



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Diseño del mejoramiento de la red de agua potable y  
alcantarillado en el centro poblado Pay Pay, Yonán, Contumazá,  
Cajamarca

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Plasencia Angulo, Jorge Antonio (ORCID: 0000-0001-8769-4460)

Tejada Cerna, Magaly Gabriela (ORCID: 0000-0002-5622-720X)

**ASESOR:**

Dr. Herrera Viloche, Alex Arquímedes (ORCID: 0000-0001-9560-6846)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de obras hidráulicas y saneamiento

TRUJILLO – PERÚ

2020

### **Dedicatoria**

A Dios por brindarme el don del entendimiento, por guiarme a lo largo de mi vida.

A mis padres Jorge y Aydeé, por estar siempre a mi lado, haberme enseñado a luchar por mis sueños y objetivos.

PLASENCIA ANGULO, JORGE ANTONIO

### **Dedicatoria**

A Dios por brindarme el don de la sabiduría, por guiarme y bendecirme en cada paso logrado a lo largo de mi vida.

A mis padres José y Teresa, por forjarme como una persona de bien, permanecer siempre a mi lado, haberme enseñado a luchar por mis sueños y metas propuestas.

TEJADA CERNA, MAGALY GABRIELA

## **Agradecimiento**

A nuestro asesor el Dr. Herrera Viloche, Alex Arquímedes, por brindarnos sus conocimientos y consejos para la culminación de nuestro proyecto.

A todas las personas que colaboraron con esta investigación y nos brindaron sus enseñanzas, ejemplos y guía, que nos permitió culminar con nuestra investigación.

LOS AUTORES

## Índice de contenidos

|  |      |
|--|------|
| Dedicatoria.....   | ii   |
| Agradecimiento.....  | iii  |
| Índice de contenidos.....                                    | iv   |
| Índice de tablas.....  | viii |
| Índice de figuras .....                                      | ix   |
| Resumen.....   | xiii |
| Abstract.....  | xiv  |
| I. INTRODUCCIÓN.....   | 1    |
| II. MARCO TEÓRICO.....                                       | 6    |
| III. METODOLOGÍA.....  | 20   |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación:.....                    | 20   |
| 3.2. Variables y operacionalización: .....                   | 20   |
| 3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis:..... | 20   |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: .....  | 21   |
| 3.5. Procedimiento: .....                                    | 21   |
| 3.6. Método de análisis de datos: .....                      | 22   |
| 3.7. Aspectos éticos:.....                                   | 22   |
| IV. RESULTADOS .....   | 24   |
| 4.1. Levantamiento Topográfico.....                          | 24   |
| 4.1.1. Generalidades .....                                   | 24   |
| 4.1.2. Objetivos .....                                       | 24   |
| 4.1.3. Reconocimiento del terreno.....                       | 24   |
| 4.1.4. Redes de apoyo.....                                   | 26   |
| 4.1.5. Metodología de trabajo .....                          | 26   |
| 3.1.1. Conclusiones .....                                    | 27   |
| 4.2. Estudio de calidad de agua .....                        | 28   |
| 4.2.1. Generalidades .....                                   | 28   |
| 4.2.2. Objetivos .....                                       | 28   |
| 4.2.3. Parámetros de cualidades para agua .....              | 30   |
| 4.2.4. Estándares de Monitoreo.....                          | 30   |
| 4.2.5. Resultados del análisis de la calidad de agua.....    | 30   |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 4.2.6.   | Conclusiones .....   | 31 |
| 4.3.     | Estudios de mecánica de suelo .....                            | 32 |
| 4.3.1.   | Generalidades .....  | 32 |
| 4.3.2.   | Objetivos .....  | 32 |
| 4.3.3.   | Sismicidad.....  | 32 |
| 4.3.4.   | Trabajo de laboratorio: .....                                  | 34 |
| 4.3.5.   | Características del proyecto.....                              | 41 |
| 4.3.6.   | Análisis de los resultados en laboratorio .....                | 44 |
| 4.3.7.   | Análisis del peso unitario y capacidad portante del suelo..... | 45 |
| 4.3.8.   | Análisis y parámetros sismo resistentes.....                   | 45 |
| 4.3.9.   | Conclusiones .....   | 46 |
| 4.4.     | Bases de diseño .....  | 47 |
| 4.4.1.   | Generalidades .....  | 47 |
| 4.4.1.1. | Área de influencia: .....                                      | 47 |
| 4.4.1.2. | Horizonte de planeamiento:.....                                | 47 |
| 4.4.1.3. | Periodo de diseño:.....  | 47 |
| 4.4.1.4. | Población actual:.....   | 47 |
| 4.4.1.5. | Tasa de crecimiento: .....                                     | 47 |
| 4.4.1.6. | Población de diseño: .....                                     | 49 |
| 4.4.1.7. | Dotaciones:.....   | 51 |
| 4.4.1.8. | Variaciones de consumo.....                                    | 53 |
| 4.4.1.9. | Caudal de aforo.....   | 54 |
| 4.4.2.   | Sistema de agua potable .....                                  | 55 |
| 4.5.     | Diseño del sistema de agua potable .....                       | 57 |
| 4.5.1.   | Captación.....   | 58 |
| 4.5.1.1. | Manantial de fondo concentrado: .....                          | 58 |
| 4.5.1.2. | Diseño Hidráulico y estructural .....                          | 59 |
| 4.5.2.   | Línea de conducción .....                                      | 64 |
| 4.5.2.1. | Criterios de diseño.....                                       | 65 |
| 4.5.2.2. | Diseño de la línea de conducción:.....                         | 65 |
| 4.5.2.3. | Estructuras complementarias.....                               | 67 |
| 4.5.3.   | Pases aéreos.....  | 74 |
| 4.5.2.1. | Consideraciones básicas:.....                                  | 74 |

|            |  |     |
|------------|--|-----|
| 4.5.3.2.   | Diseño de los pases aéreos:.....               | 74  |
| 4.5.4.     | Reservorio de almacenamiento .....             | 75  |
| 4.5.4.1.   | Tipos de reservorio.....                       | 75  |
| 4.5.4.2.   | Consideraciones básicas.....                   | 76  |
| 4.5.4.3.   | Diseño hidráulico del reservorio.....          | 77  |
| 4.5.4.4.   | Diseño estructural del reservorio .....        | 80  |
| 4.5.4.4.1. | Parámetros sísmicos de la zona de estudio..... | 81  |
| 4.5.5.     | Red de distribución.....                       | 82  |
| 4.5.5.1.   | Consideraciones Básicas .....                  | 82  |
| 4.5.5.2.   | Tipos de Redes de Distribución .....           | 83  |
| 4.5.5.3.   | Diseño de Red de Distribución.....             | 83  |
| 4.6.       | Sistema de saneamiento .....                   | 87  |
| 4.6.1.     | Consideraciones Básicas .....                  | 87  |
| 4.6.2.     | Diseño de red de alcantarillado .....          | 88  |
| 4.6.3.     | PTAR BOSS.....                                 | 94  |
| V.         | DISCUSIÓN.....                                 | 97  |
| VI.        | CONCLUSIONES.....                              | 100 |
| VII.       | RECOMENDACIONES .....                          | 101 |
|            | REFERENCIAS .....                              | 102 |
|            | ANEXOS.....                                    | 113 |

## Índice de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Puntos topográficos de la captación .....                        | 25 |
| Tabla 2. Puntos topográficos del reservorio.....                          | 25 |
| Tabla 3. Puntos topográficos Viv. + Alta – Punto medio – Viv. + baja..... | 25 |
| Tabla 4. Puntos topográficos de la PTAR .....                             | 25 |
| Tabla 5. Tipo de terreno de la zona de estudio.....                       | 27 |
| Tabla 6. Orografía de la zona de estudio.....                             | 27 |
| Tabla 7. Resultados de la calidad de agua de la fuente de captación.....  | 31 |
| Tabla 8. Calicatas de la zona de estudio .....                            | 33 |
| Tabla 9. Clasificación de suelos – según AASHTO .....                     | 37 |
| Tabla 10. Clasificación de suelos – Método SUCS.....                      | 38 |
| Tabla 11. Resultados del análisis granulométrico.....                     | 44 |
| Tabla 12. Resultados del contenido de humedad .....                       | 44 |
| Tabla 13. Resumen del análisis de los Límites de Atterberg.....           | 45 |
| Tabla 14. Clasificación de los suelos según: AASHTO y SUCS .....          | 45 |
| Tabla 15. Parámetros sísmo resistentes.....                               | 46 |
| Tabla 16. Tasa de crecimiento a nivel distrital .....                     | 48 |
| Tabla 17. Tasa de crecimiento a nivel provincial .....                    | 48 |
| Tabla 18. Tasa de crecimiento a nivel departamental.....                  | 48 |
| Tabla 19. Población de diseño .....                                       | 49 |
| Tabla 20. Viviendas de diseño.....  | 50 |
| Tabla 21. Dotaciones de las viviendas del proyecto (l/día) .....          | 51 |
| Tabla 22. Dotaciones por gastos complementarios (l/día) .....             | 51 |
| Tabla 23. Dotación total de la zona de estudio .....                      | 52 |
| Tabla 24. Caudal promedio diario anual .....                              | 53 |
| Tabla 25. Caudal máximo diario .....                                      | 53 |
| Tabla 26. Caudal máximo horario.....                                      | 54 |
| Tabla 27. Caudal promedio anual con pérdidas.....                         | 54 |
| Tabla 28. Caudal de aforo medido en campo .....                           | 55 |
| Tabla 29. Caudal para el balance hídrico .....                            | 55 |
| Tabla 30. Carga estática máxima de la línea de conducción .....           | 70 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 31. Pases aéreos de la línea de conducción.....              | 70  |
| Tabla 32. Estructuras complementarias.....                         | 70  |
| Tabla 33. Cálculo hidráulico de la línea de conducción .....       | 71  |
| Tabla 34. Dimensionamiento del Reservorio .....                    | 78  |
| Tabla 35. Instalaciones Hidráulicas en el Reservorio.....          | 79  |
| Tabla 36. Dimensionamiento de la Canastilla.....                   | 79  |
| Tabla 37. Características del reservorio .....                     | 80  |
| Tabla 38.Cálculo hidráulico de la red de distribución .....        | 84  |
| Tabla 39.Cálculo hidráulico de la red de alcantarillado .....      | 89  |
| Tabla 40. Matriz de operacionalización de variables .....          | 114 |
| Tabla 41. Dimensionamiento del reservorio.....                     | 187 |
| Tabla 42. Cargas del reservorio que se transmitirán al suelo ..... | 195 |

