las condiciones idóneas para el pozo.

### **Diseño de un sistema de Drenes**

En esta sección se presentan los sistemas de drenes para infiltración del agua residual hacia el terreno, los cuales Pacheco (2012) describió como “una cámara domiciliaria de la cual se proyectan los ramales que infiltrarán los líquidos provenientes de la fosa séptica al terreno” (p.13). La estructura consiste en una tubería perforada con un diámetro mínimo de 110mm, la cual será instalada mediante excavaciones de zanjas entre 0.7m-1m, cubierta por una cama de material permeable (grava y arena), así como con una malla para evitar la lodificación en las adyacencias de la tubería. Una vez aplicado todo esto se procede a tapar con una lámina de polietileno para evitar la saturación del sistema por las aguas superficiales.

La longitud del sistema fue determinada mediante el cálculo pertinente, sin embargo, se recomienda la instalación de un separador de drenes, cuyo objetivo es dividir la longitud total resultante de la tubería en varias secciones para tener un mayor control sobre el terreno al cuál se le realizará la infiltración de las aguas residuales. Para el cálculo de la longitud del dren estimado para las viviendas de la comunidad se utilizó la siguiente fórmula:

$$L = (NxD)/(AxK5)$$

Donde:

- L=Longitud total del Dren.

- N= Número de habitantes.
- D= Dotación por habitantes.
- A= Ancho de la zanja.
- K5= Coeficiente de absorción del terreno.

**Figura 71.**

*Cálculo de Drenes Comunidad de Espejo 2.*

| CÁLCULO DE DRENES COMUNIDAD DE ESPEJO 2              |       |
|--|-------|
| Ancho de la Zanja (m)                                | 0.7   |
| Tiempo de Ensayo de Absorción (min)                  | 25    |
| Coeficiente de Absorción del Terreno k5 (Lts/m2/Día) | 37    |
| Longitud del Dren (m)                                | 27.80 |

*Nota.* Se presenta el cálculo para los drenes en Espejo 2. Elaborado por: Los Autores.

**Figura 72.**

*Indice de coeficientes de absorción del terreno según el tiempo de absorción.*

| TIEMPO<br>minutos | POZO<br>lt/m2/día | DREN<br>lt/m2/día |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| 1                 | 210               | 170               |
| 2                 | 190               | 142               |
| 3                 | 165               | 125               |
| 4                 | 148               | 105               |
| 5                 | 135               | 95                |
| 6                 | 124               | 90                |
| 7                 | 115               | 84                |
| 8                 | 107               | 78                |
| 9                 | 101               | 74                |
| 10                | 95                | 70                |
| 11                | 92                | 66                |
| 12                | 88                | 63                |
| 13                | 85                | 60                |
| 14                | 82                | 57                |
| 15                | 78                | 55                |
| 16                | 75                | 53                |
| 17                | 72                | 50                |
| 18                | 70                | 48                |
| 19                | 67                | 46                |
| 20                | 65                | 44                |

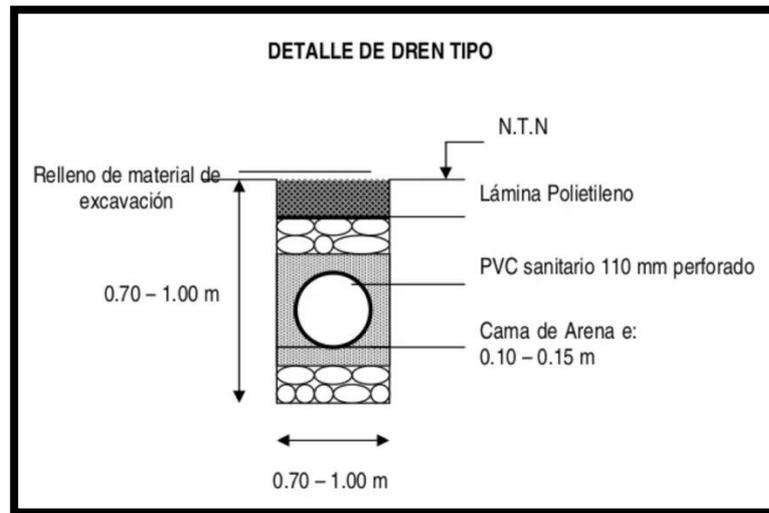
| TIEMPO<br>minutos | POZO<br>lt/m2/día | DREN<br>lt/m2/día |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| 21                | 62                | 43                |
| 22                | 60                | 41                |
| 23                | 58                | 39                |
| 24                | 56                | 38                |
| 25                | 54                | 37                |
| 26                | 52                | 36                |
| 27                | 51                | 35                |
| 28                | 49                | 34                |
| 29                | 47                | 33                |
| 30                | 46                | 32                |
| 31                | 45                | 31                |
| 32                | 44                | 30                |
| 33                | 43                | 30                |
| 34                | 42                | 29                |
| 35                | 41                | 29                |
| 36                | 40                | 28                |
| 37                | 40                | 28                |
| 38                | 39                | 27                |
| 39                | 38                | 27                |
| 40                | 37                | 26                |

| TIEMPO<br>minutos | POZO<br>lt/m2/día | DREN<br>lt/m2/día |
|-------------------|-------------------|-------------------|
| 41                | 37                | 26                |
| 42                | 36                | 25                |
| 43                | 36                | 25                |
| 44                | 35                | 25                |
| 45                | 35                | 25                |
| 46                | 35                | 25                |
| 47                | 35                | 25                |
| 48                | 35                | 25                |
| 49                | 34                | 25                |
| 50                | 34                | 25                |
| 51                | 34                |                   |
| 52                | 34                |                   |
| 53                | 34                |                   |
| 54                | 34                |                   |
| 55                | 34                |                   |
| 56                | 33                |                   |
| 57                | 33                |                   |
| 58                | 33                |                   |
| 59                | 33                |                   |
| 60                | 33                |                   |

*Nota.* Se presenta una imagen con diferentes coeficientes de absorción. Fuente: Manual para Diseñar Sistemas Tradicionales de Alcantarillado Particular (Pacheco, 2012)

**Figura 73.**

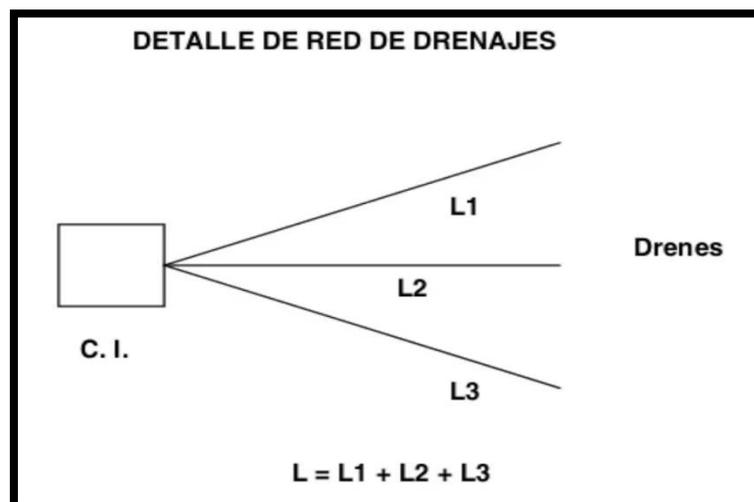
*Planos detallados de la composición del sistema de drenes.*



*Nota.* Se presenta planos detallados del sistema de drenes. Fuente: Manual para Diseñar Sistemas Tradicionales de Alcantarillado Particular (Pacheco, 2012)

**Figura 74.**

*Cámara separadora de drenes para la división de su longitud final.*



*Nota.* Se presenta la división de los drenes con respecto a la longitud final. Fuente: Manual para Diseñar Sistemas Tradicionales de Alcantarillado Particular (Pacheco, 2012)

La implementación de este sistema supondría una solución bastante conveniente para el destino final de las aguas residuales de la comunidad de Espejo 2 al utilizarlas como riego en vez de depositarlas directamente al río. Sin embargo, la desventaja que se debe prever es que no puede ser llevado en terrenos con suelos superficialmente saturados, además de que requiere bastante espacio para su utilización correcta.

#### **7.7.2. Diseño de fosa séptica para las comunidades de Gualchán y Las Juntas**

Para el caso de las zonas de Gualchán y Las Juntas, que, si cuentan con sistemas de redes de alcantarillado sanitario funcionando, se optó como la alternativa de tratamiento más óptima implementar el uso de fosas sépticas en ambas comunidades. Esto es debido a las características destacables de cada sistema, ya que al ser comunidades no tan grandes cuentan con caudales de fácil control, se pueden tratar solamente con el uso de tratamiento de tipo primario para la reducción de sólidos.

Se utilizará el diseño realizado para la comunidad de espejo 2, ya que cuenta con las bases y parámetros necesarios para el correcto funcionamiento de un sistema de tratamiento práctico y económico. Sin embargo, a diferencia del anterior diseño que fue realizado para ser instalado en cada vivienda del sector, las comunidades de Gualchán y Las Juntas contarán con un diseño de fosa séptica único que cubrirá la totalidad de habitantes en la zona debido a que estas si cuentan con un sistema de alcantarillado sanitario, facilitando de esta manera el transporte de aguas servidas hacia la fosa de tratamiento, y posteriormente a la descarga

**Tabla 59.**

*Diseño de fosa séptica de Gualchán.*

| <b>CÁLCULOS DE FOSA SÉPTICA COMERCIAL</b> |         |
|---|---------|
| Dotación de Agua                          | 120     |
| (Lts/Hab/Día)                             |         |
| Caudal (Lt/Día)                           | 33600   |
| Período de Retención (Días)               | 0.5     |
| Contribución de Lodos (Lt)                | 0.216   |
| Volumen de la Fosa (Lt)                   | 22848   |
| Volumen de la Fosa (m3)                   | 22.85   |
| <b>CÁLCULO DE DIMENSIONES DE LA FOSA</b>  |         |
| <b>(RECTANGULAR)</b>                      |         |
| Volumen de la Fosa (m3)                   | 22.8480 |
| Profundidad Útil "h" (m)                  | 0.54    |
| Ancho de la Fosa "a" (m)                  | 4.60    |
| Largo de la Fosa "l" (m)                  | 9.20    |

*Nota.* Se presenta los diseños de la fosa séptica de Gualchán. Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 60.***Diseño de fosa séptica de Las Juntas.*

| <b>CÁLCULOS DE FOSA SÉPTICA COMERCIAL</b>                  |        |
|--|--------|
| Dotación de Agua (Lts/Hab/Día)                             | 120    |
| Caudal (Lt/Día)  | 10800  |
| Período de Retención (Días)                                | 0.66   |
| Contribución de Lodos (Lt)                                 | 0.216  |
| Volumen de la Fosa (Lt)                                    | 9072   |
| Volumen de la Fosa (m3)                                    | 9.07   |
| <b>CÁLCULO DE DIMENSIONES DE LA FOSA<br/>(RECTANGULAR)</b> |        |
| Volumen de la Fosa (m3)                                    | 9.0720 |
| Profundidad Útil "h" (m)                                   | 0.54   |
| Ancho de la Fosa "a" (m)                                   | 2.90   |
| Largo de la Fosa "l" (m)                                   | 5.80   |

*Nota.* Se presenta los diseños de la fosa séptica de Las Juntas. Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 61.***Comparación directa entre los diferentes tipos de pozos en las comunidades.*

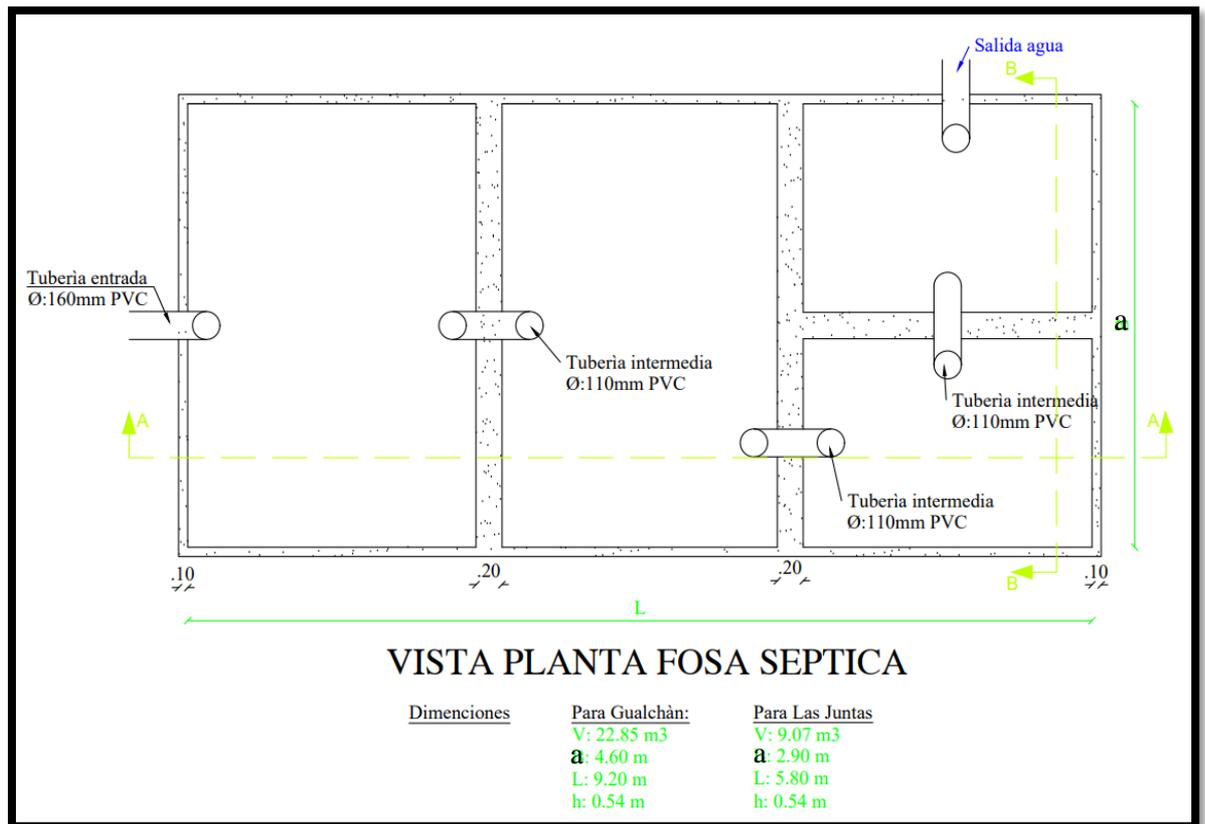
| <b>Comparación entre las diferentes fosas séptica de las comunidades de Gualchán, Las Juntas y Espejo 2</b> |                        |                             |  |                                    |                                  |                                     |                                     |
|---|------------------------|-----------------------------|--|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Comu<br/>nidade<br/>s</b>  | <b>Habit<br/>antes</b> | <b>Caudal<br/>(lts/día)</b> | <b>Periodo de<br/>retención<br/>(días)</b> | <b>Volumen de<br/>la fosa (m3)</b> | <b>Profundid<br/>ad útil "h"</b> | <b>Ancho de la<br/>fosa "a" (m)</b> | <b>Largo de la<br/>fosa "L" (m)</b> |
| Gualchán  | 295                    | 33600                       | 0.5  | 22.85                              | 0.54                             | 4.6                                 | 9.2                                 |
| Las Juntas  | 95                     | 10800                       | 0.66                                       | 9.07                               | 0.54                             | 2.9                                 | 5.8                                 |
| Espejo 2  | 6                      | 720                         | 1  | 0.85                               | 1                                | 0.65                                | 1.3                                 |

*Nota.* Se presenta la comparación de medidas entre los pozos sépticos. Fuente: Los Autores.



**Figura 76.**

*Esquema de diseño de corte para fosa séptica para Gualchan y Las Juntas.*



*Nota.* En el diseño se aprecia el funcionamiento básico de la fosa séptica, en donde el sistema se encarga de sedimentar los lodos al fondo de la cámara de inspección, para que el agua tratada pueda quedar en la superficie, pasando hacia el otro segmento de la fosa hasta llegar a la tubería de salida. Cuenta con tapas de inspección que le proporcionan un fácil acceso al momento de realizarle el mantenimiento respectivo al pozo. Elaborado por: Los Autores.

El modelo de fosa séptica para las comunidades de Gualchán y Las Juntas será el mismo instaurado en Espejo 2, cambiando las medidas ya calculadas correspondiente a cada una de las comunidades respectivamente.

### **Drenes de Gualchán**

En el caso de los drenes para la comunidad de Gualchán, se tienen los mismos modelos utilizados en el diseño de Espejo 2. Sin embargo, al ser una fosa séptica de mayores

capacidades, se requiere de una distribución mucho más grande para lograr la correcta infiltración del agua tratada a los suelos de la zona. Para esto, se estimó que los drenes de Gualchán tendrían una longitud de 55m, divididos en 20 tuberías separadas cada una a una distancia de 1.8 m, con un ancho respectivo de 0.7 metros y una profundidad de 1 m.

### **Drenes de Las Juntas**

Para la comunidad de las juntas, se tiene una longitud total de 417 m distribuidos en 20 drenes, dando un total de 20.85 metros de longitud por cada dren; igualmente con una zanja de 0.70 m enterrada a una profundidad de 1 m.

**Tabla 62.**

*Resumen de estructuras de tratamiento en cada comunidad*

| <b>RESUMEN DE ESTRUCTURAS DE TRATAMIENTO EN CADA COMUNIDAD</b> |                                   |                                      |                                    |                                 |                           |                              |
|--|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| <b>Comunidad</b>   | <b>Cantidad de fosas sépticas</b> | <b>Volumen de las fosas sépticas</b> | <b>Habitantes por fosa séptica</b> | <b>Longitud total de drenes</b> | <b>Cantidad de drenes</b> | <b>Longitud de cada dren</b> |
| Gualchán   | 1                                 | 22,85                                | 295                                | 1090,91                         | 20                        | 54,5                         |
| Las Juntas   | 1                                 | 9,07                                 | 95                                 | 417                             | 20                        | 20,9                         |
| Espejo 2   | 11                                | 0,85                                 | 6                                  | 27,8                            | 3                         | 9,3                          |

*Nota.* Se presenta el resumen de las estructuras de tratamiento en cada comunidad.

Elaborado por: Los Autores.

### **7.8. Descarga al cuerpo receptor**

Previamente, el agua residual que salía de los sistemas de alcantarillado en las comunidades de Gualchán y Las Juntas era descargado directamente en el cuerpo receptor, sin recibir ningún tipo de tratamiento que disminuyera los agentes contaminantes del agua antes de entrar a la descarga. Esto causaba un problema de contaminación de importancia en la zona, perjudicando no solo al ecosistema, sino además a las comunidades aguas abajo que se benefician del consumo diario que les produce el río.

Gracias al estudio realizado, se realizaron una serie de pruebas y ensayos para determinar las condiciones actuales en las que se encontraba el sistema de alcantarillado y las posibles alternativas a realizar para lograr su mejoramiento en beneficio de las dos comunidades que lo poseen. Entre ellas se encuentran las características químicas del agua antes de cualquier tipo de tratamiento, corroborando de esta manera que con solo la aplicación de un tratamiento primario bastaría para eliminar un porcentaje considerable de agentes contaminantes del agua domiciliaria, y que su entrada al cuerpo receptor se logre de una manera más segura.

El funcionamiento del sistema consiste en que el flujo de agua llega al separador de caudales, el cual consiste en un vertedero que desviará una gran cantidad de agua al tratamiento escogido (en este caso se trata del pozo séptico) mediante un conducto gracias al desvío causado por el separador.

Luego, el caudal excedente de esa separación pasará a la estructura de descarga, que consiste en un dissipador de impacto que disminuirá la velocidad del flujo gracias al choque producido entre el agua y la estructura perpendicular al sentido que lleva el conducto, que se basa en una especie de lámina o pared con la que el agua choca y reduce la inercia que llevaba el agua en los tramos anteriores. De esta manera se asegura una incorporación segura al cuerpo receptor, ya que el porcentaje de agua que llegará es mucho menor que en el planteamiento original de las comunidades y con una velocidad controlable; además, los porcentajes de DBO y DBQ obtenidos en las pruebas de laboratorio indican que mediante la oxigenación natural del río gracias a su corriente, se eliminan los agentes contaminantes sobrantes del flujo mediante la acción natural del medio ambiente.

### **7.9. Planos descriptivos del proyecto**

Los planos descriptivos del proyecto se encuentran en la sección de anexos, en donde se podrán detallar de una manera más específica las especificaciones técnicas realizadas.

## **7.10. Discusión**

La investigación realizada evaluó el estado físico y la eficiencia del sistema de recolección de aguas servidas presente en las comunidades Las Juntas, Espejo 2 y Gualchán. Para esto, se realizaron inspecciones de campo y se aplicaron conocimientos técnicos y normativas vigentes, con el objetivo de plantear alternativas que permitieran una correcta recolección de las aguas residuales y su posterior tratamiento.

En primer lugar, se procedió a la recolección de los datos en el sitio de estudio, los cuales fueron posteriormente procesados y analizados mediante el uso de una variedad de herramientas y operaciones disponibles en el software Excel. Una vez registrados, se procedió a la clasificación y categorización de los mismos, siguiendo las directrices y estándares establecidos por la normativa vigente para el diseño de sistemas de alcantarillado, en este caso, la normativa EMAAP-Q. De esta manera, se pudo verificar y comprobar momentáneamente la estabilidad del sistema de alcantarillado en cuestión, considerando las limitaciones establecidas por la norma, para su correcto funcionamiento.

Posteriormente, se procedió a utilizar el software simulador SewerCAD para evaluar el estado físico del sistema de alcantarillado. Después de llevar a cabo dicha evaluación, se encontró que a pesar de haber transcurrido varios años desde su instalación, el sistema continuaba funcionando adecuadamente. No obstante, se propuso la necesidad de realizar mejoras con el fin de optimizar el proceso de recolección de aguas residuales, ya que se encontró que en algunos tramos del sistema de recolección de aguas servidas, que los datos estaban muy cercanos a los límites establecidos por la normativa vigente para diseño de sistema de alcantarillados EMAAP-Q. Por ende, se sugirió agregar tres tramos en la zona de Gualchán y uno en Las Juntas, para mejorar el funcionamiento del sistema y prolongar su vida útil.

### **7.10.1. Tramos de Gualchán**

En este informe se evaluará el cumplimiento de los parámetros establecidos por la EMAAP-Q en relación a las velocidades mínimas y máximas del sistema de alcantarillado propuesto para la comunidad de Gualchán en los tramos del colector principal, tramos 1 al 4 y los tramos propuestos a futuro que son los 5, 6 y 7.

en los tramos propuestos a futuro que son los 5, 6 y 7 se obtuvieron velocidades mínimas de 1.06 m. De acuerdo a los datos obtenidos en el colector principal es de 3.08 m/s, los tramos del 1 al 4 se obtuvieron velocidades máximas de 0.89 m/s, 1.24 m/s, 2.30 m/s y 0.93 m/s respectivamente y en los tramos propuestos a futuro que son los 5, 6 y 7 se obtuvieron velocidades máximas de 2.35 m/s, 1.84 m/s y 0,78 m/s respectivamente Se puede concluir que todas las velocidades máximas obtenidas en los tramos cumplen con el parámetro establecido por la EMAAP-Q, ya que son inferiores a 5 m/s.

Por otro lado, la velocidad mínima permitida por la EMAAP-Q para el sistema de alcantarillado es de 0.6 m/s. En cuanto a las velocidades mínimas obtenidas en el colector principal es de 2.77 m/s tramos del 1 al 4, se obtuvieron valores de 0.88 m/s, 1.24 m/s, 2.27 m/s y 0.93 m/s respectivamente y en los tramos propuestos a futuro que son los 5, 6 y 7 se obtuvieron velocidades mínimas de 1.06 m/s, 1.83 m/s y 0,78 m/s respectivamente. A pesar de que la velocidad mínima permitida por la EMAAP-Q es de 0.6 m/s, se puede observar que todas las velocidades mínimas obtenidas en los tramos son superiores a este valor, lo que indica que el sistema de alcantarillado propuesto para la comunidad de Gualchán cumple con este parámetro.

En base a los datos analizados en este informe, se puede concluir que el sistema de alcantarillado propuesto para la comunidad de Gualchán cumple con los parámetros establecidos por la EMAAP-Q en relación a las velocidades mínimas y máximas en los tramos del colector principal, tramos del 1 al 4 y los tramos propuestos a futuro que son los 5, 6 y 7.

Es importante destacar que cumplir con estos parámetros es fundamental para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y evitar problemas futuros.

#### **7.10.2. Tramos de Las Juntas**

Se evaluaron las velocidades máximas y mínimas, así como las pendientes obtenidas en el tramo, comparándolas con los valores permitidos por la EMAAP-Q. Los resultados indican que el tramo del colector principal con 4.24 m/s, en los tramos 2 y 3 se obtuvieron valores de 1.12 m/s, 1.08 m/s respectivamente, en el tramo propuesto a futuro que es el 4 se obtuvieron velocidades máximas de 1.18 m/s, cumple con los parámetros establecidos en cuanto a velocidades máximas no mayores 5 m/s y pendientes, lo que garantiza su correcto funcionamiento y eficiencia.

El sistema de alcantarillado es una parte fundamental de la infraestructura urbana, ya que permite el transporte y tratamiento de las aguas residuales generadas por la población. Es por ello que su diseño y construcción deben cumplir con los parámetros establecidos en las normas para garantizar su eficiencia y minimizar los riesgos para la salud pública y el medio ambiente.

En este contexto, el tramo 4 del sistema de alcantarillado propuesto para la comunidad de Las Juntas ha sido objeto de análisis en este estudio. Se evaluaron las velocidades máximas y mínimas obtenidas en el tramo, así como las pendientes, comparándolas con los valores permitidos por la EMAAP-Q.

Los resultados obtenidos indican que las velocidades máximas obtenidas en el tramo 4 son de 1.18 m/s y 0.93 m/s, valores por debajo del límite permitido por la EMAAP-Q de 5 m/s. Asimismo, las velocidades mínimas obtenidas son de 0.96 m/s y 0.747 m/s, lo que también cumple con los parámetros establecidos.

En cuanto a las pendientes, éstas son de 3.5% y 1.7%, valores dentro de los límites recomendados de 8-10%. Cabe destacar que la pendiente de un tramo del sistema de

alcantarillado es un factor crítico que afecta directamente la capacidad de autolimpieza del sistema y el control de gases, por lo que se debe prestar especial atención a este aspecto durante el diseño y construcción.

Los resultados obtenidos en este estudio indican que el colector principal los tramos 2,3 y los tramos a futuro tramos 4 del sistema de alcantarillado propuesto para la comunidad de Las Juntas cumple con los parámetros establecidos en las normas en cuanto a velocidades y pendientes, lo que garantiza su correcto funcionamiento y eficiencia.

En conclusión, el análisis de cumplimiento de parámetros en el tramo 4 del sistema de alcantarillado propuesto para la comunidad de Las Juntas indica que éste cumple con los valores permitidos por la EMAAP-Q en cuanto a velocidades máximas y mínimas, así como a las pendientes. Es fundamental que los parámetros establecidos en las normas sean cumplidos durante el diseño y construcción de sistemas de alcantarillado para garantizar su eficiencia y minimizar los riesgos para la salud pública y el medio ambiente.

### **7.10.3. Tratamiento**

En relación al tratamiento de las aguas residuales del sistema de alcantarillado, se procedió a diseñar alternativas de tratamiento que permitieran un adecuado tratamiento de las aguas residuales y disminuyeran los posibles efectos adversos en el medio ambiente y la salud pública. Para ello, se evaluaron diversas alternativas técnicas, considerando tanto su factibilidad técnica como su viabilidad económica, y se diseñaron alternativas de tratamiento como pozos sépticos y drenes.

En específico, se diseñó un sistema de pozos sépticos para las tres comunidades, el cual consta de dos cámaras que separan las aguas servidas en tres fases: sólidos, líquidos y grasas. Estas aguas residuales son procesadas en el primer pozo séptico, donde los sólidos se acumulan en el fondo y las grasas flotan en la superficie, mientras que los líquidos pasan a través de una

tubería hacia el segundo pozo séptico, donde se procesan los sólidos restantes y las grasas que quedaron en el líquido.

Luego del proceso de pozos sépticos, se pasa a un sistema de drenes que consta de un foso de recolección de aguas servidas, donde se acumulan las aguas residuales. Estas aguas son posteriormente bombeadas a través de una tubería hacia un sistema de drenes que se extienden y dividen en un área del terreno en la comunidad presente, donde son filtradas y procesadas antes de ser descargadas en el suelo. En general, estas alternativas de tratamiento permitirían tratar de manera adecuada las aguas residuales generadas por el sistema de alcantarillado y reducir los posibles efectos negativos en el medio ambiente y la salud pública. Cabe destacar que la selección de estas alternativas se realizó considerando las normativas y estándares vigentes en materia de tratamiento de aguas residuales y con el objetivo de cumplir con los requerimientos técnicos y ambientales necesarios.

#### **7.10.4. Mantenimiento**

Por último, se sugirió realizar un mantenimiento preventivo al sistema de alcantarillado con el fin de asegurar su correcto funcionamiento en el largo plazo y prevenir problemas mayores que podrían afectar su eficiencia y generar riesgos para la salud pública y el medio ambiente. El mantenimiento preventivo es una actividad que se realiza de forma programada y regular, con el objetivo de identificar y corregir posibles fallos o averías en el sistema antes de que se conviertan en un problema mayor.

Esta actividad incluye inspecciones, limpiezas, reparaciones, y sustitución de elementos deteriorados, entre otros aspectos, y se lleva a cabo en función del estado y las necesidades específicas del sistema en cuestión.

En conclusión, la investigación realizada permitió evaluar el estado físico y la eficiencia del sistema de recolección de aguas servidas presente en las comunidades Las Juntas, Espejo 2 y Gualchán. Además, se plantearon alternativas de mejora y tratamiento de las aguas

residuales, así como la necesidad de realizar mantenimiento preventivo para garantizar el correcto funcionamiento del sistema a largo plazo.

## CAPÍTULO VIII

### EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

#### **Antecedentes**

En Ecuador, actualmente ocurre un proceso transitorio enfocado principalmente en la incentivación del desarrollo de las políticas ambientales, ya que existen debilidades en los organismos al momento de ejecutarlas en la elaboración de los proyectos venideros. Entre las debilidades recalçadas podemos mencionar una existente falta de compromiso y orden al momento de ejercer las decisiones políticas en pro del ambiente; unos escasos diseños que realmente sean ejecutables en los proyectos y una continua falla en los procesos, siendo catalogados como deficientes en muchas ocasiones.

Para solventar esta problemática, fue creado el ministerio del Medio Ambiente, Agua y Transición Ecológica, de manera que se pudiera regular la falta de gestión existente en el país para proyectos ambientales. Según nos indica la página web del ministerio (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2022), su misión es la siguiente:

Garantizar la calidad, conservación y sostenibilidad de los recursos naturales, mediante el ejercicio efectivo de la rectoría, planificación, regulación, control, coordinación y gestión ambiental y de los recursos hídricos, a través de la participación de organizaciones públicas, privadas, comunitarias y la ciudadanía, en el marco del respecto, integridad, responsabilidad y transparencia (p. 1).

#### **8.1. Descripción del proyecto**

El proyecto consta de la evaluación y el rediseño de los sistemas de alcantarillado y traslado de aguas residuales de las comunidades de Gualchan, Las Juntas y Espejo 2, siendo esta última la única que no cuenta con un alcantarillado previamente instalado, basando el funcionamiento de su sistema de aguas en la utilización de pozos sépticos realizados en condiciones precarias.

Las comunidades de Gualchan y Las Juntas ya contaban con un sistema de alcantarillado realizado para el transporte y descarga de sus aguas residuales; sin embargo, no se había realizado de la manera más óptima, ya que no se contaba con un proceso de tratamiento de aguas adecuado para la zona. Por ende, las aguas residuales de los domicilios terminaban su ciclo siendo descargadas directamente en el cuerpo receptor, lo cual generaba a mediano y largo plazo una contaminación en el río aguas abajo, afectando a todas las comunidades aledañas.

Para mitigar el daño causado al medio ambiente, se propuso la realización de un sistema alternativo de tratamiento de las aguas residuales para las tres comunidades afectadas; pasando previamente por un análisis de los sistemas actuales para corroborar su funcionamiento y opciones más rentables de instalar el tratamiento necesario. Para lograr esto, fue necesario de una evaluación profunda de la zona (tanto en ámbitos sanitarios, como topográficos), con el objetivo de lograr una idealización de las condiciones actuales de los sistemas, y de las posibles propuestas de mejoramiento que se puedan realizar en la zona dependiendo de las condiciones actuales.

Con el fin de conocer las características actuales del agua, se realizaron análisis químicos que reflejan el estado en el que se encuentran las aguas residuales provenientes de los domicilios. De esta manera, se comparan los datos obtenidos con los que se emplean en la normativa del TULAS; logrando conocer el tipo de tratamiento más adecuado para las tres comunidades según los parámetros del análisis.

## **8.2. Diagnóstico ambiental del sector**

Las comunidades estudiadas en su mayoría vienen siendo afectadas debido a las condiciones precarias en las que se encontraban las instalaciones de los sistemas de alcantarillado y traslado de aguas sanitarias, teniendo que lidiar muchas veces con las filtraciones en los pozos sépticos que provocaban mal olor en la zona (comunidad de Espejo

2); además de una constante contaminación del río debido a la realización directa de las descargas de aguas domiciliarias sin previo tratamiento (Gualchan y Las Juntas). Esta situación es preocupante, debido a que la zona es caracterizada por ser el albergue de un montón de turistas durante el año, ya que existen bellezas naturales que potencian el turismo de la región gracias a los diversos tours que se ofrecen. Uno de los atractivos naturales más importantes de la zona es el Río Blanco, quien es descrito por la Gobernación de Carchi (Gobernación de la provincia de Carchi, n.d.) de la siguiente manera:

El río presenta un paisaje heterogéneo ya que se puede observar remanentes de bosque nativo al igual que cultivos propios de la zona y pastizales. También se aprecian pendientes suaves y fuertes con relieves ondulados y montañosos. El clima es ecuatorial mesotérmico semi húmedo. (p. 2)

Las continuas descargas de aguas residuales al Río Blanco ocasionan que las condiciones naturales del río se vayan perdiendo con el tiempo; que el agua vaya perdiendo su color hasta volverse turbia, y el mal olor cada vez más vaya ganando notoriedad. Esto produce que se reduzcan significativamente las propiedades del agua que fluye, afectando gravemente tanto al ecosistema, como a las comunidades aguas abajo que utilicen el río para su consumo diario.

La provincia también es conocida por su ganadería y agricultura, lo cual genera a su vez una fijación hacia los suelos de las comunidades y sus usos. En el caso de comunidades como Espejo 2, en donde se producen malos olores constantes debidos a los pozos sépticos mal diseñados, actividades como la agricultura sería impensable, incluso para uso de los nativos. Las malas condiciones en las que se encuentra tratada el agua de la zona contamina los suelos, afectando una cantidad significativa de hectáreas que pudieran ser aprovechadas de una mejor manera por los locales.

### **8.3. Medio Físico**

El medio físico son aquellos elementos que tienen influencia directa en los seres vivos de una determinada zona, en donde se destacan factores como la temperatura, el nivel de humedad, el clima y el suelo. Estos son los encargados de afectar las condiciones en las que se puede mantener un ecosistema, influyendo sobre todo en la vegetación, ya que esta es capaz de modificar el medio físico que les rodea.

El clima es cálido y templado. Gualchán tiene una cantidad significativa de lluvia durante el año. Esto es cierto incluso para el mes más seco (Climate-data.org, 2019).

Las temperaturas son bajas (12° C y 18°), pertenecientes a climas andinos de montaña. Según la clasificación climática de Pierre Pournut (1995), la parroquia El Goaltal presenta la categoría correspondiente al clima ecuatorial mesotérmico semi húmedo. Según (Diagnostico El Goaltal, 2016): “La humedad dada por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología es relativa en la parroquia es alta, con valores medios anuales superiores al 70%.” (p.37).

Con respecto al suelo, en las comunidades estudiadas este suele tener ciertos usos varios, que van desde la conservación de la vida silvestre, hasta los cultivos y la agricultura. Actualmente, los bosques nativos son los que más presencia tienen en el territorio, ocupando más del 75.5% del área disponible en el Goaltal.

### **8.4. Medio Biótico**

La realización del Medio Biótico en un estudio ambiental conlleva una gran responsabilidad e importancia, ya que se trata del estudio de la flora y la fauna existente en el territorio de investigación; importante para determinar los posibles cambios a realizar en el proyecto desarrollado, sin afectar de manera directa al ecosistema presente. Según el ministerio de ambiente de Colombia (2018), el medio biótico tiene como finalidad lo siguiente:

Suministrar la información relacionada con las características cualitativas y cuantitativas de los componentes del medio biótico que configuran los ecosistemas

presentes en el área de estudio, determinando su funcionalidad y estructura, como un referente de estado inicial previo a la ejecución de alguna de las alternativas del proyecto. (p. 3)

#### **8.4.1. Flora**

La región se caracteriza por la inmensa cantidad de bosque nativo existente, ocupando un 75% de las hectáreas totales en el territorio. A su vez, se pueden encontrar una gran cantidad de orquídeas, musgos y helechos arbóreos que adornan toda la zona.

#### **8.4.2. Fauna**

Según indica el diario El Popular (2019), en la provincia se pueden avistar una gran variedad de mamíferos y reptiles, siendo los más comunes los osos, guantas y serpientes. Además, en las zonas más frías del páramo se encuentran lobos, marsupiales, conejos y demás especies.

En las comunidades estudiadas, al ser zonas en donde resalta la humedad gracias a los cuerpos de agua cercanos, es común encontrarse con sapos, truchas y muchas mariposas de todos los tipos.

### **8.5. Medio Socio-Económico**

Al tratarse de comunidades rurales, la actividad económica suele variar en muchos ámbitos; yendo desde la producción de cultivo para consumo local, hasta la ganadería y el negocio de los bosques con la tala de árboles. Sin embargo, la mayoría de las actividades agrícolas no son remuneradas.

En el área de comercialización de productos locales, se ve una dominancia de parte de terceros e intermediarios, los cuales se encargan de la venta y procesamiento de lo que se realiza en las comunidades, derivando en un problema de rentabilidad que afecta a la producción agropecuaria del territorio. Además de esto, una constante problemática es la poca oferta de infraestructuras de riego en la zona, obteniendo como resultado una baja capacidad

para mantener las prácticas agrícolas, que sin duda beneficiarían a la economía de las comunidades. Esta situación produce que los cultivos sean de una menor calidad, y al no dotarlos con una cantidad suficiente de agua se generan plagas y enfermedades que afectan a toda la parroquia.

Para el apartado de la vivienda, se observa una similitud en todos los aspectos morfológicos, tecnológicos y decorativos, siguiendo una tendencia de construcción con ladrillos, bloques o madera. Por otro lado, según datos oficiales suministrados por el INEC (2010), la gran mayoría de los domicilios cuenta con servicio de agua mediante tuberías, pudiendo ser obtenida dentro del inmueble como fuera en otras localidades; y en un menor grado existen las otras viviendas que no cuentan con suministro de agua por tuberías, sino que depende de otros medios para su obtención.

#### **8.6. Identificación de impactos ambientales**

Una de las acciones primordiales antes de realizar un proyecto o estudio que tenga vínculos directos o indirectos con el medio ambiente, es necesario caracterizar e identificar los posibles impactos que este pueda tener en el ecosistema que lo rodea al momento de realizar la intervención. De esta manera, se logran mitigar los posibles daños realizados al anticipar las acciones, en conjunto con sus consecuencias más significativas y las soluciones más óptimas que se puedan realizar para lograr reducir su impacto ambiental.

En proyectos de tipo sanitario, normalmente suele haber una intervención directa en uno o más factores que influyan en el medio ambiente, sobre todo los de tratamiento de aguas residuales, ya que estas contienen en su composición una gran variedad de agentes contaminantes que si no son tratados de una manera adecuada, pueden terminar ocasionando daños de suma importancia al ecosistema. Por ejemplo, cuando una comunidad descarga el agua servida de sus domicilios directamente en un cuerpo de agua receptor, este se ve perjudicado a mediano y largo plazo, tendiendo a perder sus propiedades naturales y afectando

a la biodiversidad que vive de él; así como todas las comunidades aguas abajo que utilizan esa agua para consumo diario.

Este es el caso de las comunidades analizadas en el caso de estudio; al no cumplir con un sistema alternativo de tratamiento para sus aguas residuales, estas se descargan directamente en el río. Esto resulta en un impacto ambiental a primera vista moderado, ya que las aguas contaminadas suelen ser las principales causantes de enfermedades en las comunidades rurales.

### **8.7. Valoración de los impactos ambientales**

Para la valoración de los impactos proporcionados por el proyecto desarrollado hacia al ambiente, es necesario ordenar a través de una tabla o matriz que permita visualizar de manera controlada cada uno de los factores más influyentes de los procesos de un proyecto al ecosistema. Para lograr este cometido, fue necesario de la utilización de ciertos parámetros ya establecidos por Salas (2017), en su video explicativo de cómo realizar correctamente una matriz de impactos ambientales, herramienta que resulta bastante útil para el propósito buscado en el estudio.

La matriz se basa en la inspección y experiencia del usuario para determinar las posibles actividades que más influencia tengan sobre el medio ambiente, catalogándolas como de significancia baja, media o alta según su impacto. Para esto, es necesario de la evaluación de factores como la probabilidad, el alcance, la recuperabilidad, la cantidad y el requisito legal; multiplicando al final el resultado de la evaluación de cada una, que deriva en la interpretación final del estudio ambiental de acuerdo a la significancia obtenida, y las posibles acciones a realizar para contrarrestar sus efectos.

**Figura 77.**

*Matriz de impactos ambientales.*

| MATRIZ PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES |   |   |   |   |              |          |         |                 |          |                 |                    |                     |   |
|--|---|---|---|---|--------------|----------|---------|-----------------|----------|-----------------|--------------------|---------------------|---|
| Zona/Lugar   | Proceso                                 | Actividades                                 | Aspecto   | Impacto                                       | Probabilidad | Duración | Alcance | Recuperabilidad | Cantidad | Requisito legal | total              | Interpretación      | Control operacional en términos de eliminación y sustitución.                             |
| Gualchán/Las Juntas  | Construcción de los pozos sépticos      | Elaboración de las zanjas                   | Remoción de capa vegetal                                | Daños locales a la vegetación                 | 10           | 5        | 1       | 5               | 1        | 10              | 2500               | Significancia baja  | N/A   |
|  |   |   | Transporte, acarreo y acumulación de material           | Aumento de los niveles de ruido               | 5            | 1        | 1       | 1               | 1        | 10              | 50                 | Significancia baja  | N/A   |
|  |   | Premezclado del concreto para la estructura | Uso de cemento, piedra y agua                           | Emisión de Co2 a la atmósfera                 | 10           | 1        | 5       | 1               | 1        | 10              | 500                | Significancia baja  | Controlar la cantidad de concreto que se vaya a utilizar para evitar una sobre exposición |
|  |   |   | Uso de mezcladoras de cemento                           | Aumento de los niveles de ruido               | 5            | 5        | 1       | 1               | 1        | 10              | 250                | Significancia baja  | N/A   |
|  |   | Instalación de las tuberías                 | Excavación del suelo para el paso de tuberías           | Alteración del suelo                          | 10           | 10       | 5       | 5               | 5        | 1               | 12500              | Significancia baja  | Supervisar minuciosamente el proceso de excavado para evitar daños mayores                |
|  |   | Mantenimiento frecuente                     | Suspensión momentánea del servicio                      | Acumulación de desechos                       | 5            | 5        | 5       | 1               | 1        | 1               | 125                | Significancia baja  | No sobrepasar el tiempo de suspensión para evitar acumulaciones indeseadas                |
|  | Extracción y almacenamiento de desechos |   | Mejoramiento de la calidad de agua del sistema          | 5   | 5            | 5        | 5       | 1               | 10       | 6250            | Significancia baja | N/A                 |   |
|  | Descarga                                | Descarga de las aguas residuales            | Contacto de las aguas residuales con el cuerpo receptor | Alteración de la calidad del agua superficial | 10           | 5        | 5       | 5               | 5        | 10              | 62500              | Significancia media | Capacitación en el proceso de tratamiento de aguas de alcantarillado                      |
|  |   |   |   | Riesgo de contaminación del cuerpo receptor   | 5            | 5        | 5       | 5               | 5        | 10              | 31250              | Significancia media | Analizar periódicamente la composición química del agua tratada en las comunidades        |

*Nota.* Se presenta la matriz de impactos ambientales para la comunidad de Gualchán y Las Juntas. Elaborado por: Los Autores.