## Índice de figuras

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1. Ubicación Hidrológica de la zona de estudio                        | 29  |
| Figura 2. Balance Hídrico  | 56  |
| Figura 3. Algoritmo de selección de sistemas de agua potable - ámbito rural  | 57  |
| Figura 4. Altura total de la cámara húmeda                                   | 58  |
| Figura 5. Canastilla de la cámara húmeda                                     | 59  |
| Figura 6. Alturas de los filtros en la cámara húmeda                         | 63  |
| Figura 7. Línea de conducción  | 64  |
| Figura 8. Diseño de la válvula de aire                                       | 68  |
| Figura 9. Diseño de la válvula de purga                                      | 69  |
| Figura 10. Detalle de pase aéreo de 30 metros                                | 74  |
| Figura 11. Detalle de pase aéreo de 100 metros                               | 75  |
| Figura 12. Detalle de pase aéreo de 20 metros                                | 75  |
| Figura 13. Diseño del reservorio rectangular                                 | 81  |
| Figura 14. Red de distribución   | 83  |
| Figura 15. Red de alcantarillado   | 88  |
| Figura 16. Fases de la PTAR BOSS   | 94  |
| Figura 17. Etapas A y B, del tratamiento de aguas residuales                 | 95  |
| Figura 18. Etapas C, D, y E, del tratamiento de aguas residuales             | 95  |
| Figura 19. Etapa F, del tratamiento de aguas residuales                      | 96  |
| Figura 20. Solicitud para autorización para realizar estudios técnicos       | 116 |
| Figura 21. Información de servicios de agua y desagüe en C.P. Pay Pay        | 117 |
| Figura 22. Información del reporte de enfermedades en el C.P. Pay Pay        | 118 |
| Figura 23. Autorización para ingresar a las instalaciones de PEJEZA.         | 119 |
| Figura 24. Ficha de observación de campo de las edificaciones                | 120 |
| Figura 25. Ficha de observación de campo de red de agua potable.             | 121 |
| Figura 26. Ficha de observación de red de agua potable C.P. Pay Pay          | 122 |
| Figura 27. Ficha de observación de campo-sistema de disposición de excretas  | 123 |
| Figura 28. Estudio de calidad de la fuente de captación – INGEMMENT 2015     | 124 |
| Figura 29. Datos del estudio de mecánica de suelos                           | 125 |
| Figura 30. Perfil estratigráfico de C-1 y C-2                                | 126 |
| Figura 31. Perfil estratigráfico de C-3 y C-4                                | 127 |
| Figura 32. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-1, E-1 | 128 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 33. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-1, E-2  | 129 |
| Figura 34. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-1, E-3  | 130 |
| Figura 35. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-2, E-1  | 131 |
| Figura 36. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-2, E-02 | 132 |
| Figura 37. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-2, E-03 | 133 |
| Figura 38. Peso específico fino y Peso unitaria volumétrico - C-2             | 134 |
| Figura 39. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-3, E-01 | 135 |
| Figura 40. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-3, E-02 | 136 |
| Figura 41. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-3, E-03 | 137 |
| Figura 42. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-4, E-01 | 138 |
| Figura 43. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-4, E-02 | 139 |
| Figura 44. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-4, E-03 | 140 |
| Figura 45. Cimentación aislada y capacidad portante C-2                       | 141 |
| Figura 46. Capacidad Portante C-2 y Cálculo de asentamiento C-2               | 142 |
| Figura 47. Detalle de pase aéreo de 30 metros                                 | 153 |
| Figura 48. Diseño de la cámara de anclaje                                     | 156 |
| Figura 49. Cimentación del pase aéreo 30m                                     | 157 |
| Figura 50. Diseño de torre y cimentación Pase Aéreo 30m                       | 163 |
| Figura 51. Diseño de armado de acero del Pase Aéreo 30m                       | 163 |
| Figura 52. Detalle de pase aéreo de 100 metros                                | 164 |
| Figura 53. Diseño de la cámara de anclaje para el Pase Aéreo 100m             | 167 |
| Figura 54. Cimentación del pase aéreo 100m                                    | 168 |
| Figura 55. Diseño de torre y cimentación Pase Aéreo 100m                      | 174 |
| Figura 56. Diseño de armado de acero del Pase Aéreo 100m                      | 174 |
| Figura 57. Detalle de pase aéreo de 20 metros                                 | 176 |
| Figura 58. Diseño de la cámara de anclaje para el Pase Aéreo 20m              | 178 |
| Figura 59. Cimentación del pase aéreo 20m                                     | 180 |
| Figura 60. Diseño de torre y cimentación Pase Aéreo 20m                       | 185 |
| Figura 61. Diseño de armado de acero del Pase Aéreo 20m                       | 186 |
| Figura 62. Diseño del reservorio rectangular                                  | 188 |
| Figura 63. Resultante del Diagrama de Momentos M22 – Max. en la dirección X   | 192 |
| Figura 64. Fuerzas Laterales actuantes por Presión del Agua                   | 192 |
| Figura 65. Ubicación y localización del área de estudio                       | 199 |
| Figura 66. Ubicación y localización de calicatas                              | 200 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 67. Detalle de ubicación y localización de calcatas                            | 201 |
| Figura 68. Captación de fondo (Arquitectura)  | 202 |
| Figura 69. Captación de fondo (Estructura)  | 203 |
| Figura 70. Captación de fondo (Hidráulica)  | 204 |
| Figura 71. Línea de conducción Km 00 - Km 01+220                                      | 205 |
| Figura 72. Línea de conducción Km 01+2020 - Km 02+160                                 | 206 |
| Figura 73. Línea de conducción Km 02+160 - Km 02+940                                  | 207 |
| Figura 74. Línea de conducción Km 02+940 - Km 04+320                                  | 208 |
| Figura 75. Válvula de purga de Ø 2"   | 209 |
| Figura 76. Válvula de aire manual en tubería 2"                                       | 210 |
| Figura 77. Pase aéreo de 30 m - Tramo N°01  | 211 |
| Figura 78. Pase aéreo de 30 m – Tramo N°02  | 212 |
| Figura 79. Pase aéreo de 100 m - Tramo N°01   | 213 |
| Figura 80. Pase aéreo de 100 m - Tramo N°02   | 214 |
| Figura 81. Pase aéreo de 100 m - Tramo N°03   | 215 |
| Figura 82. Pase aéreo de 100 m - Tramo N°04   | 216 |
| Figura 83. Reservorio apoyado de 40 m <sup>3</sup> (Arquitectura)                     | 217 |
| Figura 84. Reservorio apoyado de 40 m <sup>3</sup> – (Estructuras) parte N°01         | 218 |
| Figura 85. Reservorio apoyado de 40 m <sup>3</sup> – (Estructuras) parte N°02         | 219 |
| Figura 86. Reservorio apoyado de 40 m <sup>3</sup> – (Estructuras) parte N°03         | 220 |
| Figura 87. Reservorio apoyado de 40 m <sup>3</sup> – (Hidráulica)                     | 221 |
| Figura 88. Red de distribución de agua potable - Parte N°01                           | 222 |
| Figura 89. Red de distribución de agua potable - Parte N°02                           | 223 |
| Figura 90. Pase aéreo de 20 m (red de distribución de agua potable)- parte n°1        | 224 |
| Figura 91. Pase aéreo de 20 m (red de distribución de agua potable)- parte n°2        | 225 |
| Figura 92. Perfiles longitudinales (red de distribución de agua potable) - parte n°01 | 226 |
| Figura 93. Perfiles longitudinales (red de distribución de agua potable) - parte n°02 | 227 |
| Figura 94. Perfiles longitudinales (red de distribución de agua potable)- parte n°03  | 228 |
| Figura 95. Perfiles longitudinales (red de distribución de agua potable) – parte n°04 | 229 |
| Figura 96. Perfiles longitudinales (red de distribución de agua potable) – parte n°05 | 230 |
| Figura 97. Perfiles longitudinales (red de distribución de agua potable)-parte n°06   | 231 |
| Figura 98. Conexiones domiciliarias de red de distribución de agua potable            | 232 |
| Figura 99. Red de alcantarillado – parte n°01   | 233 |
| Figura 100. Red de alcantarillado - parte n°02  | 234 |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 101. Perfiles Longitudinales red de alcantarillado - parte n°01       | 235 |
| Figura 102. Perfiles longitudinales red de alcantarillado - parte n°02       | 236 |
| Figura 103. Perfiles longitudinales red de alcantarillado - parte n°03       | 237 |
| Figura 104. Perfiles longitudinales red de alcantarillado - parte n°04       | 238 |
| Figura 105. Conexiones domiciliarias red de alcantarillado- parte n°01       | 239 |
| Figura 106. Conexiones domiciliarias de red de alcantarillado- parte n°02    | 240 |
| Figura 107. Detalle de buzones - parte n°01                                  | 241 |
| Figura 108. Detalle de buzones - parte n°02                                  | 242 |
| Figura 109. Fotografías a instalaciones de Pejeza                            | 243 |
| Figura 110. Fotografías de alrededores del centro poblado Gallito Ciego      | 244 |
| Figura 111. Fotografías del centro poblado Gallito Ciego                     | 245 |
| Figura 112. Fotografías del centro poblado Pay Pay                           | 246 |
| Figura 113. Fotografías del centro poblado Pay Pay                           | 247 |
| Figura 114. Fotografías del estado actual del reservorio C.P Pay Pay         | 248 |
| Figura 115. Fotografías de la red de distribución y disposición de excretas. | 249 |
| Figura 116. Red de agua y desagüe de una vivienda del C.P Pay Pay.           | 250 |
| Figura 117. Calicata 01 – Captación – Estrato 1-2-3.                         | 251 |
| Figura 118. Calicata 02 – Reservorio – Estrato 1.                            | 251 |
| Figura 119. Calicata 02 - Reservorio – Estrato 2-3.                          | 252 |
| Figura 120. Extracción de muestra inalterada - Calicata 02 - Reservorio.     | 252 |
| Figura 121. Calicata 03 – Red de distribución – Estrato 1-2.                 | 253 |
| Figura 122. Calicata 03 – Red de distribución – Estrato 3.                   | 254 |
| Figura 123. Calicata 04 – PTAR – Estrato 1.                                  | 254 |
| Figura 124. Calicata 04 – PTAR – Estrato 2-3.                                | 255 |
| Figura 125. Declaratoria de originalidad de los autores                      | 256 |
| Figura 126. Declaratoria de autenticidad del asesor.                         | 257 |
| Figura 127. Acta de sustentación de tesis.                                   | 258 |
| Figura 128. Acta de sustentación.  | 259 |
| Figura 129. Autorización de publicación en Repositorio Institucional.        | 260 |

## Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo principal diseñar el mejoramiento de la red de agua potable y alcantarillado en el C.P. Pay Pay, Yonán, Contumazá, Cajamarca. Según la finalidad la investigación es básica, diseño de investigación no experimental - transversal, descriptivo simple, además se utilizó un muestreo de tipo no probabilístico. La población estuvo conformada por la extensión territorial del C.P. Pay Pay. El proyecto beneficia a 648 habitantes, los resultados del estudio topográfico nos describen que en la zona de estudio predominan la orografía plana y ondulada, el estudio de calidad de agua efectuado por INGEMMET nos refiere que la muestra de la fuente de captación es apta para el consumo humano, el estudio de mecánica de suelos evidencia que los suelos predominantes son arcillas de baja plasticidad y arenas, con una capacidad portante de  $0.89 \text{ kg/cm}^2$ . Con todo y lo anterior el sistema de agua potable funciona por gravedad, está integrado por una captación de manantial de fondo concentrado, línea de conducción, reservorio apoyado de  $40\text{m}^3$  y red de distribución, en lo que respecta al sistema de alcantarillado se cuenta con un total de 20 buzonetos de diámetro 0.60m, 50 buzones de diámetro 1.20m, para el tratamiento de las aguas residuales se empleó una PTAR BOSS tipo cerrada. Según la norma OS.010 al emplear un sistema de conducción de agua potable por gravedad se reducirán los costos de construcción, operación-mantenimiento. Por otro lado, según la norma OS.090 las aguas residuales deben recibir un tratamiento para su disposición final. En conclusión, el proyecto de investigación cumple con los criterios técnicos del RNE, satisfaciendo las necesidades de los pobladores de la zona de estudio porque brinda agua potable de calidad y trata las aguas residuales de forma amigable con el ambiente.

Palabras clave: dotación, caudal, diseño.

## Abstract

The main objective of this research was to design the improvement of the drinking water and sewerage network in the C.P. Pay Pay, Yonán, Contumazá, Cajamarca. Basic research was used, the research design was non-experimental - cross-sectional, simple descriptive, and a non-probability type sampling was used. The population was made up of the territorial extension of the C.P. Pay Pay. The project benefits 648 inhabitants, the results of the topographic study describe that flat and undulating orography predominates in the study area, the study of water quality carried out by INGEMMET tells us that the sample of the catchment source is suitable for human consumption, the study of soil mechanics shows that the predominant soils are low plasticity clays and sands, with a bearing capacity of 0.89 kg / cm<sup>2</sup>. With all of the above, the drinking water system works by gravity, it is made up of a concentrated bottom spring catchment, a conduction line, a supported reservoir of 40m<sup>3</sup> and a distribution network. As regards the sewage system, there is a total of 20 mailboxes with a diameter of 0.60m, 50 mailboxes with a diameter of 1.20m, a closed type WWTP was used to treat the wastewater. According to the OS.010 standard, the use of a gravity potable water conduction system will reduce construction, operation-maintenance costs. On the other hand, according to the norm OS.090 the residual waters must receive a treatment for their final disposal. In conclusion, the research project meets the technical criteria of the RNE, satisfying the needs of the inhabitants of the study area because it provides quality drinking water and treats wastewater in an environmentally friendly way.

Keywords: endowment, flow, design.

## I. INTRODUCCIÓN

El sistema de las naciones unidas en el Perú realizó en el año 2019 un estudio donde se estima que 1 100 millones de pobladores en el mundo necesitan agua de calidad para ser consumida por seres humanos y 2 400 millones de pobladores carecen de un sistema de alcantarillado. A partir del año 2050 se prevé que de cuatro pobladores sólo uno de ellos habitará en un país damnificado a causa de la gran carencia de este líquido elemental, por lo cual se deben emplear acciones en busca de suministrar de forma correcta el recurso hídrico. Así mismo, el estudio realizado describe que en el Perú se cuenta con 1 768 512 hectómetros cúbicos de agua, ubicándose en el puesto número ocho de los países con la mayor cantidad del recurso hídrico a nivel mundial.