**Figura 78.**

*Matriz de impactos ambientales Espejo 2.*

| MATRIZ PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES |  |   |   |                                 |              |          |         |                 |          |                    |       |                    |   |
|--|--|---|---|---------------------------------|--------------|----------|---------|-----------------|----------|--------------------|-------|--------------------|---|
| Zona/Lugar   | Proceso  | Actividades                                 | Aspecto                                       | Impacto                         | Probabilidad | Duración | Alcance | Recuperabilidad | Cantidad | Requisito legal    | total | Interpretación     | Control operacional en términos de eliminación y sustitución.                             |
| Espejo 2   | Construcción de los pozos sépticos             | Elaboración de las zanjas                   | Remoción de capa vegetal                      | Daños locales a la vegetación   | 10           | 5        | 1       | 5               | 1        | 10                 | 2500  | Significancia baja | N/A   |
|  |  |   | Transporte, acarreo y acumulación de material | Aumento de los niveles de ruido | 5            | 1        | 1       | 1               | 1        | 10                 | 50    | Significancia baja | N/A   |
|  |  | Premezclado del concreto para la estructura | Uso de cemento, piedra y agua                 | Emisión de Co2 a la atmósfera   | 10           | 1        | 5       | 1               | 1        | 10                 | 500   | Significancia baja | Controlar la cantidad de concreto que se vaya a utilizar para evitar una sobre exposición |
|  |  |   | Uso de mezcladoras de cemento                 | Aumento de los niveles de ruido | 5            | 5        | 1       | 1               | 1        | 10                 | 250   | Significancia baja | N/A   |
|  |  | Instalación de las tuberías                 | Excavación del suelo para el paso de tuberías | Alteración del suelo            | 10           | 10       | 5       | 5               | 5        | 1                  | 12500 | Significancia baja | Supervisar minuciosamente el proceso de excavado para evitar daños mayores                |
|  |  | Mantenimiento frecuente                     | Suspensión momentánea del servicio            | Acumulación de desechos         | 5            | 5        | 5       | 1               | 1        | 1                  | 125   | Significancia baja | No sobrepasar el tiempo de suspensión para evitar acumulaciones indeseadas                |
| Extracción y almacenamiento de desechos  | Mejoramiento de la calidad de agua del sistema |   | 5   | 5                               | 5            | 5        | 1       | 10              | 6250     | Significancia baja | N/A   |                    |   |

*Nota.* Se presenta la matriz de impactos ambientales para la comunidad Espejo2. Elaborado por: Los Autores.

**Figura 79.**

*Matriz para la mitigación de impactos ambientales de Gualchán/Las Juntas.*

| MATRIZ PARA LA MITIGACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zona/Lugar  | Proceso                                 | Actividades                                 | Aspecto   | Impacto   | Medidas Propuestas  | Indicadores   | Medio de verificación                                     |
| Gualchán/Las Juntas                               | Construcción de los pozos sépticos      | Elaboración de las zanjas                   | Remoción de capa vegetal                                | Daños locales a la vegetación   | Restaurar las áreas verdes dañadas en el proceso o incentivar a la creación de nueva vegetación en zonas cercanas                       | Cantidad de m2 afectados en la elaboración de las zanjas  | M2 de áreas verdes afectadas vs m2 de áreas verdes nuevas |
|   |   |   | Transporte, acarreo y acumulación de material           | Aumento de los niveles de ruido   | Establecer un horario para el acarreo de materiales; además de la prohibición de bocinas y cornetas por parte de los vehículos de carga | Incumplimiento de los límites establecidos por la norma para la producción del ruido en las comunidades | Reportes de monitoreo de ruido                            |
|   |   | Premezclado del concreto para la estructura | Uso de cemento, piedra y agua                           | Emisión de Co2 a la atmósfera   | Realizar un correcto diseño de mezcla, evitando los excesos que puedan derivar en una mayor producción de Co2                           | Cantidad de exceso de mezcla realizada en las operaciones   | N/A   |
|   |   |   | Uso de mezcladoras de cemento                           | Aumento de los niveles de ruido   | Respetar el horario establecido para las operaciones de mayor generación de ruido   | Incumplimiento de los límites establecidos por la norma para la producción del ruido en las comunidades | Reportes de monitoreo de ruido                            |
|   |   | Instalación de las tuberías                 | Excavación del suelo para el paso de tuberías           | Alteración del suelo  | Cuidado específico en la alteración de la composición de los suelos afectados   | Relieve final del proyecto  | Reporte de excavaciones                                   |
|   |   | Mantenimiento frecuente                     | Suspensión momentánea del servicio                      | Acumulación de desechos   | No sobrepasar el tiempo de suspensión para evitar acumulaciones indeseadas  | Frecuencia de las operaciones de mantenimiento realizadas por año                                       | Reporte de mantenimiento                                  |
|   | Extracción y almacenamiento de desechos |   | Mejoramiento de la calidad de agua del sistema          | Realizar una correcta realización de las operaciones de mantenimiento siguiendo al pie de la letra lo estipulado en el manual | Frecuencia de las operaciones de mantenimiento realizadas por año   | Reporte de mantenimiento  |   |
|   | Descarga                                | Descarga de las aguas residuales            | Contacto de las aguas residuales con el cuerpo receptor | Alteración de la calidad del agua superficial   | Realizar una capacitación en el proceso de tratamiento de aguas de alcantarillado   | Cantidad de m3 que terminan en la descarga  | Reporte de niveles químicos del agua                      |
|   |   |   |   | Riesgo de contaminación del cuerpo receptor   | Analizar periódicamente la composición química del agua tratada en las comunidades  | Cantidad de m3 que terminan en la descarga  | Reporte de niveles químicos del agua                      |

*Nota.* Se presenta la matriz de impactos ambientales para la comunidad de Gualchán y Las Juntas. Elaborado por: Los Autores.

**Figura 80.**

*Matriz para la mitigación de impactos ambientales de Espejo 2.*

| MATRIZ PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES |                                    |   |   |  |   |   |   |
|--|------------------------------------|---|---|--|---|---|---|
| Zona/Lugar   | Proceso                            | Actividades                                 | Aspecto                                       | Impacto  | Medidas Propuestas  | Indicadores   | Medio de verificación                                     |
| Espejo 2   | Construcción de los pozos sépticos | Elaboración de las zanjas                   | Remoción de capa vegetal                      | Daños locales a la vegetación                  | Restaurar las áreas verdes dañadas en el proceso o incentivar a la creación de nueva vegetación en zonas cercanas                       | Cantidad de m2 afectados en la elaboración de las zanjas  | M2 de áreas verdes afectadas vs m2 de áreas verdes nuevas |
|  |                                    |   | Transporte, acarreo y acumulación de material | Aumento de los niveles de ruido                | Establecer un horario para el acarreo de materiales; además de la prohibición de bocinas y cornetas por parte de los vehículos de carga | Incumplimiento de los límites establecidos por la norma para la producción del ruido en las comunidades | Reportes de monitoreo de ruido                            |
|  |                                    | Premezclado del concreto para la estructura | Uso de cemento, piedra y agua                 | Emisión de Co2 a la atmósfera                  | Realizar un correcto diseño de mezcla, evitando los excesos que puedan derivar en una mayor producción de Co2                           | Cantidad de exceso de mezcla realizada en las operaciones   | N/A   |
|  |                                    |   | Uso de mezcladoras de cemento                 | Aumento de los niveles de ruido                | Respetar el horario establecido para las operaciones de mayor generación de ruido   | Incumplimiento de los límites establecidos por la norma para la producción del ruido en las comunidades | Reportes de monitoreo de ruido                            |
|  |                                    | Instalación de las tuberías                 | Excavación del suelo para el paso de tuberías | Alteración del suelo                           | Cuidado específico en la alteración de la composición de los suelos afectados   | Relieve final del proyecto  | Reporte de excavaciones                                   |
|  |                                    | Mantenimiento frecuente                     | Suspensión momentánea del servicio            | Acumulación de desechos                        | No sobrepasar el tiempo de suspensión para evitar acumulaciones indeseadas  | Frecuencia de las operaciones de mantenimiento realizadas por año                                       | Reporte de mantenimiento                                  |
|  |                                    |   | Extracción y almacenamiento de desechos       | Mejoramiento de la calidad de agua del sistema | Realizar una correcta realización de las operaciones de mantenimiento siguiendo al pie de la letra lo estipulado en el manual           | Frecuencia de las operaciones de mantenimiento realizadas por año                                       | Reporte de mantenimiento                                  |

*Nota.* Se presenta la matriz para la mitigación de impactos ambientales para la comunidad de Espejo 2. Elaborado por: Los Autores.

## **CAPÍTULO IX**

### **MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

#### **9.1. Introducción**

En todo proyecto de construcción, tiene que haber una serie de lineamientos a seguir para el correcto desarrollo, control y mantenimientos de cada uno de los procesos que se tienen presentes al momento de elaborar lo que se requiere, en este caso se refiere al sistema alternativo de tratamiento de los sistemas de manejo de aguas domiciliarias de las comunidades de Gualchán, Las Juntas y Espejo 2, en la parroquia de El Goaltal. Para esto, es necesario considerar cada una de las características presentes en las 3 comunidades, los procesos a realizarse en ellas y la forma correcta de darles mantenimiento a través del tiempo para reducir el nivel de deterioro con el pasar de los años.

#### **9.2. Aspectos de organización**

Es muy importante al momento de realizar todos los procesos constructivos tener en cuenta cada una de las actividades a realizar, para de esta manera llevar un control de todo lo que se haga en la obra, y así evitar retrasos y accidentes que signifiquen un aumento no justificado del presupuesto estipulado. Para ello, es necesario saber que funciones se desempeñarán a lo largo del proyecto, dando a conocer cada una de las fases que se llevarán a cabo hasta culminar con lo planteado inicialmente en la planificación estratégica de la obra en las 3 comunidades.

Para dar inicio al proyecto, se deberá ejecutar ante todo una serie de inspecciones y mantenimientos a los sistemas de alcantarillado presentes en Gualchán y Las Juntas; para el caso de Espejo 2, se deberá de evaluar las condiciones en las que se encuentran los pozos sépticos presentes, para analizar el terreno en donde están construidos y el espacio aprovechable que se dispondrá para la construcción de los diseñados en el estudio. Es de

importancia que se le el debido mantenimiento a los conductos de alcantarillado para que de esta manera se asegure su funcionamiento óptimo por mucho tiempo y no existan problemas cuando se ejecuten los sistemas de tratamiento alternativos.

Las operaciones más importantes que se realizarán en el desarrollo del proyecto en las comunidades son las presentadas a continuación:

- Mantenimiento preventivo de los conductos mediante previa inspección realizada
- Ubicación del separador de caudales y posterior construcción
- Movimientos de tierra para la excavación del terreno para los pozos sépticos
- Construcción de los pozos sépticos
- Excavación del terreno e instalación de los drenes

Estas se llevarán a cabo teniendo en cuenta lo presentado en el estudio, además de lo que se dicta en la EMAAP-Q (2009) sobre el desarrollo de proyectos de carácter ambiental y tratamiento de aguas domiciliarias en comunidades rurales.

### **9.3. Personal para operación y mantenimiento**

El manual realizado por la OPS (2005) nos deja una serie de lineamientos a seguir sobre el tipo de personal adecuado para realizar las actividades necesitadas para la elaboración total de las actividades que conlleva el proyecto ambiental en las tres comunidades planteadas. Este hace énfasis en que las personas involucradas deben ser las adecuadas según la extensión que se tenga del sistema y las actividades que se completarán, ya que no se puede conocer un número exacto de personas que realizarán tal labor, todo depende de la previa evaluación de cada trabajo.

Uno de los requisitos que se exige para formar parte del personal es el estar bien capacitado físicamente. Esto se debe a que las actividades ligadas al proyecto requieren de una buena fortaleza y resistencia, ya que las lesiones son un derivado frecuente de los trabajos que

se desarrollan en las zanjas y el alcantarillado. Por tal motivo, se debe cumplir con la realización de exámenes médicos rutinarios para corroborar la buena salud de los trabajadores antes de iniciar las operaciones.

Antes del comienzo de las actividades diarias, se debe capacitar e instruir al personal con todas y cada una de las medidas de seguridad a seguir durante el desarrollo del proyecto; además de llevar un control específico de lo que se realizará en el día. Todo esto se hace para prevenir cualquier tipo de accidente que pueda dañar la salud e integridad de los trabajadores.

Como último apartado, se debe tener un plan de acción contra emergencias que se presenten en pleno desarrollo de las actividades laborales. Estas pueden ser: envenenamiento involuntario, asfixia, descargas eléctricas, explosiones, aplastamientos, desmayos, entre otras.

#### **9.4. Importancia del mantenimiento**

Todo proceso constructivo, sea cual sea su rubro, requiere de una serie de servicios y reparaciones periódicamente para que pueda seguir manteniendo sus condiciones originales a través del tiempo; y más si se trata de proyectos de carácter ambiental, los cuales la mayoría del tiempo se encuentran expuestos a la influencia directa de factores que lo confrontan. Tal es el caso de las redes de alcantarillado y las plantas de tratamiento de aguas domiciliarias, las cuales ven como en sus conductos y cámaras de servicio día a día transportan materiales que suelen ser contaminantes, con una composición química significativa que va deteriorando poco a poco el sistema; incluso si no lo deteriora, puede llegar a obstruirlo o saturarlo si no se le realizan los servicios de mantenimiento que requiere para un óptimo funcionamiento del proceso que realiza todos los días.

En el proyecto desarrollado en las tres comunidades, se tienen presentes en la parte de tratamiento de aguas residuales a los pozos sépticos, los cuales son cámaras que van almacenando los lodos y sedimentos contenidos en el agua que sale de los domicilios. Estos requieren que periódicamente se les realice un correcto proceso de lavado y vaciado, para evitar

que los lodos extraídos de las aguas lleguen a saturar el sistema, derivando en un colapso que supondría gastos mayores a los entes encargados de llevar el proyecto de las comunidades.

## **9.5. Mantenimiento preventivo**

Ahora bien, para prolongar la vida útil de los sistemas presentes en las comunidades de Gualchán, Las Juntas y Espejo 2, es necesario realizarle una serie de seguimientos y servicios cada cierto tiempo para prevenir que en un futuro estas fallen o colapsen debido a problemas presentados por no ser detectados con tiempo. Si bien es cierto que cada sistema es diferente según las características locales que lo definen, la Organización Panamericana de la Salud (OPS, 2005), desarrolló un manual destinado al mantenimiento y operación de los sistemas de alcantarillado sanitarios ubicados en comunidades rurales, el cual sirvió de guía para desarrollar cada uno de los puntos necesarios a cubrir al momento de una intervención por mantenimiento preventivo o avería.

Primeramente, es necesario realizar periódicamente una serie de diagnósticos para saber las condiciones actuales en las que se encuentra el sistema, teniendo en cuenta las principales causas o problemáticas que suelen presentar con el pasar del tiempo. Para esto, es necesario destacarlas para tener un mayor control y prevención al momento de realizar el mantenimiento.

### **9.5.1. Obstrucciones**

Es una de las causas más frecuentes al momento de realizarle el mantenimiento a un sistema de alcantarillado, ya que por los diversos materiales que pueden encontrarse dentro de su flujo, el conducto tiende a taparse con el tiempo. Los principales objetos de obstrucción son: grasas, trapos, plásticos, raíces, vidrios, arenas y piedras.

#### **a. Grasas**

Suelen ser más comunes en zonas cercanas a mercados y restaurantes. Estas al llegar a las redes de alcantarillado tienden a endurecerse, provocando la

formación de tacos de sebo que causan las obstrucciones en la tubería. Se presentan mayormente en tramos de baja pendiente.

**b. Trapos, vidrios y plásticos**

Se encuentran mucho en las tuberías que se encuentran en zonas donde no se tiene conocimiento sobre buen uso de alcantarillado, derivando en la eliminación y desecho de materiales como trapos, cartones y botellas plásticas por el inodoro.

**c. Raíces**

Son de mayor incidencia en zonas boscosas, en donde abundan los árboles de raíces gruesas. Estas se filtran a través de las juntas o roturas de las tuberías, llegando a causar un colapso en el sistema debido a las obstrucciones. Se pueden retirar con cortadoras de raíces o sulfato de cobre.

**d. Piedras y arenas**

Estos materiales suelen llegar al sistema debido a buzones sin tapa o tuberías rotas, facilitando la entrada de estos; y con mayor frecuencia cuando se trata de zonas en donde las calles tienen una superficie de tierra o lastre. También pueden obtenerse en tramos con baja pendiente debido a la descomposición de la materia orgánica. Es de importancia retirar todo el material de arenas y piedras en el sistema, ya que, si solo se lava, se podría regar a otros tramos y empeorar la situación.

**9.5.2. Pérdida de capacidad**

Sucedee en aquellos tramos en donde se forman sedimentos debido a un bajo nivel de pendiente o bajas velocidades de flujo, causadas por un uso escaso de las descargas por parte de los domicilios, ya sea por influencia de hábitos o costumbres. Lo normal en estos casos es un rediseño y cambio del tramo que se encuentra afectado.

### **9.5.3. Roturas**

Las roturas en los conductos de tuberías de los sistemas de alcantarillado ocurren por diversas causas:

#### **a) Un soporte inadecuado para el tubo**

Esto sucede cuando las tuberías se colocan sobre un fondo rocoso de una zanja, ya que el tubo no cuenta con una uniformidad en la cama de apoyo, produciendo el fallo. Para evitar esto, es necesario de una correcta nivelación de la superficie de apoyo, para que no existan relieves indeseados que puedan acabar en colapsos.

#### **b) Fallas por cargas vivas**

Los conductos de tuberías que tengan sobre ellas un recubrimiento no apto, frecuentemente tienden a colapsar debido a la sobrecarga sufrida por el tramo, y más aún si se trata de una zona de tráfico pesado. Para evitar eso, es necesario el uso de un recubrimiento de concreto que proteja a la tubería de las cargas que la afectan.

#### **c) Movimiento del suelo**

Producido por los sismos y sus daños asociados, lo cual genera una reconstrucción total del tramo afectado. Para evitar esto, se recomienda la utilización de tuberías flexibles con uniones flexibles en lugar de las rígidas en zonas con alta actividad sísmica.

#### **d) Daños asociados a otras instituciones**

Es común que cuando se realicen servicios de reparación a las calles o instalación de líneas eléctricas, estas provoquen daños a los sistemas de alcantarillado. Para evitar eso, el personal de mantenimiento debe de prever la

rotura y derramamiento de las tuberías al indicar la ubicación y profundidad de las mismas.

e) **Raíces**

Cuando la zona es muy boscosa, las raíces suelen llegar hasta las tuberías, produciendo roturas no deseadas.

#### **9.5.4. Vandalismo**

Estos problemas son bien conocidos, siendo asociados a zonas cercanas a las orillas de los ríos y quebradas. Se basan en el hurto o sustracción de las tapas de hierro fundido que dan a las cámaras de inspección, lo cual las deja al descubierto y produce problemas de obstrucción al sistema.

Para evitar esta problemática, el personal encargado del mantenimiento del sistema debe recubrir las tapas con concreto o asfalto de ser necesario. Por otro lado, se necesita de un recorrido periódico por las áreas afectadas para evitar futuros inconvenientes.

Normalmente, es común ver que las obstrucciones de conductos inician en las mismas casas, tanto en las piezas sanitarias como en las conexiones domiciliarias. Es por tal motivo que las primeras labores de mantenimiento preventivo deben realizarse en el interior de los hogares. Para evitar obstrucciones menores y darles mejor uso a las tomas sanitarias, se deben seguir los siguientes lineamientos dentro de la propiedad:

- No arrojar a los lavaderos residuos de comidas, así como plásticos, trapos, o cualquier otro material que pueda causar obstrucciones en el sistema.
- No botar por el retrete ningún tipo de papeles, vidros, plásticos, toallas higiénicas, agua con contenido de grasa o cualquier otro material y sustancia de origen extraño.
- Si la vivienda cuenta con una trampa de grasa en su interior, se le deberá de realizar frecuentemente una limpieza a su contenedor de retención de grasas.

Ya sabiendo cuales son los pasos a seguir para darle un adecuado mantenimiento preventivo a las tomas sanitarias desde el hogar, es necesario saber qué procesos se deben hacer para prevenir futuros problemas en los sistemas existentes de las tres comunidades. Para eso, se deben seguir los siguientes lineamientos:

#### **9.5.5. Limpieza de la trampa de grasas**

La trampa de grasas es un instrumento muy útil para mantener las condiciones óptimas de los conductos, ya que la acumulación de estas suele resultar un problema a largo plazo, generando obstrucciones que pueden derivar en problemas mayores. Pudiendo evitar eso, se recomienda seguir los siguientes pasos:

- Quite la tapa de la trampa de grasas y colóquela en un costado con cuidado evitando romperla.
- Una vez a la semana elimine las grasas excedentes con un recipiente.
- Mediante el uso de una brocha o escoba pequeña, limpie las grasas encontradas en las paredes y en la tubería de entrada y salida de la trampa.
- Tape la salida de la trampa de grasas (puede usar una esponja) y retire el agua por la parte superior de la tubería “T”.
- Elimine los residuos sedimentados de la trampa de grasas colocándolos en una bolsa de basura. Luego, restriegue con agua y esponja y ponga de nuevo la tapa en su lugar.

#### **9.5.6. Limpieza de los tanques sépticos**

Al ser el método escogido como tratamiento de las aguas domiciliarias en las tres comunidades (Gualchán, Las Juntas y Espejo 2), es de suma importancia darles a estas estructuras un mantenimiento correcto para que su funcionamiento no se vea perjudicado a largo plazo.

1. Este es un tipo de mantenimiento que se realiza cuando se hayan acumulado una cantidad considerable de sólidos y nata, ya que de permitirse el exceso de estos se corre el riesgo de que los lodos se filtren a los conductos, causando un mal funcionamiento en los colectores.
2. Mínimo una vez al año se recomienda verificar la altura de lodos contenidos en el tanque.
3. Para saber que el tanque necesita ser limpiado, la capa de sedimentos de los lodos se debe ubicar a 30 cm del deflector de salida; o en su defecto cuando el fondo de la capa espumante se encuentre a unos 8 cm del deflector.
4. Para comprobar la altura de los lodos y la profundidad que posee el líquido, se utilizará una pértiga o vara que lleve atada en un extremo trapos o toallas de color blanco, de manera que se baje por el tanque y toque el fondo. Una vez allí, se retira y se mide la altura de la mancha negra que quede impregnada en los trapos blancos, lo cual indicará el nivel de los sedimentos.
5. Con ayuda de una bomba, se extraen los lodos y posteriormente se llevan a un relleno sanitario donde serán enterrados (existen compañías con camiones de bombeo que succionan los lodos y los transportan a zonas alejadas para su eliminación final).
6. Preferiblemente ninguna persona debería entrar al tanque durante la limpieza, debido a los gases tóxicos que predominan en este. Sin embargo, si se llegase a necesitar del ingreso de personal para su limpieza, es necesario ventilar el tanque séptico por un largo tiempo (+60 minutos), y se debe atar una cuerda a la cintura de la persona mientras otra lo sujeta fuertemente para que pueda sacarlo por si al personal que ingresó se ve afectado por los gases y se mareo.

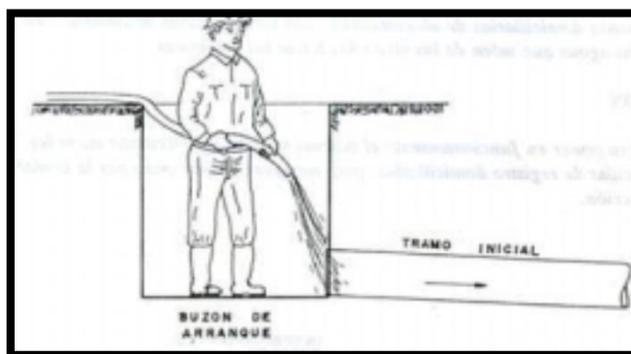
### 9.5.7. Limpieza a los colectores

Para estos equipos, primeramente, se deberán identificar cuáles son los de mayor antigüedad y pendiente de la tubería, ya que de esta manera se conocerán los tramos críticos que requerirán de un mantenimiento más frecuente (6 meses); y los no críticos, que no necesitan tanto mantenimiento de manera periódica (1 año). Para lograr una correcta prevención de obstrucciones y averías en el sistema, se deberán de seguir los pasos que nos aconseja la OPS (2005) en su manual:

- I. Como primer paso, se deberá de limpiar los tramos iniciales con abundante agua.

#### **Figura 81.**

*Limpieza inicial de los colectores.*



*Nota.* Se presentala limpieza que se realiza a los colectores. Fuente: Operación y mantenimiento de sistemas de alcantarillado sanitario en el medio rural (OPS, 2005)

- II. Se necesitará de la limpieza manual de las alcantarillas mediante la utilización de varillas de acero que posea diámetros de 3/8" a 1/2", con una longitud de 1m.
- III. Se abrirán las tapas de los buzones tanto aguas arriba como aguas abajo del conducto afectado, y posteriormente esperar de 15 a 20 minutos para que salgan los gases tóxicos que se encuentran acumulados en el sistema de alcantarillado.
- IV. Cuando sea necesario, se deberá de represar el flujo de una de las cámaras de inspección, cerrando el arranque de tubería con compuertas manuales. Gracias

a esto, al levantarse las compuertas se creará un flujo violento de agua que arrastrará consigo los depósitos de sedimento aguas abajo. Este tipo de técnica se recomienda hacer en tuberías de 200mm de diámetro.

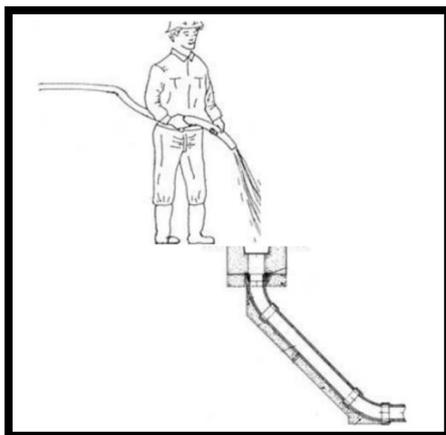
#### **9.5.8. Limpieza de los dispositivos de inspección**

Esta práctica es necesaria para prevenir a mediano y largo plazo obstrucciones en el sistema de alcantarillado. Para lograrlo, es necesario seguir los siguientes lineamientos:

- Limpiar con chorros de agua los terminales de limpieza que se encuentran en las cabeceras de las redes de alcantarillado. También sirve el uso de varillas de acero.
- Los conductos para inspección deberán ser lavados con abundante agua una vez por año.

#### **Figura 82.**

*Limpieza de los terminales.*



*Nota.* Se presenta la manera correcta de limpieza de los terminales. Fuente: Operación y mantenimiento de sistemas de alcantarillado sanitario en el medio rural (OPS, 2005)

## **9.6. Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo son una serie de actividades o procesos que se deben de realizar cuando se presenten fallas o problemáticas en el sistema de alcantarillado, que requiera de una corrección para poder continuar con su funcionamiento. Para usos prácticos, esta guía servirá de apoyo a modo de recomendación para todo aquel personal que le realice mantenimiento al sistema presente en las comunidades estudiadas. Según nos indica la OPS (2005), las siguientes problemáticas requieren de la ejecución de mantenimientos correctivos:

### **9.6.1. Atoros**

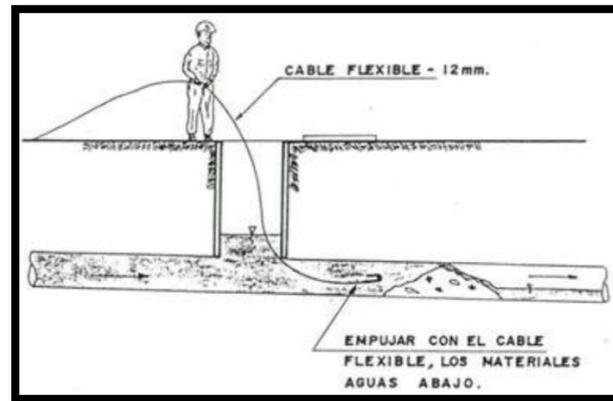
Este problema ocurre cuando entran objetos extraños al sistema de conductos sanitarios ó acumulación de sólidos que impiden el paso normal del flujo por las tuberías, lo cual causa el represamiento indeseado de las aguas. Las obstrucciones suceden normalmente cuando la boca de los buzones se encuentra sin la tapa o está deteriorada, por ende, es más propensa a que las personas arrojen materiales que no deberían llegar a los conductos. Los procesos a seguir para un óptimo mantenimiento correctivo son los siguientes:

- Se procede a localizar el conducto obstruido.
- Se moviliza al personal encargado de realizar el mantenimiento, en conjunto con el equipo y las herramientas a utilizar.
- Se delimita la zona de operación.
- Se introduce agua a presión en el conducto.
- Luego, se insertan varillas de acero o cualquier herramienta que sirva para la remoción de residuos que causen la obstrucción (sirve el uso de cables flexibles).
- Si llegado a este punto no se ha eliminado la obstrucción, se debe proceder a determinar la longitud a partir del buzón hacia donde se crea que existe la obstrucción. Luego, se debe excavar hasta llegar a la zona afectada para

finalmente cortar en forma rectangular clave de la tubería y extraer el objeto causante del taponamiento.

### **Figura 83.**

*Eliminación de los atoros en el conducto.*



*Nota.* Se presenta la manera correcta de la eliminación de los atoros en los conductos.

Fuente: Operación y mantenimiento de sistemas de alcantarillado sanitario en el medio rural (OPS, 2005)

#### **9.6.2. Piques y desatoros**

En el caso dado de que no se haya conseguido eliminar el atoro o obstrucción, aún habiendo utilizado las varillas de acero y se logre corroborar de que existe un colapso del conducto debido a un material de difícil sustracción, es necesario realizar un proceso de excavación conocido comúnmente como “pique” en una dirección de 12 metros aguas abajo, tomando en cuenta la profundidad del colector y el terreno. Una vez quede el conducto al descubierto, se realizan dos orificios en la tubería, el primero de ellos en el sector afectado para ir sacando el material acumulado; el segundo se ejecuta a más o menos 2.50 metros del primero, el cual servirá para drenar el agua que estuvo represada por la obstrucción.

Al realizar el proceso de pique y desatoro, se debe tener cuidado en no inundar la zanja una vez abiertos los orificios. Una vez se termina con toda la sustracción y limpieza del material

que causaba la obstrucción, se evalúa el estado general del colector, con el objetivo de determinar el tipo de rehabilitación que necesita, ya que se puede tratar tanto de un reforzamiento como de un cambio.

Para reparar la tubería, se procede a sellar los orificios creados mediante la utilización de tuberías PVC en medialuna, a las cuales se le añade un dedo de concreto con una resistencia aproximada de 140 kg/cm<sup>2</sup> para que fije bien la mitad de tubería sobre el orificio. Luego se realiza el comportamiento de la zanja que se excavo y se repara el pavimento afectado en dado caso que lo amerite.

### **Rehabilitación de colectores**

En una situación donde se necesite del reforzamiento del conducto sanitario, se deberán de seguir los siguientes pasos:

- Se realiza la excavación hasta que un gran porcentaje de la tubería quede descubierta para el mantenimiento. Luego, se coloca el entibado predeterminado y las tablestacas tomando en cuenta las condiciones presentes en el terreno intervenido.
- Para el reforzamiento estimado del conducto sanitario se requerirá de la utilización de una mezcla de concreto que posea una resistencia de 140 kg/cm<sup>2</sup>, siendo imprescindible la utilización de un encofrado que sea compatible con la boca de la tubería.
- En dado caso de que la tubería presente grietas en su superficie, se deberán de seguir pasos similares a los aplicados en la sección de piques y desataros, cubriendo la parte superior con la mitad de una tubería de PVC y vaciar posteriormente una cantidad de concreto para el sellado.

- Una vez finalizado todo el proceso de rehabilitación, se rellena y compacta el terreno y se repara el pavimento, terminando con una limpieza final de todas las zonas intervenidas durante el mantenimiento.

### **9.6.3. Reemplazo de colectores**

Existen casos en donde la tubería no puede ser rehabilitada y necesita un cambio para que el sistema pueda continuar con su funcionamiento regular. Para lograr la realización de este proceso, se deben seguir los siguientes pasos:

- Se moviliza al personal completo en conjunto con las herramientas de trabajo hacia el lugar afectado.
- Se realiza el desvío de las aguas servidas.
- Se aplica el taponeado en el colector, en dirección hacia el buzón aguas arriba.
- Si se necesita romper el pavimento para llegar a la tubería, se realiza el proceso pertinente.
- Se realizan las excavaciones de la zanja para el retiro de la tubería.
- Se refina y nivela el fondo de la zanja, realizando los procesos topográficos necesarios para la colocación de los puntos de nivel, teniendo en cuenta siempre la pendiente original de diseño. Luego de esto, se prepara el fondo de apoyo compactando la arena.
- Se realiza la instalación de la tubería con los elementos de unión, teniendo cuidado con la alineación del conducto tanto en los costados como la parte superior.
- Se procese a destapar el colector para poder realizar la prueba hidráulica.
- Una vez chequeada la tubería con la prueba hidráulica, se rellena y compacta la zanja previamente realizada.

- Ya hecho todo en la tubería y el terreno, se repara el pavimento intervenido al inicio y se limpia la zona para culminar con el trabajo.

## **CAPÍTULO X**

### **PRESUPUESTO**

Para la realización del presupuesto final fueron tomados en cuenta diversos factores que dimensionaban cada una de las etapas más destacadas del proyecto a desarrollar en las tres comunidades, desde la elaboración de piezas de concreto prefabricadas, materiales a utilizar y excavaciones pertinentes. Sumado a esto, se utilizó como referencia la oferta de precios que actualmente abundan en el mercado económico del territorio ecuatoriano para basar cada uno de los cálculos según el promedio actual de los nichos que se ven involucrados en el levantamiento del rediseño de alcantarillado presente.

Por ejemplo, para la obtención de los cálculos de procesos como las excavaciones expresadas en metros cuadrados y la cantidad de hormigón a disponer en metros cúbicos, se redimensionaron las áreas a excavar para la colocación de tuberías y drenes que ocuparía el proyecto, sacando así un estimado del material que se necesitaría extraer para realizar la alternativa de tratamiento. En el caso del hormigón, mediante las medidas de los esquemas, se pudo calcular un dimensionamiento de cada fosa séptica a construir y determinar la cantidad de mezcla que sería necesaria para llevar a cabo las instalaciones pertinentes en el proyecto.

**Tabla 63.***Presupuesto final del proyecto.*

| <b>PRESUPUESTO</b>               |  |               |                 |                    |                     |
|----------------------------------|--|---------------|-----------------|--------------------|---------------------|
| <b>ALCANTARILLADO GUALCHAN</b>   |  |               |                 |                    |                     |
| <b>Código</b>                    | <b>DESCRIPCION</b>                                   | <b>UNIDAD</b> | <b>Cantidad</b> | <b>P. Unitario</b> | <b>Total</b>        |
| G1                               | Excavación zanja maquina h=0.00m a h=-2.50m          | m3            | 143,96          | \$ 3,62            | \$ 520,45           |
| G2                               | Rasanteo fondo de zanja a mano                       | m2            | 89,98           | \$ 0,85            | \$ 76,08            |
| G3                               | Tubería alcantarillado D=250mm                       | m             | 150,0           | \$ 15,26           | \$ 2.288,39         |
| G4                               | cinta de seguridad (ubicación de colector)           | km            | 0,150           | \$ 86,03           | \$ 12,90            |
| G5                               | Relleno Compactado                                   | m3            | 136,60          | \$ 4,64            | \$ 634,25           |
| G6                               | cama de arena espesor 5 cm                           | m2            | 89,98           | \$ 2,64            | \$ 237,94           |
| G7                               | Pozo de revisión H.S. incluye tapa HF H=0.00 - 2.5 m | u             | 4               | \$ 764,68          | \$ 3.058,71         |
| <b>ALCANTARILLADO LAS JUNTAS</b> |  |               |                 |                    |                     |
| G1                               | Excavación zanja maquina h=0.00m a h=-2.50m          | m3            | 38,64           | \$ 3,62            | \$ 139,68           |
| G2                               | Rasanteo fondo de zanja a mano                       | m2            | 25,76           | \$ 0,85            | \$ 21,78            |
| G8                               | Tubería alcantarillado D=200mm                       | m             | 42,9            | \$ 14,04           | \$ 602,87           |
| G4                               | cinta de seguridad (ubicación de colector)           | km            | 0,04            | \$ 86,03           | \$ 3,69             |
| G5                               | Relleno Compactado                                   | m3            | 37,29           | \$ 4,64            | \$ 173,13           |
| G6                               | cama de arena espesor 5 cm                           | m2            | 25,76           | \$ 2,64            | \$ 68,12            |
| G7                               | Pozo de revisión H.S. incluye tapa HF H=0.00 - 2.5 m | u             | 3,00            | \$ 764,68          | \$ 2.294,03         |
| G9                               | Caja de revisión 60x60x60cm prefabricada             | u             | 2               | \$ 48,40           | \$ 96,80            |
| <b>ALTERNATIVA TRATAMIENTO</b>   |  |               |                 |                    |                     |
| G1                               | Excavación h=0.00m a h=-2.50m                        | m3            | 60,09           | \$ 3,62            | \$ 217,24           |
| G10                              | Replanteo f'c 180 kg/cm2.                            | m3            | 5,65            | \$ 278,74          | \$ 1.574,86         |
| G11                              | Hormigón Armado f'c 240 kg/cm2.                      | m3            | 43,85           | \$ 324,22          | \$ 14.216,92        |
| G12                              | Excavación zanja drenes h=0.00m a h=-1.00m           | m3            | 888,7           | \$ 3,42            | \$ 3.041,02         |
| G13                              | Drenes (instalado)                                   | m             | 1814,71         | \$ 13,08           | \$ 23.743,51        |
|                                  |  |               |                 | <b>SUBTOTAL</b>    | <b>\$ 53.022,38</b> |
|                                  |  |               |                 | <b>IVA 12% :</b>   | <b>\$ 6.362,69</b>  |
|                                  |  |               |                 | <b>TOTAL:</b>      | <b>\$ 59.385,07</b> |

*Nota.* Se presenta el presupuesto de las obras a desarrollarse. Elaborado por: Los Autores.

## CONCLUSIONES

Se evaluó la eficiencia y el estado físico de los sistemas de recolección de aguas servidas en las comunidades de Gualchán, Las Juntas y Espejo 2 mediante la aplicación de estudios topográficos, químicos y de saneamiento ambiental; logrando determinar las alternativas más adecuadas para la situación presente en los sitios, siendo la utilización de pozos sépticos la opción más viable como método de tratamiento para las aguas domiciliarias.

Se ejecutó el debido levantamiento topográfico en los terrenos de las comunidades, pudiendo conocer de esta manera las características del relieve presente, el grado de pendiente, las curvas de nivel y las cotas correspondientes a cada tramo de los sistemas de recolección de aguas residuales estudiados, siendo Las Juntas el punto más alto dentro de las comunidades con una cota máxima de proyecto de 1340.79 msnm.

Se evaluó el estado actual de los sistemas de recolección mediante el uso de cálculos vía Excel y el software de diseño de alcantarillados SewerCAD, los cuales sirvieron para lograr una simulación real del funcionamiento del sistema de alcantarillado presente. Mediante esta prueba se comprobó que, a pesar de contar ya con varios años de antigüedad, el sistema sigue funcionando de buena forma. Sin embargo, para futuras mejoras en la optimización del proceso de recolección de aguas, se planteó la adición de 3 tramos en Gualchán y 1 tramo en Las Juntas para un mejor y más longevo funcionamiento.

Se analizó la topografía presente en los terrenos de las comunidades para determinar la ubicación de las estructuras adicionales a los sistemas de recolección de aguas. En el caso del separador de caudales de tipo vertedero, es necesario colocarlo en el tramo final antes de la descarga, de esta manera se conduce el mayor porcentaje del flujo hacia la fosa séptica; y el porcentaje excedente se lleva a la estructura de disipación de energía para terminar en la descarga al cuerpo receptor.

Se realizó el análisis técnico-económico de los sistemas presentes, junto con las posibles alternativas que más se adaptaran a las condiciones actuales del proyecto, arrojando como resultado el uso de pozos sépticos como medida de tratamiento más óptima para las comunidades de Gualchán, Las Juntas y Espejo 2. A comparación de otros métodos, la construcción de una fosa séptica resulta una variante relativamente económica y funcional para eliminar un gran porcentaje de agentes contaminantes encontrados en la composición del agua, siendo de fácil mantenimiento anual y poco deterioro a lo largo de su vida útil. Es por esta razón que se diseñaron estructuras adaptadas a las 3 comunidades y sus diferentes características: 22.85 m<sup>3</sup> de capacidad la de Gualchán, 9.05 m<sup>3</sup> en Las Juntas y 0.85 m<sup>3</sup> en fosas sépticas individuales distribuidas en las 11 viviendas de Espejo 2.

## RECOMENDACIONES

Realizar el mantenimiento preventivo a todos los sistemas de recolección de aguas residuales en las tres comunidades estudiadas antes de iniciar con las operaciones a realizar. De esta manera se evitan complicaciones a lo largo del proceso evaluativo y constructivo que puedan derivar en demoras en el proyecto o costos fuera del presupuesto.

Replantear a largo plazo la planificación de un proyecto de construcción de un sistema de alcantarillado en la comunidad de Espejo 2, en dado caso que la zona sufra un crecimiento exponencial de su población derivado de una posible inversión futura que aumente el interés en todo el territorio.

Llevar un control del mantenimiento anual que se le deberá realizar a cada uno de los sistemas de recolección una vez estén en funcionamiento. Esto logrará que en un futuro se reduzcan las posibilidades de sufrir una obstrucción o daño general de alguno de los tramos, generando altos costes en mantenimiento correctivo, como reemplazo total de conductos, obstrucciones difíciles de llegar, entre otros.

Mantener actualizados los planos de los sistemas de recolección de aguas residuales mediante el uso de AutoCAD, en dado caso de que se realicen cambios en el sistema. De esta forma se logran evitar una serie de confusiones futuras que pueden derivar en tener que realizar los planos nuevamente.