Respecto al sistema básico de saneamiento en la zona rural del Perú, el Sistema de Diagnóstico Abastecimiento de Agua y Saneamiento en el Ámbito Rural en el año 2018 nos indica que, de un total de 35 101 centros poblados registrados, sólo 34 366 acceden al servicio de agua tratada. Así mismo, de un total de 79 887 centros poblados registrados, sólo 28 568 centros poblados cuentan con servicios de alcantarillado, evidenciando un gran foco infeccioso que genera diversas enfermedades estomacales, respiratorias y cutáneas.

El Sistema de Diagnóstico sobre Abastecimiento de Agua y Saneamiento en el Ámbito Rural en el año 2018 realizó un estudio donde expresa que el servicio de agua potabilizada dentro de la región Cajamarca es del 88.34% de un total de 4 260 centros poblados registrados y el servicio de alcantarillado es del 34.27%. Por otro lado, según el organismo anteriormente citado en el año 2018 la Provincia de Contumazá abastece con agua para el consumo humano a 3 765 centros poblados registrados, del número total de centros poblados solo 1 460 cuentan con el servicio de alcantarillado. Según el estudio efectuado en el año 2018 por la fuente antes descrita en el distrito de Yonán el acceso de agua potable es del 89.23% de un total de 32 centros poblados registrados, así mismo la cobertura del servicio de alcantarillado es del 33.33%.

Por la antigüedad de los conductos que distribuyen el agua potabilizada en el centro Poblado Pay Pay y su inadecuado mantenimiento, en la actualidad se presentan diversas fallas en las estructuras complementarias de la captación como lo es la presencia de moho y afloramiento de algas. En la superficie de la línea de conducción se evidencia en la presencia de óxido y corrosión. Por otro lado, en la red de distribución las tuberías presentan diversas fisuras; exponiendo el líquido elemento a contaminación y modificando sus propiedades. En la actualidad la zona de estudio carece de una red de alcantarillado.

El censo realizado en el año 2017 por el Instituto Nacional de Estadística e Informática nos indica que el C.P Pay Pay presenta 224 domicilios, conformado por 508 pobladores; los conductos que distribuyen el agua abastecen a un 60% de la población, esta red tiene una antigüedad de 20 años convirtiéndola en un sistema deficiente, lo cual obliga a los pobladores que no cuentan con el servicio a buscar una fuente cercana o recolectar el recurso en recipientes no adecuados exponiendo el líquido a contaminación.

Según la municipalidad distrital de Yonán en el año 2017 el 30% de las viviendas emplean letrinas, el 60% de los pobladores realiza sus necesidades orgánicas directamente al ambiente, aumentando el número de enfermedades gastrointestinales ocasionadas por las bacterias de *Helicobacter pylori*, Norovirus, Shighella y Streptococcus, que pueden afectar directamente a niños, embarazadas, adultos mayores y personas con discapacidad.

El C.P Pay Pay está situado en las coordenadas UTM 9197687N y 694643E, limita con los distritos de San Miguel y Chepén en dirección norte, con Cupisnique en dirección sur, con Chilete y Tantarica por el este y con el distrito de San José en dirección oeste. La zona de estudio presenta una extensión topográfica de 122014.46m<sup>2</sup>, un perímetro de 3022.89m y se ubica a 278 m.s.n.m, se caracteriza por poseer un ambiente con temperaturas que

promedian los 24°C, por las noches el ambiente es variado. La velocidad de viento en el Centro Poblado Pay Pay es de diez kilómetros por hora. Durante algunos meses se contempla escasez de lluvias. La hidrometría de la zona produce cambios en el ambiente al término de cada semestre. La zona de investigación exhibe un relieve ondeado. El tipo de suelo en su gran mayoría son arenas, limos, calizas, presentan una textura gruesa y/o fina.

El distrito de Yonán comprende la cuenca del río Jequetepeque la cual acumula las aguas provenientes del río, en este distrito se edificó la Represa Gallito Ciego que es administrada por el Proyecto Especial Jequetepeque - Zaña; que presenta un aforo de almacenamiento superior a los cuatrocientos ochenta millones de metros cúbicos de agua en una expansión de dieciséis kilómetros y una superficie de agua superior a los quince kilómetros.

Para acceder al C.P. Pay Pay la vía de comunicación empleada es la terrestre, desde la ciudad de Trujillo hacia Ciudad de Dios se conducirá por una vía asfaltada de ciento veinticinco kilómetros, la duración de este recorrido será de dos horas. De Ciudad de Dios al Centro Poblado Pay Pay se conducirá por una vía asfaltada de treinta kilómetros con una duración aproximada de cincuenta minutos.

Los pobladores se dedican principalmente al sembrío de arroz, maíz, camote, frijoles, crianza de ganado, animales menores y actividades artesanales. Al encontrarse gran parte de la población en un estado económico bajo los pobladores emplean el adobe en la construcción de sus viviendas. Por otro lado, la zona de estudio cuenta con diversas edificaciones esenciales. El Ministerio de Educación, mediante los resultados del estudio de Estadística de Calidad Educativa en el año 2020, describió que en el C.P. Pay Pay se ubican tres instituciones educativas, respecto al nivel inicial la I.E. N°009 cuenta con un total de 20 alumnos registrados y 2 docentes; en el nivel primaria la I.E. N° 82570 presenta un total de 79 alumnos registrados y 8 docentes, en el nivel secundaria

la I.E. Daniel Alcides Carrión está conformada por un total de 58 alumnos registrados y 8 docentes.

En el área de estudio se cuenta con diversos locales de uso común entre los cuales destaca un campo deportivo de grass natural, una losa deportiva, tres iglesias de religión católica, evangélica y adventista, un restaurante, una posta médica, una farmacia, dos parques, un local comunal, un comedor popular, un almacén comunal y un mercado de abastos.

De acuerdo a lo descrito anteriormente, se formuló el siguiente problema: ¿Qué características técnicas presentará el diseño del mejoramiento de la red de abastecimiento de agua potable y alcantarillado en el C.P. Pay Pay, Yonán, Contumazá, Cajamarca?. Consecuentemente, esta investigación se justifica teóricamente porque en su elaboración se emplearon normas técnicas vigentes en la realización del diseño de la red de agua potable y alcantarillado, lo cual permite que un futuro esta información sea empleada en la elaboración del perfil técnico, posterior a ello se formule el expediente técnico y se pueda ejecutar el proyecto.

Así mismo, el estudio se justifica metodológicamente porque según el INEI en el año 2017, de un total de doscientas veinticuatro viviendas solo el 60% tiene acceso a agua potable y el 100% carece de una red de alcantarillado, por lo cual se requiere mejorar el sistema de agua potable y crear el sistema de alcantarillado. Puede agregarse que este proyecto se justifica técnicamente porque el actual sistema de abastecimiento de agua potable presenta fisuras en las tuberías al superar los 20 años de vida útil que establece el RNE. Con todo y lo anterior con el diseño del mejoramiento de la red de agua potable y alcantarillado en el centro poblado Pay Pay les posibilitará a los pobladores contar con un sistema de distribución de agua apta para el consumo humano y una red de disposición sanitaria de excretas, así mismo se evitará contaminar el

agua, suelo y aire, con lo cual se mejorará la calidad de vida de los pobladores de la zona y se contribuirá con el ambiente.

El objetivo principal del proyecto fue diseñar el mejoramiento de la red de agua potable y alcantarillado en el C.P. Pay Pay, Yonán, Contumazá, Cajamarca. Por consiguiente, como objetivos específicos se planteó: realizar el levantamiento topográfico del área de estudio, conocer la calidad de agua de la fuente de captación, elaborar el estudio de mecánica de suelos, diseñar la red de agua potable y diseñar la red de alcantarillado.

Se planteó como hipótesis que el diseño del mejoramiento de la red de agua potable y alcantarillado en el C.P. Pay Pay, Yonán, Contumazá, Cajamarca, cumplirá con los criterios técnicos dispuestos para el diseño y ejecución de obras de saneamiento del RNE.

## II. MARCO TEÓRICO

Como evidencia del actual déficit de la red de agua potable y alcantarillado que afecta a diversas provincias de la región Cajamarca, diversos autores han desarrollado proyectos e investigaciones en localidades y centros poblados de la región, enfocados a la proyección y mejoramiento de los servicios básicos de saneamiento.

Chuquimango (2013) en su trabajo de investigación realizó el diseño de la red de agua potable y disposición sanitaria de excretas para el centro poblado de Quinuamayo, distrito de José Manuel Quiroz, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca, donde expresa que FONCODES construyó en el año 1993 la red actual de distribución de agua potable y disposición sanitaria de excretas. Con la investigación efectuada se determinó que ambos sistemas presentan severos daños en sus estructuras, el proyecto beneficiará a 328 habitantes, la dotación por conexión fue de 80 l/hab.día, el caudal máximo horario y diario fue de 0.43 l/s y de 0.28 l/s respectivamente. En la investigación realizada se emplearon tres fuentes de captación, en la línea de conducción se usarán conductos de material de PVC con tres cuartos de pulgada y presentó una longitud de 872.70m, se contará con un reservorio de 10m<sup>3</sup> de capacidad, para el servicio de alcantarillado se utilizaron unidades básicas de saneamiento. El presupuesto requerido para ejecutar el proyecto fue de aproximadamente S/1,595,532.01.

Sandoval (2013) en su proyecto de investigación perfeccionó el diseño de las redes de distribución de agua potabilizada y redes de alcantarillado de Tallambo, distrito de Oxamarca, provincia de Celendín, departamento de Cajamarca, en su estudio describió que FONCODES en el año 2004 ejecutó el actual servicio de distribución de agua purificada, actualmente estos servicios están en pésimas condiciones, el proyecto benefició a 371 habitantes, la línea de conducción fue de material de PVC de 290m de longitud y diámetro de media pulgada. Se planificó para el proyecto la construcción de 02 reservorios, en la red de

distribución se consideró emplear un total de 21 CRP tipo 7, nueve válvulas de control y ocho llaves de limpieza. Así mismo dicho proyecto abasteció a la población con el recurso hídrico sin aplicar una estación de bombeo, respecto al alcantarillado se utilizarán unidades básicas de saneamiento. El presupuesto del proyecto fue de aproximadamente de S/1, 891,027.11.

Cachi (2013) en su trabajo de investigación mejoró y maximizó el servicio de agua potabilizada y disposición sanitaria de excretas de Tartar Grande, distrito de Baños del Inca, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca. El autor expresa que el proyecto benefició a 5844 habitantes, para el diseño se empleó como dotación 80 l/hab/día, se diseñó un reservorio de 100m<sup>3</sup> de capacidad. En la malla de distribución se usaron conductos de material de policloruro de vinilo, se contaron con válvulas tipo compuerta y las velocidades varían entre los 0.6m/s y 3m/s, el caudal máximo horario fue de 14.066 l/s y se colocaron 230 buzones. El presupuesto del proyecto fue de aproximadamente S/3,808,421.60, el tiempo de ejecución fue de 7 meses.

Pajares (2014) en su proyecto de investigación perfeccionó y extendió la cobertura de agua purificada y alcantarillado en la localidad de Yanamarca, distrito de Ingapila, provincia de LLacanora, departamento de Cajamarca, señala que el servicio del recurso hídrico tuvo una antigüedad de veintiún años y las estructuras actuales se encuentran en mal estado. El caudal fue transportado mediante un sistema de bombas, en las redes de distribución se emplearon tubería de material de PVC y se instalaron 19 llaves de limpieza y 13 llaves de control. El diseño comprendió un total de 217 conexiones y 161 unidades básicas de saneamiento con digester biológico, las aguas recibieron un tratamiento adecuado y fueron dispuestas en cunetas de filtración. El monto del proyecto fue de aproximadamente S/2,693,892.61 y el tiempo de ejecución fue programado para 150 días.

Cercado (2014) en su investigación efectuó la ampliación y rediseño de redes de distribución de agua potabilizada y servicios de alcantarillado de Jucat, distrito de José Manuel Quiroz Shirac, provincia de San Marcos, departamento de Cajamarca, manifiesta que FONCODES en el año 1992 construyó el actual sistema que abastece a la población con el recurso hídrico y alcantarillado, por otro lado, el autor expresa que los sistemas se encuentran en pésimas condiciones. En el desarrollo del proyecto, se conoció que el consumo promedio diario fue de 0.34 l/s y el gasto máximo horario fue de 0.682 l/s. La fuente de captación fue el manantial Limamayo, en la línea de conducción se empleó tubería de material de PVC y se usó una CRP tipo 6, el reservorio fue de 10m<sup>3</sup> de capacidad, se beneficiaron a 309 habitantes, en el proyecto se emplearán UBS con arrastre hidráulico, el presupuesto fue de S/1,483,361.61 y el periodo estimado para efectuar el proyecto fue de 120 días.

Pizarro (2017) en su proyecto de investigación realizó la proyección de los servicios de agua purificada y servicios de saneamiento en Marcobamba, distrito de Llacanora, provincia de Cajamarca, departamento de Cajamarca, sostiene que el proyecto benefició a 735 habitantes, la zona de estudio presentó un gasto por año con diferenciales de 1.42 l/s, redes de material de hierro dúctil de cincuenta milímetros de diámetro, capacidad de almacenamiento del reservorio de 50 m<sup>3</sup> y una tubería de aducción con un diámetro de cien milímetros de diámetro, se emplearon dos redes de distribución: abierta y cerrada, comprendió 84 unidades básicas de saneamiento, biodigestores de capacidad de 600l, el presupuesto del proyecto fue de S/3,700,216.00 aproximadamente y el periodo previsto para efectuar el proyecto fue de 120 días.

La carencia del suministro de agua potable y servicios de saneamiento en diversas zonas de nuestro país son elevados, convirtiéndose en un gran desafío para el sector público, ante la gran problemática se han desarrollado diversas investigaciones en nuestro país.

Marín (2017) en su trabajo de investigación se centró en complementar e incrementar las redes de distribución de agua potabilizada y disposición sanitaria de excretas en Septen y Pampas del Bao, distrito de Marmot, provincia de Gran Chimú, departamento de La Libertad, expresó que la zona de su proyecto presentó pendientes que varían del 11%-50% conformando una orografía ondulada y un tramo con pendiente superior al 100% siendo una orografía escarpada, el tipo de suelo predominante en la zona de estudio fueron gravas limosas arenosas o arcillosas , la capacidad portante del suelo de la zona de estudio fue de 1.42 Kg/cm<sup>2</sup>. Además, benefició a 973 habitante, se contó con una captación ubicada en la quebrada Saladín, el reservorio diseñado fue de 40m<sup>3</sup> de capacidad, el proyecto contó con un sistema de alcantarillado y en algunas viviendas se empleó una red de alcantarillado que benefició a 62 viviendas y 24 unidades básicas de saneamiento.

Margarín (2017) en su proyecto efectuó el diseño del suministro de agua de calidad para consumo humano y alcantarillado del C.P. Antaquero, distrito de Huacrachuco, provincia de Marañón, departamento de Huánuco, describió que según la clasificación SUCS en el área de estudio se encontraron arenas limosas, arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, gravas arcillosas, grava limosa, además el peso unitario del suelo es de 1.707Tn/m<sup>3</sup>, así mismo la capacidad portante del suelo donde se ubicó el reservorio es de 2.31Kg/cm<sup>2</sup>. Además, la fuente de captación será de tipo ladera la cual proviene de un manantial, el trayecto de la red de conducción será de tubería de material de PVC de diámetro de una pulgada y tendrá una longitud de 422.91 m. El diseño del reservorio contó con un volumen de almacenamiento de 12 m<sup>3</sup>. La totalidad de las viviendas contaron con un tanque biodigestor con capacidad para 600l, las zanjas de infiltración presentaron una longitud de 7 m para depurar las aguas servidas provenientes de las UBS de cada vivienda.

Adrianzén y Nureña (2018) en su tesis se enfocaron en diseñar los conductos de distribución de agua purificada y alcantarillado para el C.P Nuevo San Martín,

distrito de Huarmaca, provincia de Huancabamba, departamento de Piura, precisan que los pobladores a beneficiar con su proyecto fueron de 1071 habitantes; para lo cual se necesitaron un gasto total de 4.053 l/s, en lo que respecta al diseño de los conductos de distribución del recurso hídrico se empleó un sistema por gravedad, la red contó con una tubería de 6.507 Km de longitud para la línea de conducción, la capacidad de su reservorio fue de 40 m<sup>3</sup>, en la red de distribución se contó con 3.44 Km de longitud, la red de alcantarillado contó con 25 cámaras de inspección de 1.40m y una planta de tratamiento PTAR BOSS, por otra parte para los domicilios ubicados en los exteriores de la zona de estudio, se instalaron biodigestores.

Dionicio (2018) en su investigación efectuó mejoras en los servicios de distribución de agua potabilizada y unidades básicas de saneamiento en el anexo de Maraybamba, distrito de Pataz, provincia de Pataz, departamento de La Libertad, señala que las poblaciones a beneficiar serán de 602 habitantes, el recurso hídrico es captado de 2 fuentes, la calidad de agua de la captación presentó un pH de 6.74 y sólidos totales de 219.0mg/L, además los parámetros químicos presentan una dureza total de 120.1mg/L y cloruros de 54.57mg/L, también los parámetros microbiológicos mostraron coliformes Escherichia Coli de cero, para el proyecto se empleó un reservorio con una capacidad de 15m<sup>3</sup>. Así mismo, la red de alcantarillado contó con 56 pozos de inspección, el diámetro empleado fue 200mm, también se emplearon 11 biodigestores para las viviendas más alejadas.

Holguín (2018) en su proyecto realizó el diseño del mejoramiento de la cobertura de los servicios de agua purificada y los servicios de alcantarillado del AA. HH Primavera III, distrito de la Esperanza, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, el autor expresó que la población beneficiada fueron 408 habitantes. La red que abasteció de agua potabilizada comprendió diversos conductos de PVC, de diámetro nominal desde los 25mm hasta los 110mm, con un total de 1,27 km de longitud, se implementó en la línea de aducción un macromedidor y una

válvula compuerta; se consideró un hidrante contra incendios dentro de los conductos de distribución. La tubería para las uniones domiciliarias presentó un diámetro de media pulgada. Se contaron con 17 cámaras de inspección con una resistencia de concreto de  $f'c = 210\text{Kg/cm}^2$  y las tuberías de los colectores fueron de material de PVC con un diámetro nominal de 200mm con 1.094 Km de longitud.

Becerra y Plasencia (2019) en su tesis se enfocaron en diseñar diversas estructuras del suministro de agua potabilizada del Caserío Pampas de San Juan del Pueblo de Conache, distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, sostienen que el proyecto benefició a 3586 habitantes, se empleó un reservorio con capacidad para almacenar de  $200\text{m}^3$ . El gasto de bombeo fue de 14.94 lps, por otra parte, se contó con un total de 201.64 m de línea de conducción con diámetro de cuatro pulgadas, para la línea de Impulsión se empleó un total de 40 m de tubería con diámetro seis pulgadas y la red de distribución fue de 5.169 km con diámetro de dos pulgadas a dos pulgadas y media, la presión mínima fue de 9.32 m.c.a y la presión máxima es de 40.74 m.c.a.

Existe un evidente déficit en el abastecimiento de agua apta para el consumo humano y alcantarillado de aguas residuales provenientes de las actividades humanas. Diversos países de nuestra región enfrentan la gran problemática por lo cual varios autores han desarrollado proyectos e investigaciones a nivel internacional.

Córdova (2013) en su proyecto de investigación realizó el diseño de la red de saneamiento del Barrio del C.P Pasoancho, municipio de Zipaquirá, Colombia, en su investigación sostiene que para poder realizar la proyección de la red del alcantarillado pluvial se tuvo en cuenta el gasto de diseño, área de drenaje, el coeficiente de escorrentía, tiempo de concentración, y la topografía de la zona para determinar diámetros mínimos, pendientes. Se emplearon tuberías con

diámetro de ocho pulgadas como mínimo, para el proyecto no se aceptaron velocidades inferiores a los 0.75 m/s y velocidades superiores a los 10 m/s con el fin de garantizar el tránsito adecuado del agua sin afectar las tuberías.

Rodríguez, García y García (2015) en su tesis se describieron las enfermedades transferidas por el agua y alcantarillado en Colombia, mediante una investigación descriptiva de tipo retrospectivo, la data del servicio de agua y desagüe existente en la circunscripción, el sistema de tratamiento de líquidos cloacales y la presencia de afecciones vinculadas con la polución hídrica desde el año 2008 al año 2014. El país ha destinado 1100 millones de dólares en soluciones de sistemas de tratamiento de líquidos cloacales, desde el año 2011 al primer semestre del año 2013, esto no ha servido de mucho porque las incidencias de enfermedades diarreicas agudas no se han atenuado. Desde el año 2008 al año 2014, la hepatitis A, ha registrado disminución por lo cual se puede afirmar que un correcto y adecuado sistema de tratamiento de líquidos cloacales disminuye los casos de hepatitis A.

Osejos, Merino, Ponce y Cañarte (2015), en su proyecto de investigación, centrado en suministrar agua potabilizada en la ciudad de Jipijapa, Manabí, Ecuador, manifiestan, que en estos últimos años los problemas de suministro de agua han incrementado, considerando que la captación de agua (cruda) más contigua a la ciudad se ubicaba a cuarenta y dos kilómetros. El análisis realizado a la fuente de abastecimiento se basó en criterios universales dispuestos por la Organización Mundial de la Salud. Se determinaron las cualidades del recurso hídrico que abastece a la ciudad, siendo de calidad, satisfaciendo los parámetros establecidos por la OMS y acogidos por Norma Nacional INEN 1108.

Mena (2016) en su tesis, fijado en proyectar el sistema de tuberías para la distribución de agua purificada de la Parroquia El Rosario del Cantón San Pedro de Pelileo, Tungurahua, expresa; que el agua tratada fue distribuida por gravedad, reduciendo así los gastos de operatividad y mantenimiento; se tuvo

en cuenta la topografía de la zona, la densidad poblacional; el área a trabajar es de 33.64Ha, beneficiando a un total de 766 habitantes, el gasto de diseño será de 3.99 l/s, el recurso hídrico proveniente de la captación incumple con los parámetros mínimos requeridos; por lo cual; se contó con una planta de tratamiento con el fin de otorgar los parámetros necesarios para ser de calidad , se diseñó un reservorio de 93m<sup>3</sup> de aforo y un servicio de distribución de agua cerrada con una extensión total de 3644.20m.

García (2016) en investigación, realizó la proyección de las redes de conducción de aguas servidas y aguas lluvias; en beneficio de los habitantes del barrio Cazuca, municipio de Soacha, Cundinamarca, precisa, que con el apoyo del Software H CANALES se consideró la topografía presente en la zona, el gasto de agua de la población, así como la precipitación diaria media anual; como resultado se tuvo un canal de sección triangular con una longitud total de 890 m, con un ancho de lámina de agua de 0.70m, una profundidad de 0.35m y un borde libre de 0.15 m. El revestimiento del canal fue de concreto reforzado con una malla electro soldada y tendrá un espesor de 0.15 m.

Noveli (2018) en su proyecto basado en los colectores y planta de tratamiento de líquidos cloacales en la ciudad de Córdoba, señala, que en el proyecto se emplearon diversas consideraciones de diseño: caudales, carga orgánica y bacteriológica, calidad del líquido afluente – efluente, calidad de lodos, proyección de la infraestructura de tratamiento, línea de purificación de líquidos y la línea de tratamiento de lodos. Dentro del proceso de construcción de los colectores se aprecia: provisión y colocación de tuberías y buzones, excavación en zanja, cama de asiento para tubería, relleno de arena, relleno y compactación en zanja, rotura y reparación en zanja, rotura y reparación de calzada.

Para el desarrollo del proyecto de investigación, se tuvo en cuenta los diversos estudios necesarios, el levantamiento Topográfico es la base de todo proyecto, es imprescindible incorporar: plano catastral que contenga curvas de nivel cada

1 m, se deberá indicar su localización y características de las instalaciones, infraestructuras de servicios existentes también se deberá realizar el trazo longitudinal, el cual dependerá de la proyección de los conductores principales y/o ramales distribuidores en todas las vías de la zona de estudio (OS.050 Redes de distribución de agua para consumo humano, 2009, p.2-3).