Realizar jornadas periódicas de información a los locales sobre el correcto uso y desecho de desperdicios en el hogar y las calles para reducir la cantidad de materiales no deseados en el alcantarillado. Este tipo de prácticas resulta muy útil, ya que concientiza al habitante sobre el medio ambiente, al mismo tiempo que logra una mayor vida útil y preservación del sistema.

## BIBLIOGRAFÍA

Armijos, P. G. (2018). *Diseño de Canales Abiertos* (1ra ed.). Área de Innovación y Desarrollo, S.L.

<https://docplayer.es/123905832-Diseno-de-canales-abiertos-pablo-gallardo-armijos.html>

Baires Analítica. (24 de Abril de 2020). *Los parámetros más importantes en la caracterización*

*del agua*. Obtenido de Baires Analítica: [https://www.bairesanalitica.com/los-](https://www.bairesanalitica.com/los-parametros-mas-importantes-en-la-caracterizacion-del-agua--news--5-11#:~:text=La%20metodolog%C3%ADa%20DQO%20(demanda%20qu%C3%ADmica,obteniendo%20resultados%20en%202%20horas.)

[parametros-mas-importantes-en-la-caracterizacion-del-agua--news--5-](https://www.bairesanalitica.com/los-parametros-mas-importantes-en-la-caracterizacion-del-agua--news--5-11#:~:text=La%20metodolog%C3%ADa%20DQO%20(demanda%20qu%C3%ADmica,obteniendo%20resultados%20en%202%20horas.)

[11#:~:text=La%20metodolog%C3%ADa%20DQO%20\(demanda%20qu%C3%ADmica,](https://www.bairesanalitica.com/los-parametros-mas-importantes-en-la-caracterizacion-del-agua--news--5-11#:~:text=La%20metodolog%C3%ADa%20DQO%20(demanda%20qu%C3%ADmica,obteniendo%20resultados%20en%202%20horas.)

[obteniendo%20resultados%20en%202%20horas.](https://www.bairesanalitica.com/los-parametros-mas-importantes-en-la-caracterizacion-del-agua--news--5-11#:~:text=La%20metodolog%C3%ADa%20DQO%20(demanda%20qu%C3%ADmica,obteniendo%20resultados%20en%202%20horas.)

Bruni, M., Shrestha, R., & Spuhler, D. (2 de Diciembre de 2018). *Sedimentación*. Obtenido de

SSWM: [https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-](https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/sedimentaci%C3%B3n-#:~:text=La%20sedimentaci%C3%B3n%20se%20usa%20para,para%20funcionar%20de%20forma%20efectiva.)

[saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/sedimentaci%C3%B3n-](https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/sedimentaci%C3%B3n-#:~:text=La%20sedimentaci%C3%B3n%20se%20usa%20para,para%20funcionar%20de%20forma%20efectiva.)

[#:~:text=La%20sedimentaci%C3%B3n%20se%20usa%20para,para%20funcionar%2](https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/sedimentaci%C3%B3n-#:~:text=La%20sedimentaci%C3%B3n%20se%20usa%20para,para%20funcionar%20de%20forma%20efectiva.)

[0de%20forma%20efectiva.](https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/sedimentaci%C3%B3n-#:~:text=La%20sedimentaci%C3%B3n%20se%20usa%20para,para%20funcionar%20de%20forma%20efectiva.)

Carmona, R. P. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje*

*en carreteras* (1ra ed.). Ecoe Ediciones.

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Gtw3DgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Gtw3DgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=P%C3%89REZ.+R.+C.+(2013).+Dise%C3%B1o+y+construcci%C3%B3n+de+alcantarillados+sanitario,+pluvial+y+drenaje+en+carreteras.+Ecoe+Ediciones.+Bogot%C3%A1.&ots=tneL2Hiccf&sig=q6HgoN9Y2STke)

[dq=P%C3%89REZ.+R.+C.+\(2013\).+Dise%C3%B1o+y+construcci%C3%B3n+de+al](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Gtw3DgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=P%C3%89REZ.+R.+C.+(2013).+Dise%C3%B1o+y+construcci%C3%B3n+de+alcantarillados+sanitario,+pluvial+y+drenaje+en+carreteras.+Ecoe+Ediciones.+Bogot%C3%A1.&ots=tneL2Hiccf&sig=q6HgoN9Y2STke)

[cantarillados+sanitario,+pluvial+y+drenaje+en+carreteras.+Ecoe+Ediciones.+Bogot](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Gtw3DgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=P%C3%89REZ.+R.+C.+(2013).+Dise%C3%B1o+y+construcci%C3%B3n+de+alcantarillados+sanitario,+pluvial+y+drenaje+en+carreteras.+Ecoe+Ediciones.+Bogot%C3%A1.&ots=tneL2Hiccf&sig=q6HgoN9Y2STke)

[%C3%A1.&ots=tneL2Hiccf&sig=q6HgoN9Y2STke](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Gtw3DgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=P%C3%89REZ.+R.+C.+(2013).+Dise%C3%B1o+y+construcci%C3%B3n+de+alcantarillados+sanitario,+pluvial+y+drenaje+en+carreteras.+Ecoe+Ediciones.+Bogot%C3%A1.&ots=tneL2Hiccf&sig=q6HgoN9Y2STke)

Cirujeda, J. R. (2019). *Aguas residuales urbanas* (1ra ed.). ELEARNING S.L.

[https://books.google.com.ec/books?id=wMfIDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=](https://books.google.com.ec/books?id=wMfIDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

[aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=wMfIDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=aguas+residuales&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

Climate-data.org. (2019). *Climate Gualchán (Ecuador)*. Obtenido de Climate-data: <https://en.climate-data.org/south-america/ecuador/provincia-del-carchi/gualchan-178771/>

Comision Nacional de Agua. (2009). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento: Alcantarillado sanitario*. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-29.pdf>

Cromtek. (3 de Enero de 2022). *¿Qué son los sólidos suspendidos y cómo se miden?* Obtenido de Cromtek: <https://www.cromtek.cl/2022/01/03/que-son-los-solidos-suspendidos-y-como-se-miden/>

Cuello, P. (2020). *Diseño del sistema de alcantarillado y planta de tratamiento de aguas residuales para el barrio La Joya I, parroquia de Cutuglagua, cantón Mejía, provincia de Pichincha*. [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana], Repositorio Institucional UPS, Quito, Ecuador.

Diario El Popular. (20 de Octubre de 2019). *Carchi*. Obtenido de El Popular: <https://www.elpopular.com.ec/carchi/#:~:text=La%20provincia%20de%20Carchi%20ofrece,las%20bromelias%20y%20los%20guarumos.>

EMAAP-Q. (2009). *NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PARA LA EMAAP-Q*. Quito, Ecuador: EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE.

French, R. H. (1988). *Hidráulica de Canales abiertos* (1ra ed.). McGRAW-HILL/Interamericanade Mexico. [http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/richard\\_french\\_hidraulica\\_canales\\_abiertos\\_-\\_hidroclis\\_compressed\\_compressed-comprimido.pdf](http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/richard_french_hidraulica_canales_abiertos_-_hidroclis_compressed_compressed-comprimido.pdf)

- Forero, J., Díaz, J., & Blandón, R. (1999). Diseño de un sistema de flotación para tratamiento de aguas residuales. *C.T.F Cienc. Technol. Futuro vol.1 no.5* .
- Fundación Aquae. (01 de Marzo de 2022). *El agua en la historia de la humanidad*. Obtenido de Fundacionaquae: <https://www.fundacionaquae.org/historia-del-agua/>
- Ganoa, S., & Plazarte, L. (2020). *Diseño de alcantarillado combinado, estructuras de pre-tratamiento y estructuras de descarga para el barrio San Vicente de Calderón - DMQ*. {Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica Salesiana}, Repositorio Institucional UPS, Cuenca, Ecuador.
- Gobernación de la provincia de Carchi. (s.f.). *Rio Blanco (Espejo)*. Obtenido de Carchi te enamora: <https://www.carchi.gob.ec/turistico/index.php/que-hacer/naturaleza/223-rio-blanco#:~:text=Nace%20en%20los%20p%C3%A1ramos%20de,su%20curso%20var%20C3%ADas%20las%20dimensiones.>
- Gómez, G., Mendoza, M., Macías, J., & Granados, E. (2017). Riesgo volcánico: estado del arte y desafíos de trabajo. *Revista Geográfica (Issue 158)*.
- Grupo Intersat. (2020). *Agua en el planeta*. Obtenido de Funcagua: <https://funcagua.org.gt/agua-en-el-planeta/>
- Hanna Instruments. (14 de Julio de 2014). *Demanda química de oxígeno y materia orgánica*. Obtenido de Hanna Instruments: <http://www.hannaarg.com/blog/demanda-quimica-de-oxigeno-y-materia-organica/#:~:text=Los%20principales%20grupos%20de%20sustancias,residuales%20C%20se%20emplean%20diversas%20t%C3%A9cnicas.>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación*. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. [https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n\\_Sampieri.pdf](https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf)

- INAMHI. (2015). *Instituto nacional de meteorología e hidrología* .
- Induanalisis. (4 de Junio de 2019). *DBO y DQO*. Obtenido de Induanalisis:  
[https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo\\_y\\_dqo\\_31](https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo_y_dqo_31)
- INEC. (2010). *Censo de Población y Vivienda*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadísticas y Censos: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-de-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda-2010/>
- Krochin, S. (1982). *Diseño Hidráulico*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Sangolquí, Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército.
- López, R. (2000). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica. (2022). *Misión/Visión/Valores*. Obtenido de Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica:  
<https://www.ambiente.gob.ec/valores-mision-vision/>
- Ministerio de ambiente de Colombia. (2018). *Caracterización del medio biótico para estudios ambientales*. Obtenido de Biotica Consultores:  
<https://www.bioticaconsultores.com/caracterizacion-medio-biotico-estudios-ambientales/>
- Molecor, (s.f.). *Cálculos Hidráulicos en el diseño de redes*. Molecor Orienting the Future.  
<https://molecor.com/es/calculos-hidraulicos-diseno-redes>
- Muñoz, L. (2015, 30 de octubre). *Hidráulica-Canales abiertos*. slideshare.net.  
<https://es.slideshare.net/EdgarAbdielCedeoJime/hidrulicacanales-abiertos>
- OPS. (2005). *Operación y mantenimiento de sistemas de alcantarillado sanitario en el medio rural*. Organización Panamericana de la Salud.

- Pacheco, P. (22 de Agosto de 2012). *Sistemas alcantarillado particular*. Obtenido de SlideShare: [https://es.slideshare.net/ppachecoc/sistemas-alcantarillado-particular?from\\_action=save](https://es.slideshare.net/ppachecoc/sistemas-alcantarillado-particular?from_action=save)
- Pérez, R. (2015). *Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*. Lima: Macro.
- Pourrut, P. (1995). Condicionantes de los regímenes climático e hidrológico. En P. Pourrut, *El agua en el Ecuador: clima, precipitación, escorrentía*. Quito, Ecuador: Corporación Editora Nacional.
- Rocha, C. M. (2015). *Metodología de la investigación*. Progreso S.A. C.V. <https://issuu.com/malurojas19/docs/56-metodologia-de-la-investigacion-carlos-i.-munoz>
- Rodríguez de Jorge, L. (15 de Diciembre de 2020). *El proceso de tratamiento de aguas residuales y eliminación de contaminantes emergentes*. Obtenido de Iagua: <https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamiento-aguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes>
- Rojas, R. (2002). Curso Internacional " GETIÓN INTEGRAL DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES ". *Conferencia Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Salas, S. (19 de Noviembre de 2017). *Cómo hacer la matriz de aspectos ambientales?* Obtenido de <https://www.youtube.com/@gestionyformacion>: <https://www.youtube.com/watch?v=UI97xT8YftI>
- Sanchez. (2021). *Montaje deredes de saneamiento*. ediciones paraninfo sa.
- SENA. (1999). *Operación y mantenimiento de plantas de potabilización de agua*. Impresión SENA publicaciones. Obtenido de Impresión SENA publicaciones:

[https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad\\_del\\_agua/operacion\\_potabilizacion/index.html#](https://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/index.html#)

Senagua. (2016). *Norma de Diseño para sistemas de abastecimiento de agua potable, disposicion de excretas y residuos liquidos en el area rural.*

## **ANEXOS**

**Figura 87**

*APU Excavación de Zanja (máquina)*

**ALCANTARILLADO SANITARIO**

**Codigo:** 1 G **Hoja:** 1 de 11  
**Rubro:** EXCAVACION ZANJA MAQUINA H=0.00m - H= - 2.5 m **Unidad:** m3  
**Detalle:**

| 1.- MATERIALES        |                               |          |             |             |             |         |
|-----------------------|-------------------------------|----------|-------------|-------------|-------------|---------|
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   | unidad   | cantidad    | P. Unitario | Costo       |         |
|                       |                               |          |             |             |             | \$ -    |
| <b>Suma:</b>          |                               |          |             |             |             | \$ -    |
| 2- MANO DE OBRA       |                               |          |             |             |             |         |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   | cantidad | jornal/hora | costo hora  | rendimiento | Costo   |
|                       | peon                          | 1        | 3.62        | 3.62        | 0.08        | \$ 0.29 |
|                       | operador maquinaria           | 1        | 4.06        | 4.06        | 0.08        | \$ 0.32 |
| <b>Suma:</b>          |                               |          |             |             |             | \$ 0.61 |
| 3.- EQUIPO MAQUINARIA |                               |          |             |             |             |         |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   | cantidad | tarifa/hora | costo hora  | rendimiento | Costo   |
|                       | herramienta menor (0 %)       |          |             |             |             | \$ -    |
|                       | retroexcavadora               | 1        | 25          | 25          | 0.08        | \$ 2.00 |
| <b>Suma:</b>          |                               |          |             |             |             | \$ 2.00 |
| 4.- TRANSPORTE        |                               |          |             |             |             |         |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   |          |             |             |             |         |
| <b>Suma:</b>          |                               |          |             |             |             | \$ -    |
| 5.- GASTOS DIRECTOS   |                               |          |             |             |             |         |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   |          |             |             |             |         |
|                       | total gasto directo (1+2+3+4) |          |             |             |             | \$ 2.61 |
| 6.- GASTOS INDIRECTOS |                               |          |             |             |             |         |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   |          |             |             |             |         |
|                       | total gasto indirecto         |          | 23.28%      |             |             | \$ 0.61 |
| 7.- UTILIDAD          |                               |          |             |             |             |         |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   |          |             |             |             |         |
|                       | total utilidad                |          | 15.00 %     |             |             | \$ 0.39 |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

**Total precio unitario: \$ 3.62**

Fuente: Los Autores.

## Figura 88

APU razanteo fondo de zanja a mano

### ALCANTARILLADO SANITARIO

Codigo: 2 G

Hoja: 2 de 11

Rubro: RAZANTEO FONDO DE ZANJA A MANO

Unidad: m2

Detalle:

| 1.- MATERIALES        |                               |          |             |             |             |                |
|-----------------------|-------------------------------|----------|-------------|-------------|-------------|----------------|
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   | unidad   | cantidad    | P. Unitario | Costo       |                |
|                       |                               |          |             |             | \$          | -              |
|                       |                               |          |             |             | \$          | -              |
|                       |                               |          |             |             | \$          | -              |
|                       |                               |          |             |             | \$          | -              |
| <b>Suma:</b>          |                               |          |             |             |             | <b>\$ -</b>    |
| 2- MANO DE OBRA       |                               |          |             |             |             |                |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   | cantidad | jornal/hora | costo hora  | rendimiento | Costo          |
|                       | peon                          | 1        | 3.62        | 3.62        | 0.08        | \$ 0.29        |
|                       | albañil                       | 1        | 3.66        | 3.66        | 0.08        | \$ 0.29        |
| <b>Suma:</b>          |                               |          |             |             |             | <b>\$ 0.58</b> |
| 3.- EQUIPO MAQUINARIA |                               |          |             |             |             |                |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   | cantidad | tarifa/hora | costo hora  | rendimiento | Costo          |
|                       | herramienta menor (5 %)       |          |             |             |             | \$ 0.03        |
| <b>Suma:</b>          |                               |          |             |             |             | <b>\$ 0.03</b> |
| 4.- TRANSPORTE        |                               |          |             |             |             |                |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   |          |             |             |             | Suma: \$ -     |
| <b>Suma:</b>          |                               |          |             |             |             | <b>\$ -</b>    |
| 5.- GASTOS DIRECTOS   |                               |          |             |             |             |                |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   |          |             |             |             | Suma: \$ 0.61  |
|                       | total gasto directo (1+2+3+4) |          |             |             |             | \$ 0.61        |
| 6.- GASTOS INDIRECTOS |                               |          |             |             |             |                |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   |          |             |             |             | Suma: \$ 0.14  |
|                       | total gasto indirecto         |          | 23.28%      |             |             | \$ 0.14        |
| 7.- UTILIDAD          |                               |          |             |             |             |                |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   |          |             |             |             | Suma: \$ 0.09  |
|                       | total utilidad                |          | 15.00 %     |             |             | \$ 0.09        |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

**Total precio unitario: \$ 0.85**

Fuente: Los Autores.

## Figura 89

APU tubería alcantarillado D: 250mm

### ALCANTARILLADO SANITARIO

Código: 3 G Hoja: 3 de 11  
 Rubro: TUBERIA ALCANTARILLADO D:250mm Unidad: m  
 Detalle:

| 1.- MATERIALES        |                                       |          |             |             |               |          |
|-----------------------|---------------------------------------|----------|-------------|-------------|---------------|----------|
| Código                | DESCRIPCIÓN                           | unidad   | cantidad    | P. Unitario | Costo         |          |
|                       | tubo rival corrugado D:250mm + caucho | m        | 1           | 10          | \$ 10.00      |          |
|                       | manteca                               | kg       | 0.2         | 0.6         | \$ 0.12       |          |
|                       |                                       |          |             |             | Suma:         | \$ 10.12 |
| 2.- MANO DE OBRA      |                                       |          |             |             |               |          |
| Código                | DESCRIPCIÓN                           | cantidad | jornal/hora | costo hora  | rendimiento   | Costo    |
|                       | peon                                  | 2        | 3.62        | 7.24        | 0.08          | \$ 0.58  |
|                       | albañil                               | 1        | 3.66        | 3.66        | 0.08          | \$ 0.29  |
|                       |                                       |          |             |             | Suma:         | \$ 0.87  |
| 3.- EQUIPO MAQUINARIA |                                       |          |             |             |               |          |
| Código                | DESCRIPCIÓN                           | cantidad | tarifa/hora | costo hora  | rendimiento   | Costo    |
|                       | herramienta menor (5 %)               |          |             |             |               | \$ 0.04  |
|                       |                                       |          |             |             | Suma:         | \$ 0.04  |
| 4.- TRANSPORTE        |                                       |          |             |             |               |          |
| Código                | DESCRIPCIÓN                           | unidad   | cantidad    | tarifa/km   | km recorridos |          |
|                       |                                       |          |             |             | Suma:         | \$ -     |
| 5.- GASTOS DIRECTOS   |                                       |          |             |             |               |          |
| Código                | DESCRIPCIÓN                           |          |             |             |               |          |
|                       | total gasto directo (1+2+3+4)         |          |             |             | Suma:         | \$ 11.04 |
| 6.- GASTOS INDIRECTOS |                                       |          |             |             |               |          |
| Código                | DESCRIPCIÓN                           |          |             |             |               |          |
|                       | total gasto indirecto                 |          | 23.28%      |             | Suma:         | \$ 2.57  |
| 7.- UTILIDAD          |                                       |          |             |             |               |          |
| Código                | DESCRIPCIÓN                           |          |             |             |               |          |
|                       | total utilidad                        |          | 15.00 %     |             | Suma:         | \$ 1.66  |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Total precio unitario: \$ 15.26

Fuente: Los Autores.



**Figura 91**

*APU relleno compactado con material de excavación*

**ALCANTARILLADO SANITARIO**

**Codigo:** 5 G **Hoja:** 5 de 11  
**Rubro:** RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE EXCAVACION **Unidad:** m3  
**Detalle:** compactado con retroexcavadora

| <b>1.- MATERIALES</b>                |                                  |          |             |             |             |                                       |
|--------------------------------------|----------------------------------|----------|-------------|-------------|-------------|---------------------------------------|
| Codigo                               | DESCRIPCIÓN                      | unidad   | cantidad    | P. Unitario | Costo       |                                       |
|                                      |                                  |          |             |             |             | \$ -                                  |
|                                      |                                  |          |             |             |             | \$ -                                  |
|                                      |                                  |          |             |             |             | \$ -                                  |
|                                      |                                  |          |             |             |             | \$ -                                  |
| <b>Suma:</b>                         |                                  |          |             |             |             | \$ -                                  |
| <b>2- MANO DE OBRA</b>               |                                  |          |             |             |             |                                       |
| Codigo                               | DESCRIPCIÓN                      | cantidad | jornal/hora | costo hora  | rendimiento | Costo                                 |
|                                      | peon                             | 1        | 3.62        | 3.62        | 0.11        | \$ 0.41                               |
|                                      | operador maquinaria              | 1        | 4.06        | 4.06        | 0.11        | \$ 0.46                               |
|                                      | operador de compactador mecanico | 1        | 4.06        | 4.06        | 0.16        | \$ 0.65                               |
| <b>Suma:</b>                         |                                  |          |             |             |             | \$ 1.53                               |
| <b>3.- EQUIPO MAQUINARIA</b>         |                                  |          |             |             |             |                                       |
| Codigo                               | DESCRIPCIÓN                      | cantidad | tarifa/hora | costo hora  | rendimiento | Costo                                 |
|                                      | herramienta menor (5 %)          |          |             |             |             | \$ 0.08                               |
|                                      | retroexcavadora                  | 1        | 25          | 25          | 0.05        | \$ 1.25                               |
|                                      | compactador mecanico 25 HP       | 1        | 3.15        | 3.15        | 0.16        | \$ 0.50                               |
| <b>Suma:</b>                         |                                  |          |             |             |             | \$ 1.83                               |
| <b>4.- TRANSPORTE</b>                |                                  |          |             |             |             |                                       |
| Codigo                               | DESCRIPCIÓN                      |          |             |             |             |                                       |
| <b>Suma:</b>                         |                                  |          |             |             |             | \$ -                                  |
| <b>5.- GASTOS DIRECTOS</b>           |                                  |          |             |             |             |                                       |
| Codigo                               | DESCRIPCIÓN                      |          |             |             |             |                                       |
|                                      | total gasto directo (1+2+3+4)    |          |             |             |             | \$ 3.36                               |
| <b>6.- GASTOS INDIRECTOS</b>         |                                  |          |             |             |             |                                       |
| Codigo                               | DESCRIPCIÓN                      |          |             |             |             |                                       |
|                                      | total gasto indirecto            |          | 23.28%      |             |             | \$ 0.78                               |
| <b>7.- UTILIDAD</b>                  |                                  |          |             |             |             |                                       |
| Codigo                               | DESCRIPCIÓN                      |          |             |             |             |                                       |
|                                      | total utilidad                   |          | 15.00 %     |             |             | \$ 0.50                               |
| <b>ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA</b> |                                  |          |             |             |             | <b>Total precio unitario: \$ 4.64</b> |

Fuente: Los Autores.

## Figura 92

APU cama de arena

### ALCANTARILLADO SANITARIO

Codigo: 6 G  
 Rubro: CAMA DE ARENA  
 Detalle:

Hoja: 6 de 11  
 Unidad: m2

| 1.- MATERIALES        |                               |          |             |             |               |         |       |
|-----------------------|-------------------------------|----------|-------------|-------------|---------------|---------|-------|
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   | unidad   | cantidad    | P. Unitario | Costo         |         |       |
|                       | arena                         | m3       | 0.05        | 14          | \$ 0.70       |         |       |
|                       |                               |          |             |             | Suma:         | \$ 0.70 |       |
| 2.- MANO DE OBRA      |                               |          |             |             |               |         |       |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   | cantidad | jornal/hora | costo hora  | rendimiento   | Costo   |       |
|                       | albañil                       | 1        | 3.66        | 3.66        | 0.13          | \$ 0.49 |       |
|                       |                               |          |             |             | Suma:         | \$ 0.49 |       |
| 3.- EQUIPO MAQUINARIA |                               |          |             |             |               |         |       |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   | cantidad | tarifa/dia  | costo hora  | rendimiento   | Costo   |       |
|                       | herramienta menor (5 %)       |          |             |             |               | \$ 0.02 |       |
|                       |                               |          |             |             | Suma:         | \$ 0.02 |       |
| 4.- TRANSPORTE        |                               |          |             |             |               |         |       |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   | unidad   | cantidad    | tarifa/km   | km recorridos | Costo   |       |
|                       | arena                         | m3       | 0.05        | 0.28        | 50            | \$ 0.70 |       |
|                       |                               |          |             |             | Suma:         | \$ 0.70 |       |
| 5.- GASTOS DIRECTOS   |                               |          |             |             |               |         |       |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   |          |             |             |               | Suma:   | Costo |
|                       | total gasto directo (1+2+3+4) |          |             |             |               | \$      | 1.91  |
| 6.- GASTOS INDIRECTOS |                               |          |             |             |               |         |       |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   |          |             |             |               | Suma:   | Costo |
|                       | total gasto indirecto         | 23.28%   |             |             |               | \$      | 0.45  |
| 7.- UTILIDAD          |                               |          |             |             |               |         |       |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   |          |             |             |               | Suma:   | Costo |
|                       | total utilidad                | 15.00 %  |             |             |               | \$      | 0.29  |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

Total precio unitario: \$ 2.64

Fuente: Los Autores.

**Figura 93**

APU pozo de revisión H.S.

**ALCANTARILLADO SANITARIO**

Codigo: 7 G Hoja: 7 de 11  
 Rubro: Pozo de revision H.S. incluye tapa HF H= 0.00 - 2.5 m Unidad: m  
 Detalle:

| 1.- MATERIALES        |                               |          |             |                               |                  |                  |
|-----------------------|-------------------------------|----------|-------------|-------------------------------|------------------|------------------|
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   | unidad   | cantidad    | P. Unitario                   | Costo            |                  |
|                       | cemento                       | kg       | 901.25      | 0.16                          | \$ 144.20        |                  |
|                       | arena                         | m3       | 1.35        | 14                            | \$ 18.90         |                  |
|                       | grava                         | m3       | 2.375       | 12.8                          | \$ 30.40         |                  |
|                       | agua                          | m3       | 0.553       | 0.3                           | \$ 0.17          |                  |
|                       | plastocrete                   | kg       | 0.05        | 1.47                          | \$ 0.07          |                  |
|                       | Tapa hierro + caerco HF       | u        | 1           | 171                           | \$ 171.00        |                  |
|                       | encofrado metalico            | u        | 1           | 2.25                          | \$ 2.25          |                  |
|                       | acero refuerzo                | kg       | 21.05       | 1.1                           | \$ 23.16         |                  |
|                       | pedra                         | m3       | 0.6         | 6                             | \$ 3.60          |                  |
|                       |                               |          |             |                               | <b>Suma:</b>     | <b>\$ 393.74</b> |
| 2- MANO DE OBRA       |                               |          |             |                               |                  |                  |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   | cantidad | jornal/hora | costo hora                    | rendimiento      | Costo            |
|                       | peon                          | 8        | 3.62        | 28.96                         | 2.3              | \$ 66.61         |
|                       | albañil                       | 1        | 3.66        | 3.66                          | 2.3              | \$ 8.42          |
|                       | maestro mayor                 | 1        | 4.06        | 4.06                          | 2.3              | \$ 9.34          |
|                       |                               |          |             |                               | <b>Suma:</b>     | <b>\$ 84.36</b>  |
| 3.- EQUIPO MAQUINARIA |                               |          |             |                               |                  |                  |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   | cantidad | tarifa/dia  | costo hora                    | rendimiento      | Costo            |
|                       | herramienta menor (5 %)       |          |             |                               |                  | \$ 4.22          |
|                       | concretera 1 saco             | 1        | 3.12        | 3.12                          | 7                | \$ 21.84         |
|                       |                               |          |             |                               | <b>Suma:</b>     | <b>\$ 26.06</b>  |
| 4.- TRANSPORTE        |                               |          |             |                               |                  |                  |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   | unidad   | cantidad    | tarifa/km                     | km recorridos    | Costo            |
|                       | arena                         | m3       | 1.35        | 0.28                          | 50               | \$ 18.90         |
|                       | ripio                         | m3       | 2.375       | 0.28                          | 45               | \$ 29.93         |
|                       |                               |          |             |                               | <b>Suma:</b>     | <b>\$ 48.83</b>  |
| 5.- GASTOS DIRECTOS   |                               |          |             |                               |                  |                  |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   |          |             |                               |                  | Costo            |
|                       | total gasto directo (1+2+3+4) |          |             |                               |                  | <b>\$ 552.99</b> |
| 6.- GASTOS INDIRECTOS |                               |          |             |                               |                  |                  |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   |          |             |                               |                  | Costo            |
|                       | total gasto indirecto         |          | 23.28%      |                               |                  | <b>\$ 128.74</b> |
| 7.- UTILIDAD          |                               |          |             |                               |                  |                  |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                   |          |             |                               |                  | Costo            |
|                       | total utilidad                |          | 15.00 %     |                               |                  | <b>\$ 82.95</b>  |
|                       |                               |          |             | <b>Total precio unitario:</b> | <b>\$ 764.68</b> |                  |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

**Total precio unitario: \$ 764.68**

Fuente: Los Autores.

**Figura 94**

*Tubería de alcantarillado D: 200mm*

**ALCANTARILLADO SANITARIO**

**Codigo:** 8 G **Hoja:** 8 de 11  
**Rubro:** TUBERIA ALCANTARILLADO D:200mm **Unidad:** m  
**Detalle:**

| 1.- MATERIALES        |                                       |          |             |             |                      |              |       |
|-----------------------|---------------------------------------|----------|-------------|-------------|----------------------|--------------|-------|
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                           | unidad   | cantidad    | P. Unitario | Costo                |              |       |
|                       | tubo rival corrugado D:200mm + caucho | m        | 1           | 9.12        | \$ 9.12              |              |       |
|                       | manteca                               | kg       | 0.2         | 0.6         | \$ 0.12              |              |       |
|                       |                                       |          |             |             | <b>Suma:</b> \$ 9.24 |              |       |
| 2.- MANO DE OBRA      |                                       |          |             |             |                      |              |       |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                           | cantidad | jornal/hora | costo hora  | rendimiento          | Costo        |       |
|                       | peon                                  | 2        | 3.62        | 7.24        | 0.08                 | \$ 0.58      |       |
|                       | albañil                               | 1        | 3.66        | 3.66        | 0.08                 | \$ 0.29      |       |
|                       |                                       |          |             |             | <b>Suma:</b> \$ 0.87 |              |       |
| 3.- EQUIPO MAQUINARIA |                                       |          |             |             |                      |              |       |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                           | cantidad | tarifa/hora | costo hora  | rendimiento          | Costo        |       |
|                       | herramienta menor (5 %)               |          |             |             |                      | \$ 0.04      |       |
|                       |                                       |          |             |             | <b>Suma:</b> \$ 0.04 |              |       |
| 4.- TRANSPORTE        |                                       |          |             |             |                      |              |       |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                           | unidad   | cantidad    | tarifa/km   | km recorridos        |              |       |
|                       |                                       |          |             |             | <b>Suma:</b> \$ -    |              |       |
| 5.- GASTOS DIRECTOS   |                                       |          |             |             |                      |              |       |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                           |          |             |             |                      | <b>Suma:</b> |       |
|                       | total gasto directo (1+2+3+4)         |          |             |             |                      | \$           | 10.16 |
| 6.- GASTOS INDIRECTOS |                                       |          |             |             |                      |              |       |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                           |          |             |             |                      | <b>Suma:</b> |       |
|                       | total gasto indirecto                 | 23.28%   |             |             |                      | \$           | 2.36  |
| 7.- UTILIDAD          |                                       |          |             |             |                      |              |       |
| Codigo                | DESCRIPCIÓN                           |          |             |             |                      | <b>Suma:</b> |       |
|                       | total utilidad                        | 15.00 %  |             |             |                      | \$           | 1.52  |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

**Total precio unitario: \$ 14.04**

Fuente: Los Autores.



**Figura 96**

*APU replantillo*

**ALCANTARILLADO SANITARIO**

**Codigo:** 10 G  
**Rubro:** REPLANTILLO f'c 180 kg/cm2  
**Detalle:**

**Hoja:** 10 de 11  
**Unidad:** m3

| <b>1.- MATERIALES</b>        |                               |          |             |             |               |                 |
|------------------------------|-------------------------------|----------|-------------|-------------|---------------|-----------------|
| Codigo                       | DESCRIPCIÓN                   | unidad   | cantidad    | P. Unitario | Costo         |                 |
|                              | cemento                       | saco     | 6.5         | 7.5         | \$ 48.75      |                 |
|                              | arena                         | m3       | 0.65        | 14          | \$ 9.10       |                 |
|                              | grava                         | m3       | 0.95        | 12.8        | \$ 12.16      |                 |
|                              | agua                          | m3       | 0.24        | 0.3         | \$ 0.07       |                 |
| <b>Suma:</b>                 |                               |          |             |             |               | <b>\$ 70.08</b> |
| <b>2.- MANO DE OBRA</b>      |                               |          |             |             |               |                 |
| Codigo                       | DESCRIPCIÓN                   | cantidad | jornal/hora | costo hora  | rendimiento   | Costo           |
|                              | peon                          | 8        | 3.62        | 28.96       | 2.3           | \$ 66.61        |
|                              | albañil                       | 1        | 3.66        | 3.66        | 2.3           | \$ 8.42         |
|                              | maestro mayor                 | 1        | 4.06        | 4.06        | 2.3           | \$ 9.34         |
| <b>Suma:</b>                 |                               |          |             |             |               | <b>\$ 84.36</b> |
| <b>3.- EQUIPO MAQUINARIA</b> |                               |          |             |             |               |                 |
| Codigo                       | DESCRIPCIÓN                   | cantidad | tarifa/dia  | costo hora  | rendimiento   | Costo           |
|                              | herramienta menor (5 %)       |          |             |             |               | \$ 4.22         |
|                              | concretera 1 saco             | 1        | 3.12        | 3.12        | 7             | \$ 21.84        |
| <b>Suma:</b>                 |                               |          |             |             |               | <b>\$ 26.06</b> |
| <b>4.- TRANSPORTE</b>        |                               |          |             |             |               |                 |
| Codigo                       | DESCRIPCIÓN                   | unidad   | cantidad    | tarifa/km   | km recorridos | Costo           |
|                              | arena                         | m3       | 0.65        | 0.28        | 50            | \$ 9.10         |
|                              | ripio                         | m3       | 0.95        | 0.28        | 45            | \$ 11.97        |
| <b>Suma:</b>                 |                               |          |             |             |               | <b>\$ 21.07</b> |
| <b>5.- GASTOS DIRECTOS</b>   |                               |          |             |             |               |                 |
| Codigo                       | DESCRIPCIÓN                   |          |             |             |               | Costo           |
|                              | total gasto directo (1+2+3+4) |          |             |             |               | \$ 201.57       |
| <b>6.- GASTOS INDIRECTOS</b> |                               |          |             |             |               |                 |
| Codigo                       | DESCRIPCIÓN                   |          |             |             |               | Costo           |
|                              | total gasto indirecto         |          | 23.28%      |             |               | \$ 46.93        |
| <b>7.- UTILIDAD</b>          |                               |          |             |             |               |                 |
| Codigo                       | DESCRIPCIÓN                   |          |             |             |               | Costo           |
|                              | total utilidad                |          | 15.00 %     |             |               | \$ 30.24        |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

**Total precio unitario: \$ 278.74**

Fuente: Los Autores.

**Figura 97**

*APU hormigón armado*

**ALCANTARILLADO SANITARIO**

**Codigo:** 11 G  
**Rubro:** HORMIGON ARMADO f'c 240kg/cm2  
**Detalle:**

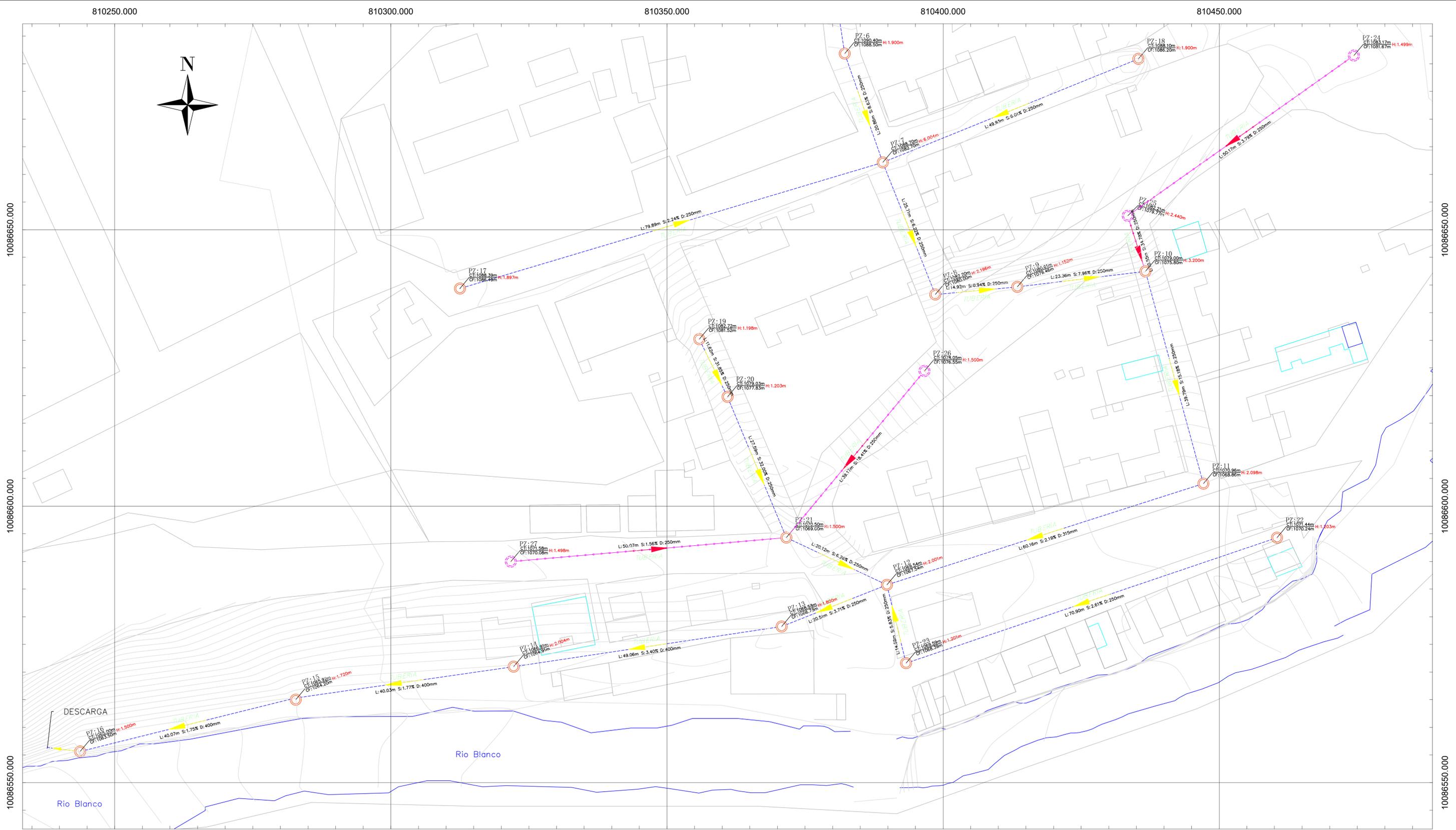
**Hoja:** 11 de 11  
**Unidad:** m3

| <b>1.- MATERIALES</b>        |                               |          |             |             |                  |                  |
|------------------------------|-------------------------------|----------|-------------|-------------|------------------|------------------|
| Codigo                       | DESCRIPCIÓN                   | unidad   | cantidad    | P. Unitario | Costo            |                  |
|                              | cemento                       | saco     | 7.8         | 7.5         | \$ 58.50         |                  |
|                              | arena                         | m3       | 0.65        | 14          | \$ 9.10          |                  |
|                              | grava                         | m3       | 0.95        | 12.8        | \$ 12.16         |                  |
|                              | acero refuerzo                | kg       | 21.05       | 1.1         | \$ 23.16         |                  |
|                              | agua                          | m3       | 0.19        | 0.3         | \$ 0.06          |                  |
| <b>Suma:</b>                 |                               |          |             |             | <b>\$ 102.97</b> |                  |
| <b>2- MANO DE OBRA</b>       |                               |          |             |             |                  |                  |
| Codigo                       | DESCRIPCIÓN                   | cantidad | jornal/hora | costo hora  | rendimiento      | Costo            |
|                              | peon                          | 8        | 3.62        | 28.96       | 2.3              | \$ 66.61         |
|                              | albañil                       | 1        | 3.66        | 3.66        | 2.3              | \$ 8.42          |
|                              | maestro mayor                 | 1        | 4.06        | 4.06        | 2.3              | \$ 9.34          |
| <b>Suma:</b>                 |                               |          |             |             | <b>\$ 84.36</b>  |                  |
| <b>3.- EQUIPO MAQUINARIA</b> |                               |          |             |             |                  |                  |
| Codigo                       | DESCRIPCIÓN                   | cantidad | tarifa/dia  | costo hora  | rendimiento      | Costo            |
|                              | herramienta menor (5 %)       |          |             |             |                  | \$ 4.22          |
|                              | concretera 1 saco             | 1        | 3.12        | 3.12        | 7                | \$ 21.84         |
| <b>Suma:</b>                 |                               |          |             |             | <b>\$ 26.06</b>  |                  |
| <b>4.- TRANSPORTE</b>        |                               |          |             |             |                  |                  |
| Codigo                       | DESCRIPCIÓN                   | unidad   | cantidad    | tarifa/km   | km recorridos    | Costo            |
|                              | arena                         | m3       | 0.65        | 0.28        | 50               | \$ 9.10          |
|                              | ripio                         | m3       | 0.95        | 0.28        | 45               | \$ 11.97         |
| <b>Suma:</b>                 |                               |          |             |             | <b>\$ 21.07</b>  |                  |
| <b>5.- GASTOS DIRECTOS</b>   |                               |          |             |             |                  |                  |
| Codigo                       | DESCRIPCIÓN                   |          |             |             |                  | Costo            |
|                              | total gasto directo (1+2+3+4) |          |             |             |                  | <b>\$ 234.46</b> |
| <b>6.- GASTOS INDIRECTOS</b> |                               |          |             |             |                  |                  |
| Codigo                       | DESCRIPCIÓN                   |          |             |             |                  | Costo            |
|                              | total gasto indirecto         |          | 23.28%      |             |                  | <b>\$ 54.58</b>  |
| <b>7.- UTILIDAD</b>          |                               |          |             |             |                  |                  |
| Codigo                       | DESCRIPCIÓN                   |          |             |             |                  | Costo            |
|                              | total utilidad                |          | 15.00 %     |             |                  | <b>\$ 35.17</b>  |

ESTOS PRECIOS NO INCLUYEN IVA

**Total precio unitario: \$ 324.22**

Fuente: Los Autores.