Se deberá tener en cuenta el cálculo de movimiento de tierras en todo tipo de excavaciones, cortes, rellenos, supresión de material restante con el fin de alcanzar los niveles deseados del terreno para la para la instalación de tuberías, cimentaciones, explanaciones (Maquinaria de movimiento de tierras, 2013, p.12).

La fuente de captación estará condicionada con los criterios mínimos de calidad el agua influirá en la salud al relacionarse directamente dentro de los hogares a través de la alimentación y la nutrición, como un medio para mantener un ambiente saludable y diverso. La composición de las aguas superficiales y subterráneas depende de factores naturales (Clin Cases in Mineral Bone Metabolism,2016, p.173) y (United Nations Environment Programme and the World Health Organization, Water Quality Monitoring, 1996, p.10).

Deberá cumplir con características físicas de los siguientes estándares: turbiedad, coloración, aroma, conductividad, temperatura, sólidos totales y sabor, sus características químicas se relacionan con los peligros para la salubridad de la población, donde los elementos químicos pueden provocar lamentables consecuencias en la salud durante largos lapsos de exhibición (OMS, 2006); así mismo, las características microbiológicas los componentes contagiosos son: bacterias, virus, protozoos y helmintos, su principal medio de propagación es el agua, generalmente causando enfermedades en la población rural (Raffo, 2013, p.110 y 113) e (Internarional Journal of Environmental Research and Public Healt, 2019, p.4).

Al afirmar que la captación no cumple con los requisitos mínimos de calidad existen tipos de tratamiento de agua: Categoría A1 Aguas potabilizadas mediante desinfección de aguas que, según su calidad, cumplen con los parámetros orientados a suministrar agua de calidad, mediante la sencilla desinfección, cumpliendo con lo estipulado en la normativa correspondiente. Categoría A2 Aguas potabilizadas mediante tratamiento convencional, son aguas orientadas al suministro de agua potable, deberán ser tratadas con métodos convencionales, empleando: Filtración, coagulación, sedimentación, etc. Categoría A3 Aguas potabilizadas empleando métodos avanzados, aquellas aguas orientadas al suministro de agua para consumo humano, deberán ser tratadas con métodos convencionales, que incluyen procesos físicos y químicos avanzados: carbón activado, ultrafiltración, nanofiltración, etc. (Estándares de Calidad Ambiental ECA para Agua y establecen Disposiciones Complementarias - D.S. N° 004-2017- MINAM).

Para efectos de diseño de las estructuras es necesario realizar el análisis mecánico de suelos, el cual otorga comprender características y comportamientos de los suelos, para proporcionar soluciones por esta razón se debe conocer su granulometría la cual es herramienta básica en el proceso de caracterización de materiales en partículas y permite elaborar las curvas de distribución granulométrica además se debe calcular el porcentaje de humedad presente en el suelo, teniendo en cuenta la carga del agua presente en la muestra del terreno. (International Journal of Emerging trends in Engineering and Development, p.104, Asociación Brasileira de Cerámica,2019, p.1 y MTC E 108-2000 - Método de ensayo para conocer el contenido de humedad de un suelo, 2000, p.1).

Otro rasgo importante son los Límites de consistencia como lo son los Límites de Atterberg, simbolizan una virtud para instaurar los principios de conducta del terreno, según la capacidad de humedecimiento. Con todo y lo anterior la capacidad cortante, brinda el resultado de la máxima presión de fricción

mediante la zapata o cimiento y la superficie (Revista Agronomía Costarricense, Límites de consistencia y sus implicaciones agrícolas en un suelo ultisol de sabana del estado Monagas, Venezuela I, p.70 y Alexandria Engineering Journal, Bearing capacity of Skirt circular footing on sand, 2013, p.359).

Teniendo en cuenta se proyectará la red de agua apta para consumo personal, todo diseño adecuado; brindará un servicio eficiente a la población, la disposición al agua potabilizada es vital para la salud y desarrollo en todos los aspectos, considerándolo como uno de los derechos humanos primordiales, en los estados africanos, en dirección sur de Asia y dirección sur de Sahara, representan una gran estadística de personas que no acceden a saneamiento básico. Por ende las cualidades del agua, características: biológicas, químicas y físicas, deberán cumplir con los estándares que la califiquen como agua potable de calidad, con el principal fin de reducir: la vulnerabilidad y los peligros para garantizar la seguridad al consumir el agua (Sustainable Water Resource Handbook, The essential guide to resource efficiency in South Africa, 2018, p.22, Organización Mundial de la Salud, 2006 y 2011, Raffo, 2013, p.108 e Interamerican Network of Academies of Sciences, 2013, p.13).

Para el diseño adecuado se debe considerar la población de diseño, contemplando: estadísticas censales y diversas fuentes que revelan el incremento de habitantes, ésta data deberá ser debidamente justificada. Se estimará la población con una fase de diseño no menor de 20 años, con todo y lo anterior se calculará el caudal de captación, este involucra una ardua labor técnica, con el objetivo de incrementar la proporción de agua almacenada en el suelo o estructuras, para que posteriormente sea aprovechada, considerando la población total y los diversos usos del recurso hídrico (Parámetros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para centros poblados rurales, 2004, p.7, Captación y almacenamiento de agua de lluvia Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe, 2013, p.9 y Díaz, Solís 2000, p.3).

A propósito de las áreas de captación en ciertas ocasiones no demuestran vegetación, son lisas (sin rugosidad) compactadas permitiendo así aprovechar al máximo la fuente de abastecimiento, con el propósito de incrementar los aliviaderos superficiales, las captaciones para consumo humano realizan el aforo de un determinado caudal aprovechando de la mejor manera el recurso hídrico, la captación permite derivar este caudal a la línea de conducción la cual consta de elementos que transportan el recurso hídrico desde la captación y lo conducirá a la infraestructura de tratamiento (en caso sea necesario) o a su depósito de almacenamiento, la capacidad de transporte de agua mínima deberá ser igual al caudal máximo diario (Captación y almacenamiento de agua de lluvia opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe, 2013, p.85 y OS.010 Captación y conducción de agua para consumo humano, 2006, p.5-6).

Para almacenar el agua(reservorio), sus dimensiones dependen de la orografía, estado del terreno, elementos de construcción a utilizar, su capacidad general constituido por la capacidad de almacenamiento de: regulación, reserva, contra incendio, los accesorios de los reservorios conformados por: cubierta sanitaria, gradería de acero inoxidable, válvulas de control y diversos aparatos que favorezcan su correcta inspección y desarrollo, todos ellos deben ser de útiles para así garantizar el almacenamiento seguro y prevenir la contaminación del agua, además la cloración del agua permite desinfectar el agua y hacerla potable empleando hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio, entre otros; con el fin de eliminar bacterias que puedan afectar la salud (OS.030 Almacenamiento de agua para consumo humano, 2006, p.4, International Journal of Community Medicine and Public Health, 2018, p.3, World Health Organization, Preventing diarrhoea through better water, sanitation and hygiene: exposures and impacts in low- and middle-income countries, p.1 y Plos Medicine, 2010, p.5).

Posterior a su almacenamiento el agua pasa a la línea de aducción, elemento que conduce agua cruda, mediante gravedad o bombeo, hacia la matriz principal

de la red de distribución , conformada por conductos primarios y ramificaciones que distribuyen el agua potabilizada a cada vivienda, el diámetro de la tubería es de 7,5 cm de diámetro de tuberías principales para uso hogares y para uso comercial será el diámetro de 15 cm, la mínima velocidad a usar será 0.6m/s y máxima velocidad a emplear cuando se usa tuberías de PVC es de 3 m/s. Se pueden presentar excepciones donde se tomará 5 m/s como el valor máximo para la velocidad, pero deberá justificarse debidamente en el diseño hidráulico, no solo se debe tener en cuenta las velocidades, la presión e n cualquier tramo del conducto la presión máxima admisible será 50 m y la presión mínima a considerar serán 10 m (OS 0.50 Redes de distribución de agua para consumo humano, 2009, p.2).

Con el fin de evacuar las aguas servidas generadas por la población se emplea una de red de alcantarillado, todas las alcantarillas serán colocadas con pendientes uniformes, se determinarán los diámetros de los conductos, teniendo como finalidad transportar un determinado gasto de líquidos cloacales, se ubicarán cámaras de visita para la supervisión, aireación e higiene de los colectores (Revista académica Ingeniería, Redes de alcantarillado sin arrastre de sólidos: una alternativa para la ciudad de Mérida, Yucatán, México, p.62). Las aguas residuales son las aguas contaminadas por una variedad de usos las cuáles transportan desechos (sólidos y líquidos). Se incluirán descargas domiciliarias, comerciales de locales como: casas públicas, restaurantes y establecimientos similares y una cifra total del orden de 225 l / hab. Estas aguas residuales presentan coliformes fecales: Son microorganismo con un sistema similar a la de las bacterias convencionales (Waste Water Treatment Manuals, Preliminary Treatment, p.13, Scientific Reviews and Chemical Communications, 2011, p.5 y Raffo, 2013, p.114).

Cabe resaltar que, ante la complejidad del sistema de distribución de alcantarillado, el diseñador se enfocará en la selección de una salida (definida por el punto más bajo), se determinará el área tributaria, ubicarán ramales,

alcantarillas principales y se tendrá en cuenta la necesidad y ubicación de estaciones de bombeo y buzones. Como si fuera poco se consideró la pendiente de red de desagüe la cual deberá satisfacer el requisito de auto higiene; empleando el principio de rigidez. Considerando como caudal mínimo a emplear 1.50 l/s, una pendiente mínima de 5‰, al respecto conviene decir que la capacidad de aguas servidas. Se calculará considerando el 80% del caudal consumido, caudales por infiltración, y los provenientes de conexiones erradas. (Waterborne Sanitation Design Guide, 2011, p.7 y OS. 070 Redes de Aguas Residuales, 2009, p.2).

A propósito del tratamiento de las aguas residuales, parte importante e integral de cualquier planta de tratamiento de aguas cloacales de municipios, industrias con el fin de dotar a las aguas residuales de características físicas, químicas y biológicas aceptables para su reutilización o disposición final (FULLTIDE, 2011, p.3) y (European Green Capital Award Nantes, 2013, p.9).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación:

- Tipo de investigación: Se empleó una investigación aplicada.
- Diseño de investigación: El diseño empleado fue el No Experimental – transversal, descriptivo simple y el esquema es el siguiente:



Dónde:

M: Circunscripción en la cual se desarrollaron las indagaciones para el desarrollo de la investigación y la magnitud de pobladores a beneficiar.

O: Data adquirida en la circunscripción.

#### 3.2. Variables y operacionalización:

La variable empleada fue Diseño de la red de agua potable y alcantarillado.

#### 3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis:

- Población: Conformada por la extensión territorial del C.P. Pay Pay con un total de 122014.46 m<sup>2</sup>.
  - Criterios de inclusión: La deficiencia del sistema de abastecimiento de agua potable y la ausencia de un sistema de disposición sanitaria de excretas.
  - Criterios de exclusión: Los centros poblados aledaños a nuestra zona de estudio no serán considerados porque cuentan con un perfil para el mejoramiento de sus redes de agua y alcantarillado.
- Muestra: Extensión territorial del C.P. Pay Pay con un total de 122014.46 m<sup>2</sup>.
- Muestreo: Se empleó el muestreo de tipo no probabilístico.

- Unidad de análisis: Está conformada por los habitantes, viviendas e instituciones públicas del C.P Pay Pay.

#### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Técnica: Observación estructurada.

El uso de esta técnica permitió recolectar los datos topográficos empleando: Estación Total Leica y GPS Garmin.

Instrumentos:

- Guía de observación: Cámara fotográfica.
- Fichas de observación de campo.
- Instrumentos de laboratorio de suelos.

#### 3.5. Procedimiento:

Se elaboraron solicitudes dirigidas al alcalde distrital de Tembladera; el Sr. César Terán López; para solicitar la autorización para realizar estudios técnicos con fines académicos en el centro poblado Pay Pay, así mismo se le solicitó información sobre las infraestructuras de: agua y desagüe en el C.P. Pay Pay. Por otro lado, se redactó una solicitud dirigida a la representante del centro de salud Tembladera; la Dra. Margarita Ávalos Ruiz; solicitando información del reporte de enfermedades: diarreicas, cutáneas y respiratorias. Además, se elaboró una solicitud dirigida al Proyecto Especial Jequetepeque – Zaña; solicitando la autorización para ingresar a las instalaciones del embalse Gallito Ciego.