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

|                            |                         |                               |                                |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Andrés Meneses S.<br>Autor | Erika Yupa M.<br>Autora | Ing. Gabriela Soria<br>Tutora | Ing. Andrés Heredia<br>Revisor |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------------|--------------------------------|

ESTE PLANO ES PROPIEDAD DE UPS. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSION, COPIA, USO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA UNIVERSIDAD

**PROYECTO:**  
ALCANTARILLADO SANITARIO GUALCHAN"

**CONTENIDO:**  
TRAZO RED DE ALCANTARILLADO  
DATOS Y UBICACION POZOS DE REVISION  
DATOS DE LA TUBERIA ALCANTARILLADO  
SITIO DESCARGA DE LA RED  
COORDENADAS UTM

**NOTAS GENERALES:**

- 1) El diámetro tubo corresponde a D:250mm, diámetro mínimo por Norma
- 2) Diseño del la velocidad de flujo no supera Vmax: 4.5 m/seg exigida en norma
- 3) Diseño del la velocidad de flujo no sera inferior a la mfn permitida por norma, V min: 0.6 m/seg

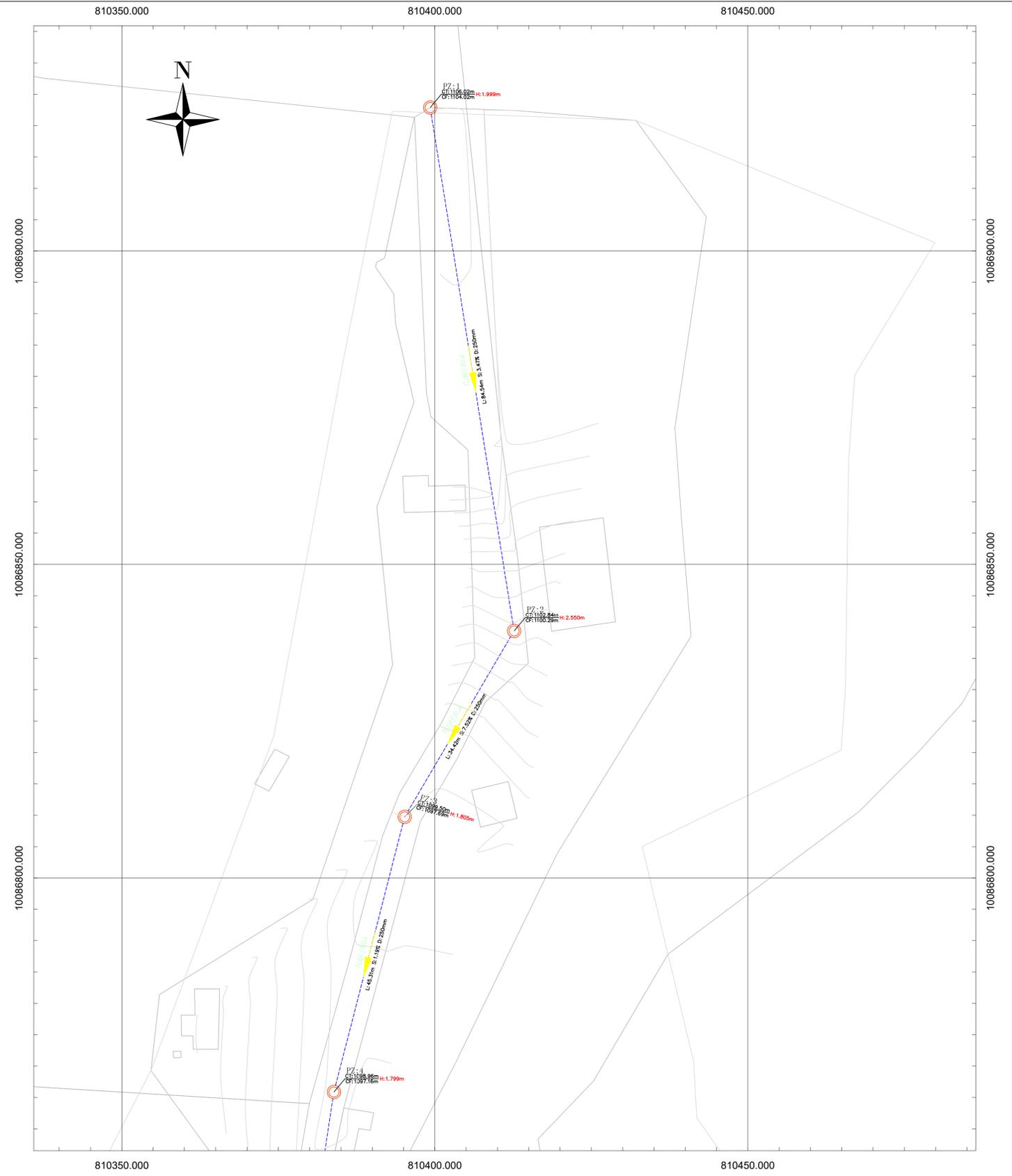
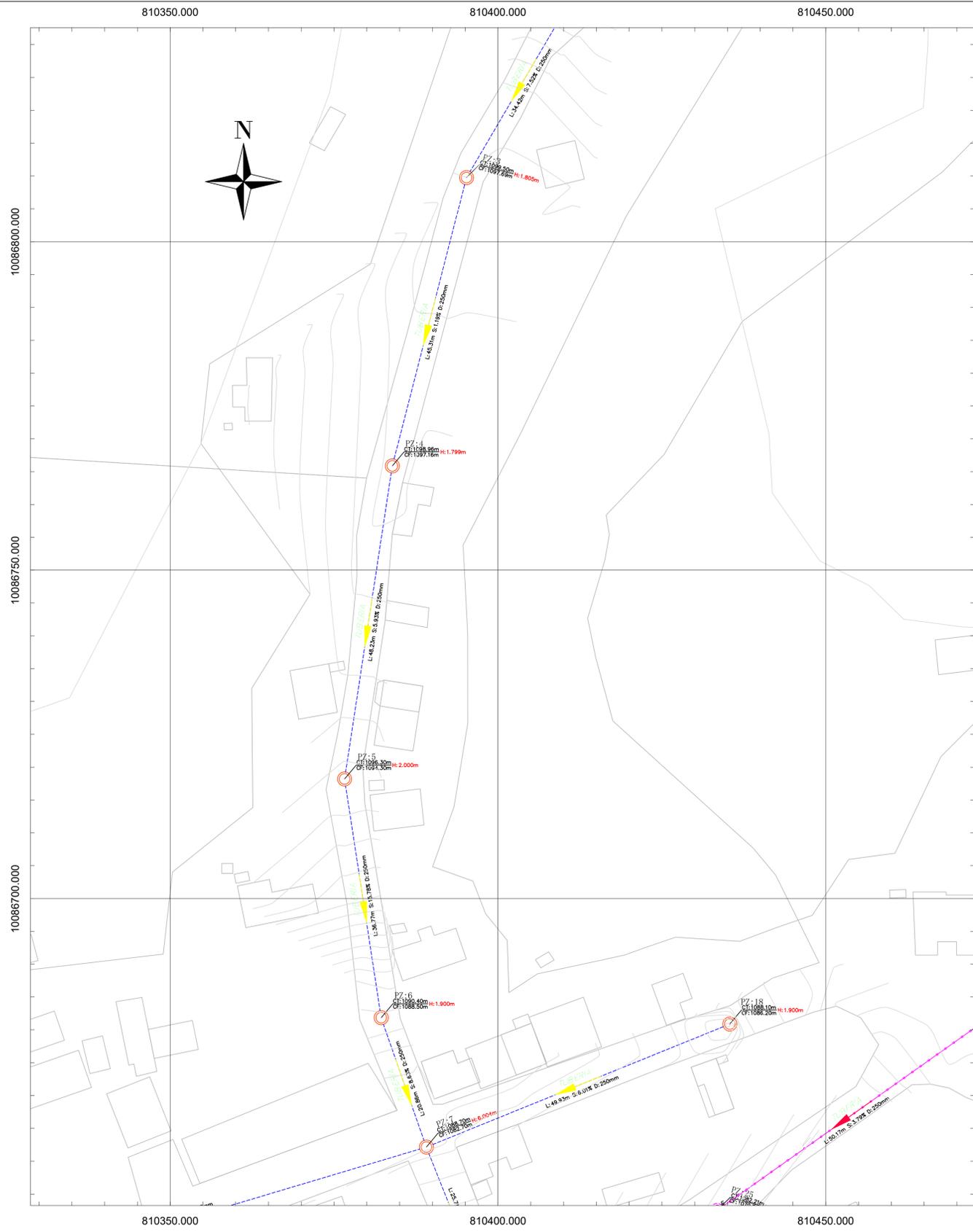
**SELLOS APROBACION:**

FECHA:  
ENERO DEL 2023

ARCHIVO CAD:

ESCALA: 1:1000      FORMATO: A1

NUMERO:  
1 DE 7



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Andrés Meneses S. Autor  
Erika Yupa M. Autora  
Ing. Gabriela Soria Tutora  
Ing. Andrés Heredia Revisor

PROYECTO: ALCANTARILLADO SANITARIO GUALCHAN"

CONTENIDO:  
TRAZO RED DE ALCANTARILLADO  
DATOS Y UBICACION POZOS DE REVISION  
DATOS DE LA TUBERIA ALCANTARILLADO  
SITIO DESCARGA DE LA RED  
COORDENADAS UTM

NOTAS GENERALES:  
1) El diámetro tubo corresponde a D:250mm, diámetro mínimo por Norma  
2) Diseño del la velocidad de flujo no supera Vmax: 4.5 m/seg exigida en norma  
3) Diseño del la velocidad de flujo no sera inferior a la mfn permitida por norma, V min: 0.6 m/seg

SELLOS APROBACION:

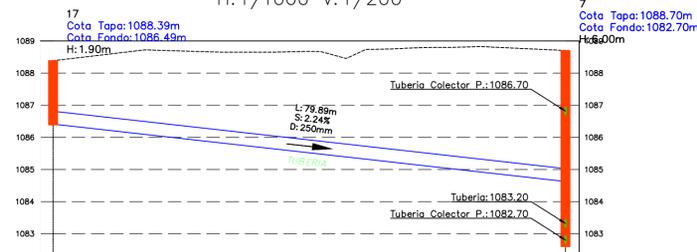
FECHA:  
ENERO DEL 2023

ARCHIVO CAD:

ESCALA: 1:1000  
FORMATO: A1

NUMERO:  
2 DE 7

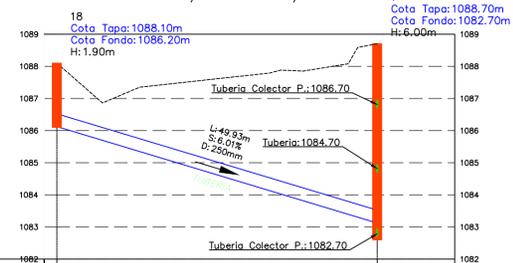
Alineamiento TRAMO 1 – GUALCHAN  
H:1/1000 V:1/200



|                       |                 |         |
|-----------------------|-----------------|---------|
| COTA TAPA DE POZO     | 1088.39         | 1088.70 |
| COTA FONDO DE POZO    | 1086.49         | 1082.70 |
| ALTURA DE POZO        | 1.90m           | 6.00m   |
| DISTANCIA – PENDIENTE | 2.24% en 79.91m |         |
| DISTANCIA ACUMULADA   | 0+00.00         | 0+79.89 |
| COTA LLEGADA TUB      | 1086.49         | 1082.70 |
| COTA SALIDA TUB       | 1086.49         | 1082.70 |

POZOS PZ17 PZ7

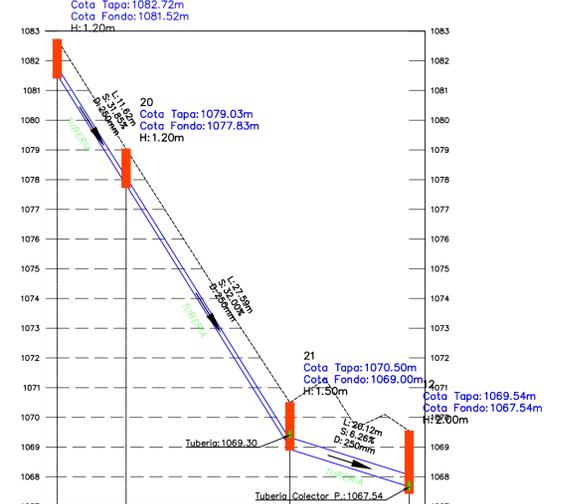
Alineamiento TRAMO 2 – GUALCHAN  
H:1/1000 V:1/200



|                       |                 |         |
|-----------------------|-----------------|---------|
| COTA TAPA DE POZO     | 1088.10         | 1088.70 |
| COTA FONDO DE POZO    | 1086.20         | 1082.70 |
| ALTURA DE POZO        | 1.90m           | 6.00m   |
| DISTANCIA – PENDIENTE | 6.01% en 50.02m |         |
| DISTANCIA ACUMULADA   | 0+00.00         | 0+49.93 |
| COTA LLEGADA TUB      | 1086.20         | 1082.70 |
| COTA SALIDA TUB       | 1086.20         | 1082.70 |

POZOS PZ18 PZ7

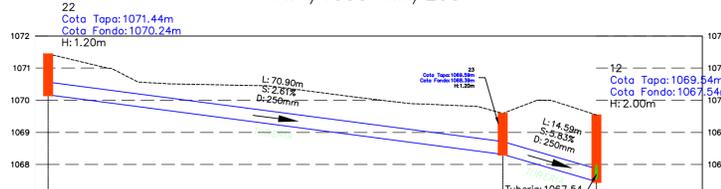
Alineamiento TRAMO 3 – GUALCHAN  
H:1/1000 V:1/200



|                       |                  |         |         |         |
|-----------------------|------------------|---------|---------|---------|
| COTA TAPA DE POZO     | 1082.72          | 1079.03 | 1070.50 | 1069.54 |
| COTA FONDO DE POZO    | 1081.52          | 1077.83 | 1069.00 | 1067.54 |
| ALTURA DE POZO        | 1.20m            | 1.20m   | 1.50m   | 2.00m   |
| DISTANCIA – PENDIENTE | 32.00% en 28.97m |         |         |         |
| DISTANCIA ACUMULADA   | 0+00.00          | 0+11.62 | 0+39.21 | 0+59.32 |
| COTA LLEGADA TUB      | 1081.52          | 1077.83 | 1069.00 | 1067.54 |
| COTA SALIDA TUB       | 1081.52          | 1077.83 | 1069.00 | 1067.54 |

POZOS PZ19 PZ20 PZ21 PZ12

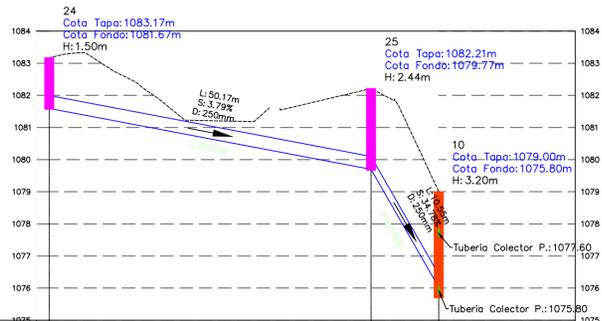
Alineamiento TRAMO 4 – GUALCHAN  
H:1/1000 V:1/200



|                       |                 |         |         |
|-----------------------|-----------------|---------|---------|
| COTA TAPA DE POZO     | 1071.44         | 1069.59 | 1069.54 |
| COTA FONDO DE POZO    | 1070.24         | 1068.39 | 1067.54 |
| ALTURA DE POZO        | 1.20m           | 1.20m   | 2.00m   |
| DISTANCIA – PENDIENTE | 2.61% en 70.92m |         |         |
| DISTANCIA ACUMULADA   | 0+00.00         | 0+70.90 | 0+85.49 |
| COTA LLEGADA TUB      | 1070.24         | 1068.39 | 1067.54 |
| COTA SALIDA TUB       | 1070.24         | 1068.39 | 1067.54 |

POZOS PZ22 PZ23 PZ12

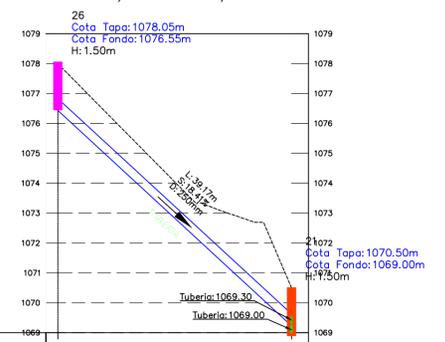
Alineamiento TRAMO 5 – GUALCHAN  
H:1/1000 V:1/200



|                       |                 |         |         |
|-----------------------|-----------------|---------|---------|
| COTA TAPA DE POZO     | 1083.17         | 1082.21 | 1079.00 |
| COTA FONDO DE POZO    | 1081.67         | 1079.77 | 1075.80 |
| ALTURA DE POZO        | 1.50m           | 2.44m   | 3.20m   |
| DISTANCIA – PENDIENTE | 3.79% en 50.21m |         |         |
| DISTANCIA ACUMULADA   | 0+00.00         | 0+50.17 | 0+60.73 |
| COTA LLEGADA TUB      | 1081.67         | 1079.77 | 1075.80 |
| COTA SALIDA TUB       | 1081.67         | 1079.77 | 1075.80 |

POZOS PZ24 PZ25 PZ10

Alineamiento TRAMO 6 – GUALCHAN  
H:1/1000 V:1/200



|                       |                  |         |
|-----------------------|------------------|---------|
| COTA TAPA DE POZO     | 1078.05          | 1070.50 |
| COTA FONDO DE POZO    | 1076.55          | 1069.00 |
| ALTURA DE POZO        | 1.50m            | 1.50m   |
| DISTANCIA – PENDIENTE | 18.41% en 39.83m |         |
| DISTANCIA ACUMULADA   | 0+00.00          | 0+39.17 |
| COTA LLEGADA TUB      | 1076.55          | 1069.00 |
| COTA SALIDA TUB       | 1076.55          | 1069.00 |

POZOS PZ26 PZ21

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Andrés Meneses S. Autor  
Erika Yupa M. Autora  
Ing. Gabriela Soria Tutora  
Ing. Andrés Heredia Revisor

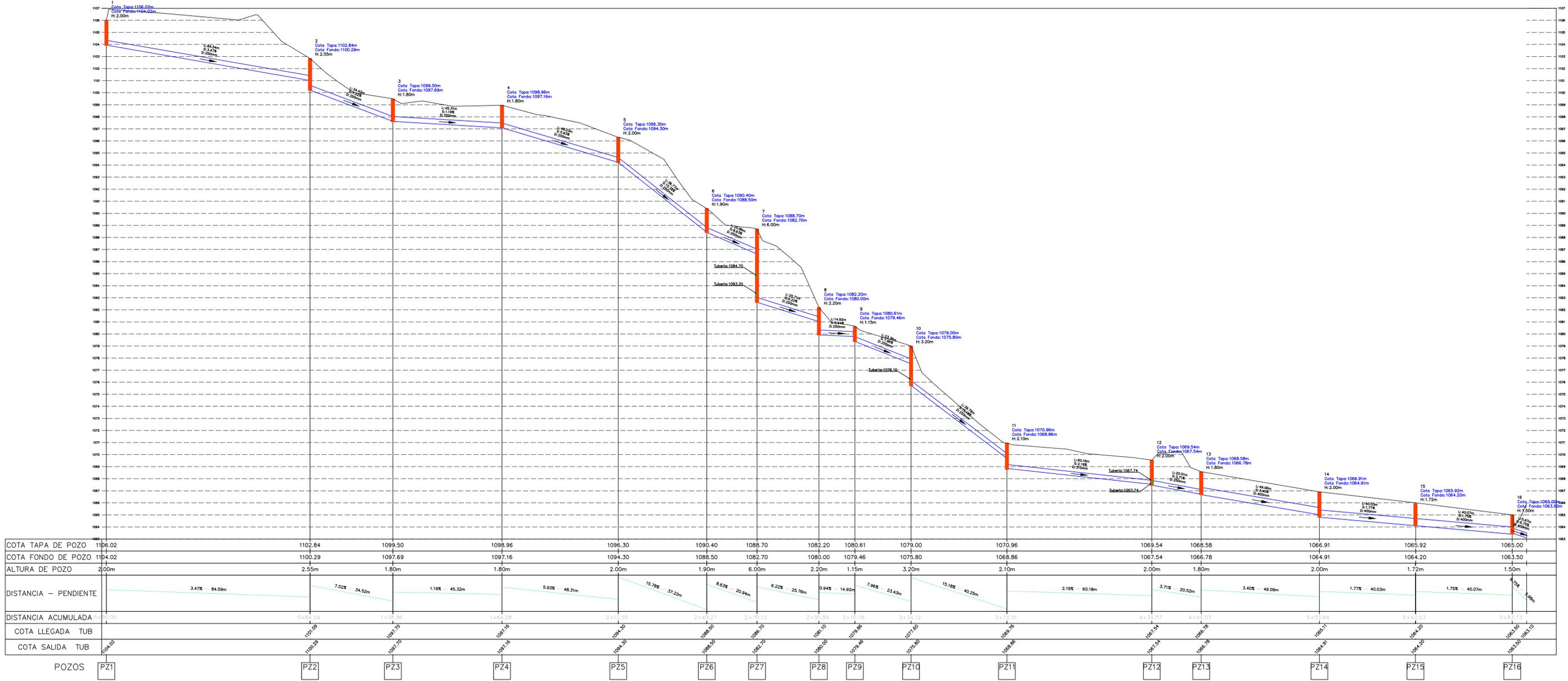
PROYECTO:  
ALCANTARILLADO SANITARIO GUALCHAN

CONTENIDO:  
PERFILES LONGITUDINALES DE LOS TRAMOS 1, TRAMO 2 TRAMO 3, TRAMO 4, TRAMO 5, TRAMO 6 DE LA RED DE ALCANTARILLADO GUALCHAN

NOTAS GENERALES:  
1) El diámetro tubo corresponde a D:250mm, diámetro mínimo por Norma  
2) Diseño de la velocidad de flujo no supera Vmax: 4.5 m/seg exigida en norma  
3) Diseño de la velocidad de flujo no sera inferior a la mín permitida por norma, V min: 0.6 m/seg

SELLOS APROBACION:

FECHA:  
ENERO DEL 2023  
ARCHIVO CAD:  
ESCALA: A1  
FORMATO:  
NUMERO:  
3 DE 7



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Andrés Meneses S. Autor  
Erika Yupa M. Autora  
Ing. Gabriela Soria Tutora  
Ing. Andrés Heredia Revisor

ESTE PLAN ES PROPIEDAD DE UPS, QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSION, COPIA, USO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA UNIVERSIDAD

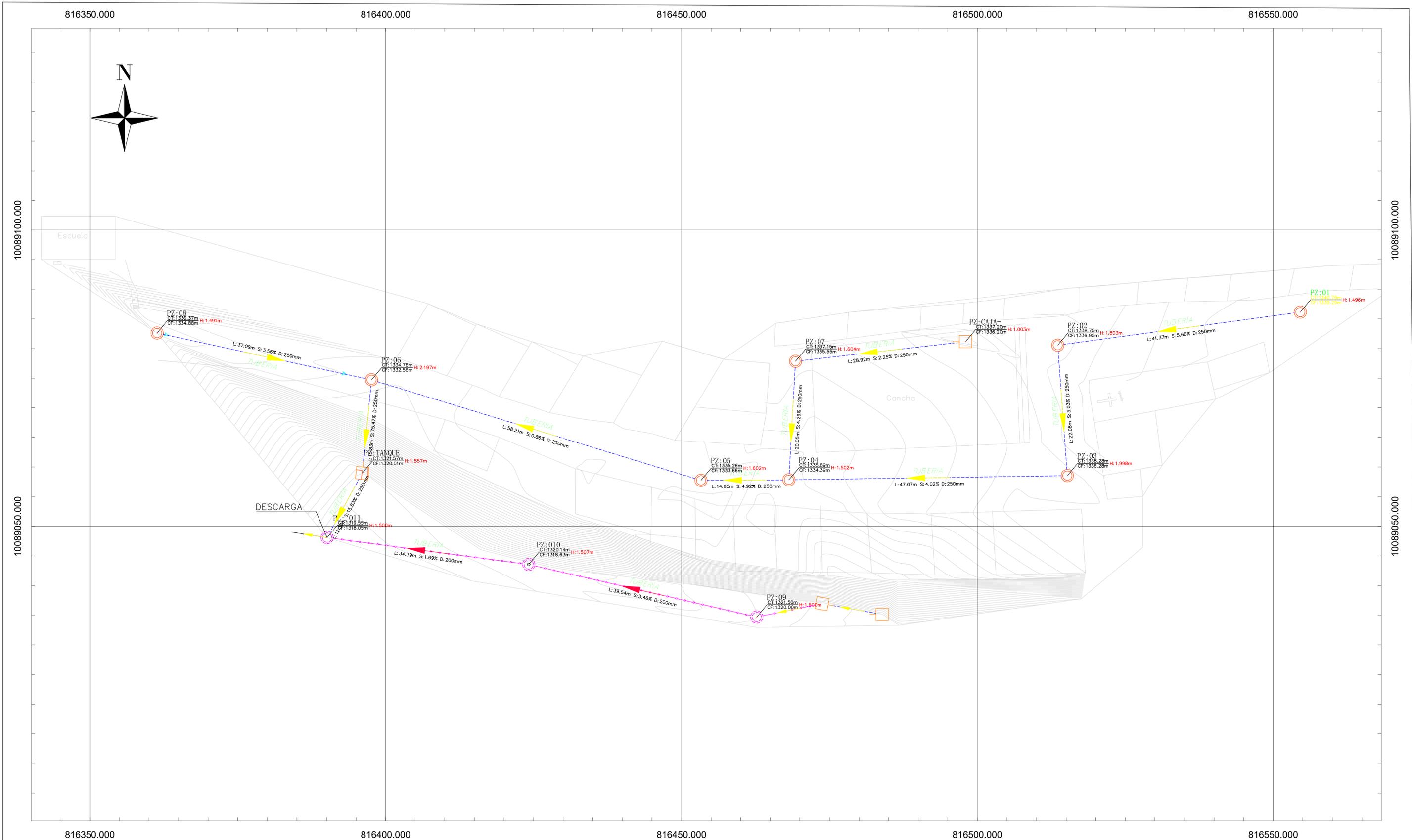
PROYECTO:  
ALCANTARILLADO SANITARIO GUALCHAN"

CONTENIDO:  
PERFIL LONGITUDINAL DEL COLECTOR PRINCIPAL GUALCHAN

NOTAS GENERALES:  
1) El diámetro tubo corresponde a D:250mm, diámetro mínimo por Norma  
2) Diseño del la velocidad de flujo no supera Vmax: 4.5 m/seg exigida en norma  
3) Diseño del la velocidad de flujo no sera inferior a la mín permitida por norma, V min: 0.6 m/seg

SELLOS APROBACION:

FECHA:  
ENERO DEL 2023  
ARCHIVO CAD:  
ESCALA: 1:1000  
FORMATO: A1  
NUMERO: 4 DE 7



UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

---

Andrés Meneses S. Autor      Erika Yupa M. Autora      Ing. Gabriela Soria Tutora      Ing. Andrés Heredia Revisor

ESTE PLANO ES PROPIEDAD DE UPS. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSION, COPIA, USO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA UNIVERSIDAD

PROYECTO:  
ALCANTARILLADO SANITARIO LAS JUNTAS"

CONTENIDO:  
TRAZO RED DE ALCANTARILLADO  
DATOS Y UBICACION POZOS DE REVISION  
DATOS DE LA TUBERIA ALCANTARILLADO  
SITIO DESCARGA DE LA RED  
COORDENADAS UTM

NOTAS GENERALES:  
1) El diámetro tubo corresponde a D:250mm, diámetro mínimo por Norma  
2) Diseño de la velocidad de flujo no supera Vmax: 4.5 m/seg exigida en norma  
3) Diseño de la velocidad de flujo no sera inferior a la mín permitida por norma, V min: 0.6 m/seg

SELLOS APROBACION:

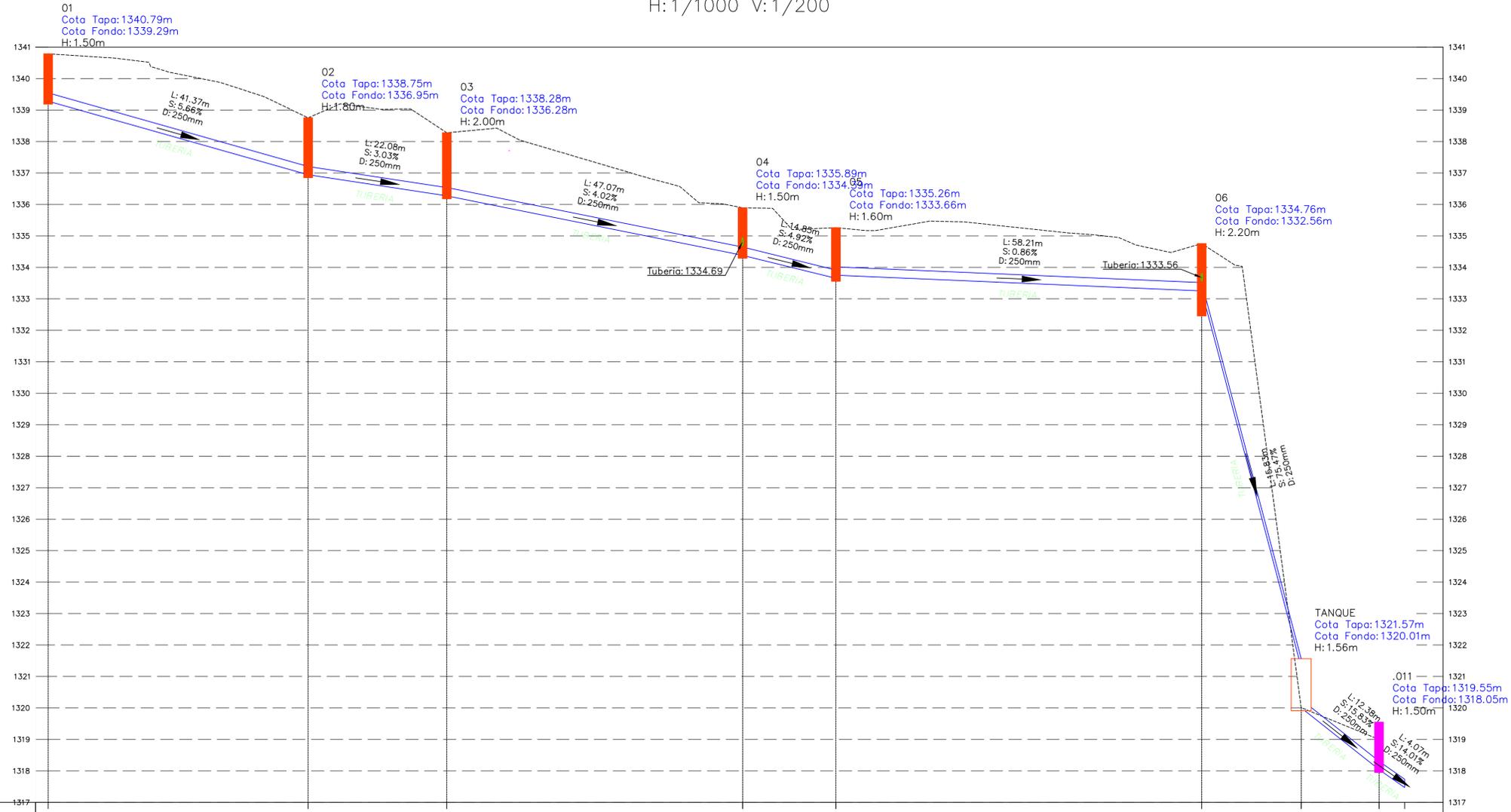
FECHA:  
ENERO DEL 2023

ARCHIVO CAD:

ESCALA: 1:1000      FORMATO: A1

NUMERO:  
5 DE 7

Alineamiento COLECTOR PRINCIPAL LAS JUNTAS  
H: 1/1000 V: 1/200



|                       |         |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                  |                 |
|-----------------------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| COTA TAPA DE POZO     | 1340.79 | 1338.75         | 1338.28         | 1335.89         | 1335.26         | 1334.76         | 1321.57          | 1319.55          |                 |
| COTA FONDO DE POZO    | 1339.29 | 1336.95         | 1336.28         | 1334.39         | 1333.66         | 1332.56         | 1320.01          | 1318.05          |                 |
| ALTURA DE POZO        | 1.50m   | 1.80m           | 2.00m           | 1.50m           | 1.60m           | 2.20m           | 1.56m            | 1.50m            |                 |
| DISTANCIA - PENDIENTE |         | 5.66% en 41.43m | 3.03% en 22.09m | 4.02% en 47.11m | 4.92% en 14.87m | 0.86% en 58.21m | 75.47% en 19.84m | 16.83% en 12.54m | 14.01% en 4.11m |
| DISTANCIA ACUMULADA   | 0+00.00 | 0+41.37         | 0+63.45         | 1+10.52         | 1+25.37         | 1+83.58         | 1+99.41          | 2+11.79          |                 |
| COTA LLEGADA TUB      |         | 1336.95         | 1336.28         | 1334.39         | 1333.66         | 1332.56         | 1321.31          | 1318.05          |                 |
| COTA SALIDA TUB       | 1339.29 | 1336.95         | 1336.28         | 1334.39         | 1333.76         | 1332.56         | 1320.01          | 1318.05          |                 |
| POZOS                 | PZ01    | PZ02            | PZ03            | PZ04            | PZ05            | PZ06            | PZ TANQUE        | PZ.011           |                 |

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Andrés Meneses S. Autor  
Erika Yupa M. Autora  
Ing. Gabriela Soria Tutora  
Ing. Andrés Heredia Revisor

ESTE PLANO ES PROPIEDAD DE UPS. QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSION, COPIA, USO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA UNIVERSIDAD

PROYECTO:  
ALCANTARILLADO SANITARIO LAS JUNTAS"

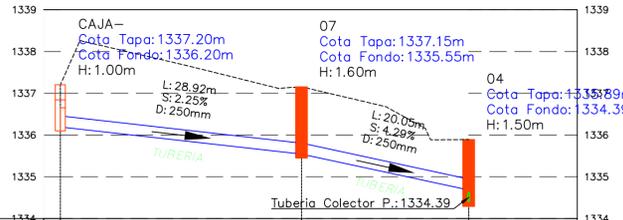
CONTENIDO:  
PERFIL LONGITUDINAL DEL COLECTOR PRINCIPAL LAS JUNTAS

NOTAS GENERALES:  
1) El diámetro tubo corresponde a D:250mm, diámetro mínimo por Norma  
2) Diseño de la velocidad de flujo no supera Vmax: 4.5 m/seg exigida en norma  
3) Diseño de la velocidad de flujo no sera inferior a la mín permitida por norma, V min: 0.6 m/seg

SELLOS APROBACION:

FECHA:  
ENERO DEL 2023  
ARCHIVO CAD:  
ESCALA: A1  
FORMATO: A1  
NUMERO:  
6 DE 7

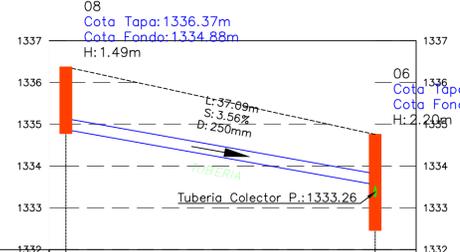
Alineamiento TRAMO 2 – LAS JUNTAS  
H: 1/1000 V: 1/200



|                       |                                   |         |         |
|-----------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| COTA TAPA DE POZO     | 1337.20                           | 1337.15 | 1335.89 |
| COTA FONDO DE POZO    | 1336.20                           | 1335.55 | 1334.39 |
| ALTURA DE POZO        | 1.00m                             | 1.60m   | 1.50m   |
| DISTANCIA – PENDIENTE | 2.25% en 28.92m / 4.29% en 20.07m |         |         |
| DISTANCIA ACUMULADA   | 0+00.00                           | 0+28.92 | 0+48.97 |
| COTA LLEGADA TUB      |                                   | 1335.55 | 1334.69 |
| COTA SALIDA TUB       | 1336.20                           | 1335.55 | 1334.69 |

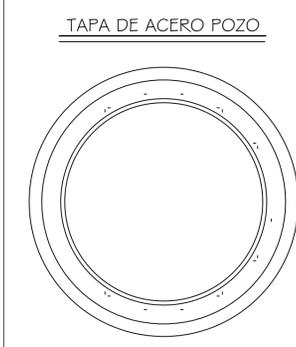
POZOS PZCAJA – PZ07 PZ04

Alineamiento TRAMO 3 – LAS JUNTAS  
H: 1/1000 V: 1/200

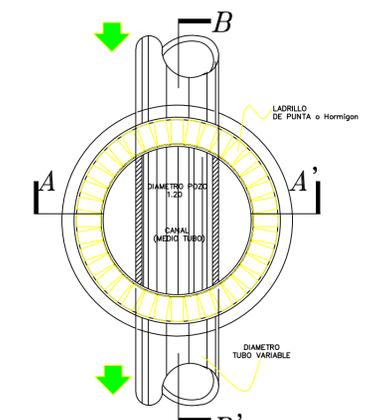


|                       |                 |         |
|-----------------------|-----------------|---------|
| COTA TAPA DE POZO     | 1336.37         | 1334.76 |
| COTA FONDO DE POZO    | 1334.88         | 1332.56 |
| ALTURA DE POZO        | 1.49m           | 2.20m   |
| DISTANCIA – PENDIENTE | 3.56% en 37.12m |         |
| DISTANCIA ACUMULADA   | 0+00.00         | 0+37.09 |
| COTA LLEGADA TUB      |                 | 1333.56 |
| COTA SALIDA TUB       | 1334.88         | 1333.56 |

POZOS PZ08 PZ06

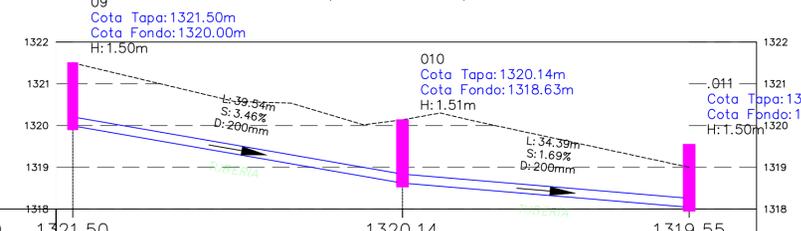


ESCALA S/E



PLANTA ESCALA S/E

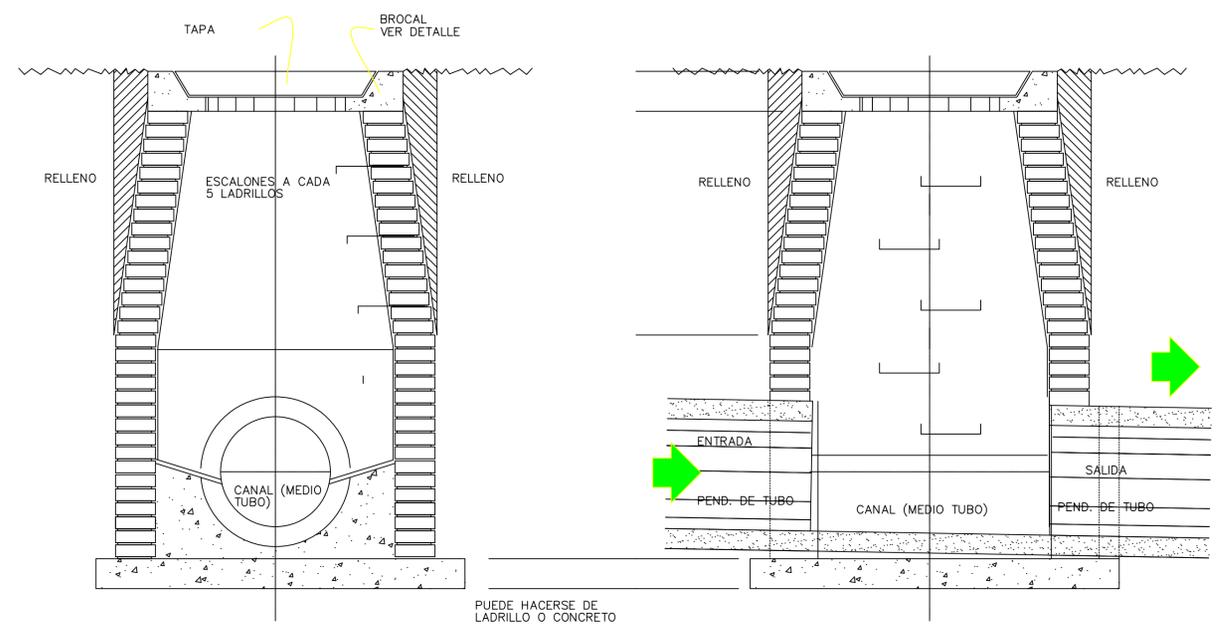
Alineamiento TRAMO 4 – LAS JUNTAS  
H: 1/1000 V: 1/200



|                       |                                   |         |         |
|-----------------------|-----------------------------------|---------|---------|
| COTA TAPA DE POZO     | 1321.50                           | 1320.14 | 1319.55 |
| COTA FONDO DE POZO    | 1320.00                           | 1318.63 | 1318.05 |
| ALTURA DE POZO        | 1.50m                             | 1.51m   | 1.50m   |
| DISTANCIA – PENDIENTE | 3.46% en 39.57m / 1.69% en 34.39m |         |         |
| DISTANCIA ACUMULADA   | 0+00.00                           | 0+39.54 | 0+73.93 |
| COTA LLEGADA TUB      |                                   | 1318.63 | 1318.05 |
| COTA SALIDA TUB       | 1320.00                           | 1318.63 | 1318.05 |

POZOS PZ09 PZ010 PZ.011

POZO DE VISITA TIPICO



SECCION B-B' ESCALA S/E

SECCION A-A' ESCALA S/E

| SIMBOLOGIA |   |
|------------|---|
|            | Sentido de Flujo                        |
|            | Pozo Revision                           |
|            | Red de Alcantarillado                   |
|            | Pozo Nuevo                              |
|            | Pendiente Longitudinal profundidad pozo |

UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Andrés Meneses S. Autor  
Erika Yupa M. Autora  
Ing. Gabriela Soria Tutora  
Ing. Andrés Heredia Revisor

PROYECTO:  
ALCANTARILLADO SANITARIO LAS JUNTAS

CONTENIDO:  
PERFILES LONGITUDINALES DE LOS TRAMOS 2, TRAMO 3, TRAMO 4  
DETALLE DE POZO TIPO  
SIMBOLOGIA DE LA RED

NOTAS GENERALES:  
1) El diámetro tubo corresponde a D:250mm, diámetro mínimo por Norma  
2) Diseño de la velocidad de flujo no supera Vmax: 4.5 m/seg exigida en norma  
3) Diseño de la velocidad de flujo no sera inferior a la mín permitida por norma, V min: 0.6 m/seg

SELLOS APROBACION:

FECHA:  
ENERO DEL 2023  
ARCHIVO CAD:  
ESCALA: ESPECIFICADA  
FORMATO: A1  
NUMERO:  
7 DE 7

ESTE PLANO ES PROPIEDAD DE UPS, QUEDA EXPRESAMENTE PROHIBIDA SU DIFUSION, COPIA, USO SIN AUTORIZACION ESCRITA DE LA UNIVERSIDAD