Se emplearon fichas de observación de campo que fueron evaluadas por los autores del presente proyecto de investigación y permitieron reconocer: las edificaciones o habilitaciones urbanas existentes, el presente estado de la red de agua potable y sistema de disposición sanitaria de excretas. Para conocer la topografía de la zona de estudio

se empleó equipo topográfico, a la vez se utilizaron instrumentos de laboratorio de suelos y material de oficina.

La variable independiente manipulada fue: Diseño de la red de agua potable y alcantarillado en el C.P. Pay Pay, Yonán, Contumazá, Cajamarca. Para su manipulación se realizaron diferentes estudios en laboratorios certificados con instrumentos y equipos calibrados.

### 3.6. Método de análisis de datos:

Se usaron diversos softwares para realizar la presente investigación:

- AutoCAD 2018: Nos permitió vectorizar distancias y crear líneas, círculo, arcos, entre otras formas geométricas, para luego generar los planos de las diversas especialidades presentes en las estructuras complementarias de nuestro proyecto.
- Microsoft Excel 2016: Nos permitió facilitar los cálculos para el diseño de las diferentes estructuras que son parte del sistema de agua potable y alcantarillado, así mismo nos permitió realizar el diseño de nuestra red de agua y desagüe.
- Microsoft Word 2016: Nos permitió realizar texto con distintas características; luego nos permitió plasmar en un documento todos los resultados del desarrollo del proyecto.

### 3.7. Aspectos éticos:

Se diseñó el estudio con el fin de beneficiar a los habitantes con una red de agua potabilizada; servicios de disposición y tratamiento de líquidos cloacales. Empleando el Reglamento Nacional de Edificaciones y aplicando estos conocimientos con la experiencia curricular: Ingeniería Sanitaria se ha desarrollado la presente investigación. Los datos

recolectados fueron datos reales. Se respetó la propiedad intelectual de los autores mencionados durante la investigación.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Levantamiento Topográfico

#### 4.1.1. Generalidades

En la actual investigación se describen los criterios contemplados para ejecutar el levantamiento topográfico para el proyecto del diseño del mejoramiento de la red de agua y alcantarillado en el centro poblado Pay Pay, Yonán, Contumazá, Cajamarca, su fin principal es establecer los Parámetros Topográficos y así obtener una representación digital de la orografía del terreno mediante las Curvas de Nivel. Las características Geomorfológicas del área del estudio son la base de bastantes proyectos de ingeniería, es esencial contar con los datos de campo los cuáles serán plasmados en planos topográficos los cuales representarán exactamente la orografía del terreno en donde se ejecutará el proyecto.

#### 4.1.2. Objetivos

- Ejecutar actividades de campo con el fin de recaudar la data necesaria para realizar los planos topográficos y complementos.
- Otorgar información suplementaria la cual servirá de base para el predimensionamiento y estructuración de las obras complementarias del proyecto.

#### 4.1.3. Reconocimiento del terreno

La investigación comprende los sistemas de saneamiento básico: agua potable y sistema de disposición sanitaria de excretas, siendo de mucha trascendencia el conocer las coordenadas de las siguientes obras complementarias, para así diseñar los planos adecuadamente y guiar al momento de la ejecución del proyecto:

Tabla 1. Puntos topográficos de la captación

| Captación |                |            |              |
|-----------|----------------|------------|--------------|
| Punto     | Lado izquierdo | Eje        | Lado Derecho |
| Este      | 697928         | 697930.84  | 697932       |
| Norte     | 9199656        | 9199655.39 | 9199655      |
| Elevación | 316            | 316        | 316          |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Puntos topográficos del reservorio

| Reservorio |                |         |              |
|------------|----------------|---------|--------------|
| Punto      | Lado izquierdo | Eje     | Lado Derecho |
| Este       | 694990         | 694993  | 694956       |
| Norte      | 9198355        | 9198355 | 9198355      |
| Elevación  | 308            | 308     | 308          |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Puntos topográficos Viv. + Alta – Punto medio – Viv. + baja

| Red de distribución |             |          |           |
|---------------------|-------------|----------|-----------|
| Punto               | Viv. + Alta | P. medio | Viv.+Baja |
| Este                | 694452      | 694650   | 694815    |
| Norte               | 9197867     | 9197718  | 9197563   |
| Elevación           | 289         | 278      | 262       |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Puntos topográficos de la PTAR

| PTAR      |                |         |              |
|-----------|----------------|---------|--------------|
| Punto     | Lado izquierdo | Eje     | Lado Derecho |
| Este      | 694707         | 694714  | 694721       |
| Norte     | 9197423        | 9197423 | 9197423      |
| Elevación | 259            | 259     | 259          |

Fuente: Elaboración propia.

Se puede evidenciar que, para lograr abastecer al total de la población con el recurso hídrico, se debe diseñar un nuevo reservorio el cual

estará ubicado en la cota 308 m.s.n.m, el recurso hídrico llegará hasta dicha elevación mediante la línea de conducción la cual inicia desde la captación ubicada en la cota 316 m.s.n.m.

#### 4.1.4. Redes de apoyo

Para conocer la orografía del terreno es necesario utilizar una malla de apoyo para controlar la data obtenida in situ.

##### 4.1.4.1. Redes de apoyo planimétrico

La poligonal es usualmente empleada para levantamientos de mediana extensión, empleando varias poligonales se forma una red y se pueden levantar circunscripciones de gran amplitud.

#### 4.1.5. Metodología de trabajo

##### 4.1.5.1. Preparación y organización

En la recolección de los datos de campo se contó con la colaboración efectiva de personal competente en conjunto con las herramientas y equipamiento. La relación del personal está integrada por un topógrafo, cuatro portas prismas y un ayudante.

##### 4.1.5.2. Actividades de campo

Para efectuar las labores de campo se emplearon diversas herramientas y accesorios: jalón porta prismas, prisma topográfico, trípode, cinta métrica.

##### 4.1.5.3. Trabajo de gabinete

Para procesar la data recolectada en campo se emplearon diversos materiales de oficina: 2 computadoras portátiles.

Tabla 5. Tipo de terreno de la zona de estudio

| Tipo de terreno | Orografía   | Pendiente (%)      |
|-----------------|-------------|--------------------|
| Tipo 1          | Plano       | $\leq 10$          |
| Tipo 2          | Ondulado    | $11 \geq \leq 50$  |
| Tipo 3          | Accidentado | $51 \geq \leq 100$ |
| Tipo 4          | Escarpado   | $100 \geq$         |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Orografía de la zona de estudio

| Tramo | Diferencia de cotas |            | Longitud | Pendiente | Orografía |
|-------|---------------------|------------|----------|-----------|-----------|
|       | Cota inicial        | Cota final |          |           |           |
| C-A   | 287                 | 286        | 10.35    | 9.66%     | Plano     |
| C-B   | 286                 | 284        | 65.24    | 3.07%     | Plano     |
| C-C   | 289                 | 284        | 81.18    | 6.16%     | Plano     |
| C-D   | 286                 | 281        | 55.94    | 8.94%     | Plano     |
| C-E   | 299                 | 280        | 44.85    | 42.36%    | Ondulado  |
| C-F   | 287                 | 279        | 28.5     | 28.07%    | Ondulado  |
| C-G   | 313                 | 276        | 128.23   | 28.85%    | Ondulado  |
| C-H   | 291                 | 286        | 54.99    | 9.09%     | Plano     |
| C-I   | 279                 | 276        | 17.53    | 17.11%    | Ondulado  |
| C-J   | 271                 | 266        | 20.76    | 24.08%    | Ondulado  |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.1. Conclusiones

- Al ejecutar las actividades de campo con el fin de recaudar la información necesaria para desarrollar el trabajo gabinete.
- La zona de estudio presenta tramos con pendientes inferiores al 10% constituyendo una orografía plana y tramos con pendientes que varían entre 11% al 50% constituyendo una orografía ondulada.

## 4.2. Estudio de calidad de agua

### 4.2.1. Generalidades

Las cualidades del agua potable, son un factor determinante en la calidad de vida de los habitantes. Las cualidades del agua potable han sido fundamental en la prevención primaria a lo largo de 150 años y hasta la actualidad (World Health Organization, Strategies for the safe management of drinking-water for human consumption, 2011, p.1).

Las cualidades del agua son un eje primordial en la salud de los miembros que integran una sociedad. Cuantificar e identificar éstos patógenos permitirán reducir el número de enfermedades. (Journal of Water & Health, Quantifying public health risks from exposure to waterborne pathogens during river bathing as a basis for reduction of disease burden, 2020, p.1).

En el año 2015 el Instituto geológico, minero y metalúrgico realizó el estudio hidrogeológico de la cuenca de los ríos Jequetepeque y Chamán de las regiones Cajamarca, La Libertad y Lambayeque, en dicho estudio se analizó una muestra de agua del punto donde se ubicará nuestra fuente de captación (manantial de fondo concentrado) localizado en la cota 316 m.s.n.m. entre las coordenadas 697930.8432E y 9199655.386N que nos permitirá abastecer al centro poblado Pay Pay, distrito Yonán, provincia Contumazá, departamento Cajamarca.

### 4.2.2. Objetivos

- Conocer la calidad de la fuente de captación.
- Verificar que se cumplan los criterios físicos, químicos, y microbiológicos establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para agua establecidos en las Disposiciones Complementarias - D.S. N° 004-2017- MINAM.

Ubicación hidrográfica: El centro poblado Pay Pay pertenece a la cuenca del Río Jequetepeque.

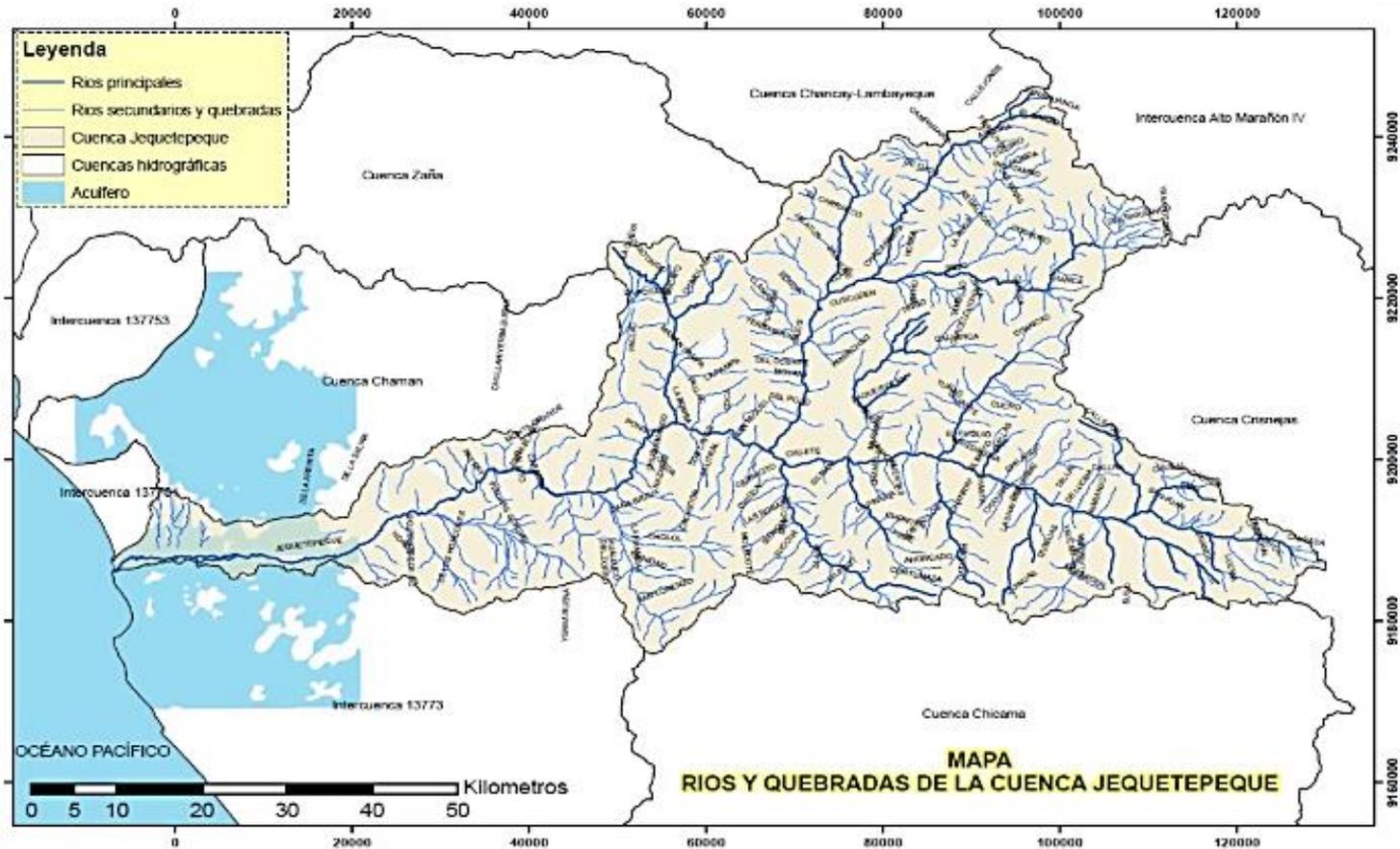


Figura 1. Ubicación Hidrológica de la zona de estudio

Fuente: Cuenca del Río Jequetepeque.

#### 4.2.3. Parámetros de cualidades para agua

El Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, establece los ECA para agua y describe los criterios adicionales. Los parámetros descritos, serán aplicados a las fuentes de agua a nivel nacional, cuando se encuentre en su estado original. Los ECA se aplican a aguas superficiales orientadas al suministro de agua potabilizada como lo es el caso de nuestra fuente de captación para el centro poblado Pay Pay.

#### 4.2.4. Estándares de Monitoreo

En el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM se establecen los estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Cruda que nos describe los Estándares físico (pH, conductividad, sólidos totales, sólidos disueltos), estándares químicos (Cloruros, Det. alcalinidad, Dureza total, Dureza cálcica, Dureza magnésica, Calcio, Magnesio), estándares microbiológicos (Coliformes totales, Coliformes termotolerantes, Escherichia Coli, Bacterias heterotróficas).

#### 4.2.5. Resultados del análisis de la calidad de agua

Los resultados fueron adoptados del estudio de hidrogeología de la cuenca de los ríos Jequetepeque y Chamán de las regiones Cajamarca, La Libertad y Lambayeque efectuado en el año 2015 por el Instituto geológico, minero y metalúrgico.

Tabla 7. Resultados de la calidad de agua de la fuente de captación

| Parámetro       | Determinaciones            | Unidades     | Muestra | Lmp     |
|-----------------|----------------------------|--------------|---------|---------|
| Físico          | pH                         | Unidad de pH | 8.07    | 6.5-8.5 |
|                 | Conductividad              | μS/cm        | 264     | 1500    |
|                 | Sólidos Disueltos Totales  | mg/L         | 133.6   | 1000    |
| Químico         | Disueltos y suspendidos    | mg/L         | 632     |         |
|                 | Cloruros                   | mg/L         | 4.51    | 250     |
|                 | Det. alcalinidad           | mg/L         | 21.56   |         |
|                 | Dureza total               | mg/L         | 131.42  | 500     |
|                 | Dureza cálcica             | mg/L         | 41      |         |
|                 | Dureza magnésica           | mg/L         | 92.6    |         |
|                 | Calcio ca <sup>++</sup>    | mg/L         | 39      |         |
|                 | Magnesio Mg <sup>++</sup>  | mg/L         | 134.05  |         |
| Microbiológicos | Coliformes totales         | NMP/100ml    | 19      | 50      |
|                 | Coliformes termotolerantes | NMP/100ml    | 5.7     | 20      |
|                 | Escherichia coli           | NMP/100ml    | 0       | 0       |
|                 | Bacterias hetrotroficas    | UFC/ml       | 46      | 500     |
|                 |                            |              |         |         |

Fuente: Instituto geológico, minero y metalúrgico, estudio de hidrogeología de la cuenca de los ríos Jequetepeque y Chamán de las regiones Cajamarca, La Libertad y Lambayeque, 2015, p.268.

#### 4.2.6. Conclusiones

- Se conocieron los resultados análisis de calidad de agua de la fuente de captación.
- Se verificó que los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la muestra de agua, cumplieran con los criterios descritos en los Estándares de Calidad Ambiental para agua descritos en el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM, por dicha razón al encontrarse el agua apta para consumo humano no será necesario desinfectar el recurso hídrico que se le brindará a la población de la zona de estudio.

### 4.3. Estudios de mecánica de suelo

#### 4.3.1. Generalidades

Para desarrollar proyectos de Ingeniería civil, es imprescindible efectuar Estudios de Mecánica de Suelos; con el objetivo primordial de obtener muestras de los diferentes estratos que puedan encontrarse, a través de calicatas situadas en diferentes zonas del proyecto, para su posterior análisis.

#### 4.3.2. Objetivos

- Obtener muestras de suelo de diferentes zonas donde se ubicarán los componentes del proyecto de agua y alcantarillado.
- Efectuar el análisis granulométrico de cada muestra recogida.
- Determinar el contenido de humedad de cada muestra.
- Conocer los límites de consistencia.
- Clasificar los tipos de suelo según: método AASHTO.
- Clasificar los tipos de suelo según: método SUCS.
- Determinar el peso unitario del suelo del área de estudio.
- Conocer la capacidad de carga del suelo en donde se ubicará el reservorio.

#### 4.3.3. Sismicidad

Nuestro país está localizado en una zona de constante sismicidad, al estar rodeados por el anillo de fuego del pacífico y ubicarnos entre las placas: Sudamericana y placa de Nazca, lo cual produce movimientos sísmicos de gran intensidad y magnitud. Se han considerado los parámetros establecidos en la norma E.030 Diseño sismo resistente del Reglamento Nacional de Edificaciones, para el diseño de las diversas estructuras que forman parte del presente proyecto.

Con el objetivo principal de contrastar la información proporcionada por el perfil estratigráfico, se efectuaron 04 calicatas a tajo abierto de

-1.50 m del nivel del terreno. Las calicatas se realizaron en zonas estratégicas del proyecto, además se les asignó un código para poder identificarlas de forma sencilla, las calicatas realizadas fueron de 1m<sup>2</sup> de área, las calicatas efectuadas fueron de tipo escalonada y a tajo abierto.

Tabla 8. Calicatas de la zona de estudio

| N° calicata | Código   | Profundidad (m) | Cota (m.s.n.m) | Coordenadas |            |
|-------------|----------|-----------------|----------------|-------------|------------|
|             |          |                 |                | Este        | Norte      |
| 01          | CAP - 01 | 1.50            | 316            | 697930.84   | 9199655.39 |
| 02          | RS - 03  | 1.50            | 310.45         | 694933.21   | 9198335.22 |
| 03          | RD – 04  | 1.50            | 278            | 694650.00   | 9197718.00 |
| 04          | PTAR -05 | 1.50            | 260            | 694702.00   | 9197405.00 |

Fuente: Elaboración propia.

Se extrajeron las muestras de cada calicata empleando diversas herramientas: palas, picotas. Se tomaron las muestras de cada calicata, considerando la ubicación de cada una, es por ello, que se inició con la toma de muestra de la calicata de la captación; al encontrarse en la cota más alta de la zona de estudio, posterior a ello se continuó con la toma de muestras del reservorio, red de distribución y PTAR.

Se recogieron las muestras de suelo de cada calicata, colocando cada muestra en una bolsa hermética, y diferenciando cada muestra con datos para identificarlas de forma sencilla. Los datos que se colocaron en cada muestra para identificarlas se basaron en describir el nombre del lugar, ubicación, fecha, n° de calicata.

Para transportar la muestra inalterada del reservorio, se empleó un tubo de material de PVC, con diámetro de 4" y con una longitud de 30cm, posteriormente fue embalado y sellado con plástico.

#### 4.3.4. Trabajo de laboratorio:

Cada muestra de suelo extraída fue de 6Kg, lo cual permitió desarrollar los ensayos en el laboratorio, brindándonos resultados efectivos. Se desarrollaron diversos ensayos para el presente proyecto como análisis mecánico por tamizado (ASTDM D-422), límites de consistencia (límite líquido ASTM D-423 y límite plástico ASTM D-424), contenido de humedad natural (MTC E 108), peso unitario del suelo (ASTDM D-2419), ensayo de corte directo (Norma Técnica Peruana 339.171), clasificación de suelo: AASHTO y SUCS.

Para conocer el peso volumétrico de diversas muestras de suelo se empleó el análisis granulométrico para clasificar la gran variedad de suelos existentes. Este tipo de análisis proporciona los valores del coeficiente de uniformidad ( $C_u = D_{60}/D_{10}$ ) y el coeficiente de curvatura  $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ .

Para desarrollar el análisis granulométrico de las muestras, se emplearon los siguientes tamices: 3", 2 1/2", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N°4, N°8, N°10, N°16, N°20, N°30, N°40, N°50, N°60, N°80, N°100, N°200. Se usó: cepillo de acero; utilizado para limpiar los tamices, recipientes donde se lavó el material, una balanza electrónica, espátulas, bandejas, horno de secado de:  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , guantes.

Para determinar el valor de agua que contiene un suelo se realizó el análisis de contenido de humedad, para conocer dicho valor se multiplicó el peso del agua por cien y se dividió entre el peso de la muestra seca. Durante el desarrollo del ensayo se empleó la balanza electrónica, horno de secado de:  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , guantes, tara de acero.

Se emplearon los límites de Atterberg Para conocer el porcentaje de humedad presente en el suelo, para realizar este estudio se colocó la

muestra de suelo en la copa de Casagrande, se realizó una ranura en el centro de la muestra, empleando la manivela de la copa; se comenzó a dar cierto número de golpes, cuando la ranura de la muestra se comenzó a cerrar, se extrajo una parte de la muestra para ser analizada.

Para conocer el límite líquido de la muestra analizada se dividió el peso del agua entre el peso del suelo secado en el horno. El número de golpes debe situarse en el rango de: (25 – 35 golpes), (20 -30 golpes), (15 – 25 golpes), el porcentaje de humedad de la muestra, debe ser un número entero, para desarrollar este estudio se empleó: balanza electrónica, horno de secado de:  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , guantes, tara de acero, agua destilada.

Para determinar el límite plástico de la muestra analizada se tamizó la muestra por la malla N°40; la cantidad de muestra que pasó por la malla se empleó para efectuar el ensayo. Utilizando la mano se realizaron hilos con un diámetro mínimo de 3mm, es importante recordar que cuando veamos que la muestra presente fisuras, esto nos indicará que el suelo es seco y si no se fisurara indicaría que el suelo está demasiado húmedo. Para desarrollar este estudio se empleó: balanza electrónica, horno de secado de:  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ , guantes, tara de acero, agua destilada.

Al clasificar los diversos tipos de suelos se utilizó la clasificación AASHTO (American Association of State Highway Officials) la cual nos indica que los suelos que pertenecen al grupo (A-1, A-2, A-3) son materiales granulares, al pasar el 35% de éste tipo de materiales por la malla N°200. Por otro lado, los grupos (A-4, A-5, A-6, A-7) son materiales granulares con gran presencia de fino, al pasar más del 35% de éste tipo de materiales por la malla N°200. Para determinar el índice de grupo (IG) se empleó la siguiente fórmula:

$$IG = (F - 35) [0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15) (IP - 10)$$

Tener en cuenta que:

F=% que pasa por el tamiz N°200

LL= Límite Líquido

IP= Índice de Plasticidad

Cuando los suelos pertenezcan a los grupos: (A-2-6) y (A-2-7) se utilizará la siguiente fórmula:  $IG = 0.01(F - 15) (IP - 10)$

Para clasificar los suelos según AASHTO, se empleó lo siguiente:

Tabla 9. Clasificación de suelos – según AASHTO

| Clasificación general   | Materiales granulares<br>(pasa menos del 35% por el tamiz ASTM N°200) |                |                |                              |                |                | Materiales limo arcillosos<br>(más del 35% por el tamiz ASTM N°200) |                |                |                   |                |                |
|---|---|----------------|----------------|------------------------------|----------------|----------------|---|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|
|   | A-1   |                | A-3            | A-2                          |                |                | A-4   | A-5            | A-6            | A-7               |                |                |
| GRUPO   | A-1-a   | A-1-b          |                | A-2-4                        | A-2-5          | A-2-6          | A-2-7   |                |                |                   | A-7-5          | A-7-6          |
| Subgrupo  |   |                |                |                              |                |                |   |                |                |                   |                |                |
| Análisis granulométrico % que pasa por cada tamiz                                 |   |                |                |                              |                |                |   |                |                |                   |                |                |
| N°10  | <=50<br>50 máx  |                |                |                              |                |                |   |                |                |                   |                |                |
| N°40  | <=30<br>30 máx  | <=50<br>50 máx | >=51<br>50 min |                              |                |                |   |                |                |                   |                |                |
| N°200   | <=15<br>15 máx  | <=25<br>25 máx | <=10<br>10 máx | <=35<br>35 máx               | <=35<br>35 máx | <=35<br>35 máx | <=35<br>35 máx  | >=36<br>36 min | >=36<br>36 min | >=36<br>36 min    | >=36<br>36 min | >=36<br>36 min |
| Estado de consistencia (de la fracción del suelo que pasa por el tamiz ASTM N°40) |   |                |                |                              |                |                |   |                |                |                   |                |                |
| Límite líquido  |   |                | NP             | <=40<br>40 máx               | >=41<br>41 min | <=40<br>40 máx | >=41<br>41 min  | <=40<br>40 máx | >=41<br>41 min | <=40<br>40 máx    | >=41<br>41 min | >=41<br>41 min |
| Índice de plasticidad   | <=6<br>6 máx  |                |                | <=10<br>10 máx               | <=10<br>10 máx | >=11<br>11 min | >=11<br>11 min  | <=10<br>10 máx | <=10<br>10 máx | >=11<br>11 min    | >=11<br>11 min | >=11<br>11 min |
| Índice de grupo   | 0   | 0              | 0              |                              |                | <=4<br>4 máx   |   | <=8<br>8 máx   | <=12<br>12 máx | <=16<br>16 máx    |                | <=20<br>20 máx |
| Tipos de materiales característicos   |   |                |                |                              |                |                |   |                |                |                   |                |                |
|   | Fragmento de roca, grava y arena                                      |                | Arena fina     | Grava y arena limo o arcilla |                |                | Suelos limosos  |                |                | Suelos arcillosos |                |                |
| Calidad general como sub base   |   |                |                |                              |                |                |   |                |                |                   |                |                |
|   | Excelente a bueno   |                |                |                              |                |                | Regular a malo  |                |                |                   |                |                |

Fuente: Elaboración propia.

- ✓ Clasificación SUCS (Unified Soil Classification System): Para clasificar los suelos empleando este método, se calculó el índice de grupo (IG), se conoció la granulometría del suelo (empleando tamices), finalmente se utilizó el ábaco de Casagrande.

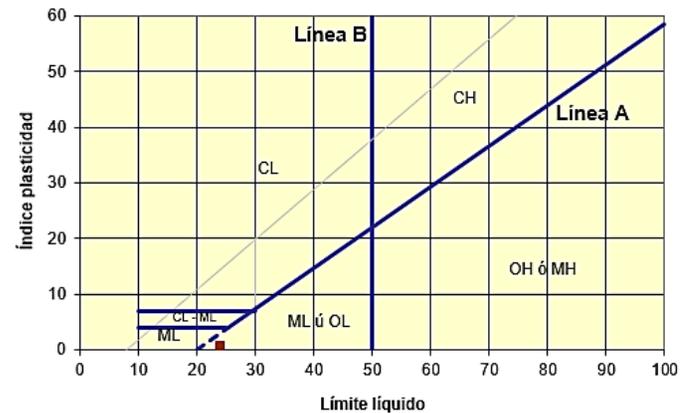
Tabla 10. Clasificación de suelos – Método SUCS

| Divisiones principales   |   | Símbolos del grupo | Nombres típicos   | Identificación de laboratorio   |  |
|--|---|--------------------|---|---|--|
| Suelos de grano grueso<br>Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200 | Gravas<br>Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm) | GW                 | Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos. | Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5%->GW,GP,SW,SP. >12%->GM,GC,SM,SC. 5 al 12%->casos límite que requieren usar doble símbolo. | $Cu = D_{60}/D_{10} > 4$<br>$Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3     |
|  |   | GP                 | Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.   | No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.   |  |
|  | Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)   | GM                 | Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.                             | Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ .  | Encima de línea A con $IP$ entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo. |
|  |   | GC                 | Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.                       | Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$ .  |  |
| Arenas<br>Más de la mitad de la  | Arenas limpias (pocos o sin finos)  | SW                 | Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.     | $Cu = D_{60}/D_{10} > 6$<br>$Cc = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3  |  |

|  |    |  |  |
|--|----|--|--|
| fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm) | SP | Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos. | Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.  |
|  | SM | Arenas limosas, mezclas de arena y limo.                         | Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$ .<br><br>Los límites situados en la zona rayada con $IP$ entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo doble. |
|  | SC | Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.                        | Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$ .   |

|  |    |  |
|--|----|--|
| Suelos de grano fino<br>Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200<br><br>Limos y arcillas:<br>Límite líquido menor de 50 | ML | Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad. |
|  | CL | Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.                         |
|  | OL | Limos orgánicos y arcillas orgánicas   |

Ábaco de Casagrande



---

|   |    |   |
|---|----|---|
|   |    | limosas de baja plasticidad.  |
| <hr/> Limos y arcillas:<br>Límite líquido mayor de 50 | MH | Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos. |

---

Fuente: Manual de Mecánica de Suelos Clasificación SUCS.

#### 4.3.5. Características del proyecto

El estudio mecánico de suelos de las muestras obtenidas fue realizado por el Laboratorio JVC consultoría Geotecnia S.A.C. ubicado en Av. Los Laureles 725 en la ciudad de Chiclayo, con los resultados brindados se conoció que el perfil estratigráfico de la zona del proyecto presenta las siguientes cualidades.

##### Calicata N°01: Manantial de fondo concentrado

E-1/ 0.00 – 0.20 m. Capa formada por arena pobremente graduada, color gris claro, con un 0.61% que pasa la malla N° 200, clasificado en el sistema “SUCS”, como un suelo “SP” y de acuerdo a la clasificación “AASHTO”, como un suelo “A-1-b (0)”. Con una humedad natural de 14.74%. Material compuesto por arena.

E-2 / 0.20 – 0.60 m. Capa compuesta por Grava pobremente graduada con arena, color gris claro, con 0.0% que pasa la malla N° 200, clasificado en el sistema “SUCS”, como un suelo “GP” y según la clasificación “AASHTO”, como suelo “A-1-a (0)”. Con una humedad natural de 10.44%. Mezcla de canto rodado y arena.

E-3 / 0.60 – 1.50 m. Capa compuesta por Grava pobremente graduada, coloración gris, con un 0.00% que pasa la malla N° 200, clasificado en el sistema “SUCS”, como un suelo “GP” y según el sistema “AASHTO”, como un suelo “A-1-a (0)”. Con una humedad natural de 10.14%. Material tipo canto rodado.

##### Calicata N°02: Reservorio

E-1 / 0.00 – 0.20 m. Capa conformada por Limo arenoso de baja plasticidad, color gris claro, con 59.34% que pasa la malla N° 200, clasificado en el sistema “SUCS”, como un suelo “ML” y según sistema

“AASHTO”, como un suelo “A-4 (5)”. Con una humedad natural de 2.38%. Material suelto sin plasticidad.

E-2 / 0.20 – 0.70 m. Capa compuesta por arcilla arenosa de baja plasticidad, color beige, con un 60.96% que pasa la malla N° 200, clasificado en el sistema “SUCS”, como un suelo “CL” y según sistema “AASHTO”, como un suelo “A-6 (7)”. Con una humedad natural de 2.87%. Mezcla de arcilla medianamente compacta y arena.

E-3 / 0.70 – 1.50 m. Capa compuesta por arcilla de baja plasticidad, color marrón rojizo, con 87.41% que pasa la malla N° 200, clasificado en el sistema “SUCS”, como un suelo “CL” y según sistema “AASHTO”, como un suelo “A-4 (9)”. Con una humedad natural de 3.20%. Material arcilloso medianamente denso.

Calicata N°03: Red de distribución

E-1 / 0.00 – 0.20 m. Capa compuesta por Limo de baja plasticidad, color gris oscuro, con 87.89% que pasa la malla N° 200, clasificado en el sistema “SUCS”, como un suelo “ML” y de según sistema “AASHTO”, como un suelo “A-4 (9)”. Con una humedad natural de 3.33%. Material suelto sin plasticidad.

E-2 / 0.20 – 0.60 m. Capa compuesta por arcilla limosa de baja plasticidad con arena, color gris oscuro, con un 75.70% que pasa la malla N° 200, clasificado en el sistema “SUCS”, como un suelo “CL-ML” y de acuerdo al sistema “AASHTO”, como un suelo “A-4 (9)”. Con una humedad natural de 3.92%. Mezcla de arcilla suelta, limo y arena.

E-3 / 0.60 – 1.50 m. Capa compuesta por arcilla de baja plasticidad con arena, color gris oscuro, con 82.45% que pasa la malla N° 200, clasificado en el sistema “SUCS”, como un suelo “CL” y según el

sistema "AASHTO", como suelo "A-6 (10)". Con una humedad natural de 10.26%. Material arcilloso suelto con arena.

Calicata N°04: PTAR

E-1 / 0.00 – 0.20 m. Capa compuesta por Limo de baja plasticidad, color gris oscuro, con 90.95% que pasa la malla N° 200, clasificado en el sistema "SUCS", como un suelo "ML" y según el sistema "AASHTO", como un suelo "A-4 (9)". Con una humedad natural de 2.98%. Material suelto sin plasticidad.

E-2 / 0.20 – 0.55 m. Capa compuesta por arcilla limosa de baja plasticidad con arena, coloración gris oscuro, con un 83.95% que pasa la malla N° 200, clasificado en el sistema "SUCS", como un suelo "CL-ML" y según el sistema "AASHTO", como suelo "A-4 (9)". Con una humedad natural de 4.79%. Mezcla de arcilla suelta, limo y arena.

E-3 / 0.55 – 1.50 m. Capa compuesta por arcilla de baja plasticidad con arena, color gris oscuro, con 81.46% que pasa la malla N° 200, clasificado en el sistema "SUCS", como un suelo "CL" y según el sistema "AASHTO", como suelo "A-6 (11)". Con una humedad natural de 10.96%. Material arcilloso suelto con arena.

#### 4.3.6. Análisis de los resultados en laboratorio

Tabla 11. Resultados del análisis granulométrico

| N° de tamiz | Unidad | Calicatas (% que pasa) |        |        |        |
|-------------|--------|------------------------|--------|--------|--------|
|             |        | C-1                    | C-2    | C-3    | C-4    |
| 3"          | %      | 100.00                 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 2 ½"        | %      | 100.00                 | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 2"          | %      | 90.60                  | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 1 ½"        | %      | 80.39                  | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| 1"          | %      | 64.36                  | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| ¾"          | %      | 52.83                  | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| ½"          | %      | 45.38                  | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| ⅜"          | %      | 41.51                  | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| ¼"          | %      | 39.14                  | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| N°4         | %      | 35.93                  | 100.00 | 100.00 | 100.00 |
| N°10        | %      | 33.37                  | 98.51  | 97.87  | 100.00 |
| N°20        | %      | 31.04                  | 96.36  | 94.78  | 100.00 |
| N°40        | %      | 16.30                  | 91.24  | 90.63  | 98.10  |
| N°60        | %      | 2.83                   | 85.18  | 86.80  | 94.67  |
| N°140       | %      | 1.23                   | 69.33  | 83.01  | 90.18  |
| N°200       | %      | 0.00                   | 60.96  | 75.70  | 83.95  |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Resultados del contenido de humedad

| Contenido de humedad |             |       |
|----------------------|-------------|-------|
| Calicata             | Descripción | %     |
| C -1                 | CAP -01     | 10.44 |
| C -2                 | RS -03      | 2.87  |
| C -3                 | RD -04      | 3.92  |
| C -4                 | PT -05      | 4.79  |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Resumen del análisis de los Límites de Atterberg

| Límites de Atterberg |                    |                     |                     |
|----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| Calicata             | Límite Líquido (%) | Límite Plástico (%) | Índice plástico (%) |
| C -1                 | NP                 | NP                  | NP                  |
| C -2                 | 26.39              | 12.64               | 13.7                |
| C -3                 | 29.47              | 22.47               | 7.0                 |
| C -4                 | 29.38              | 22.52               | 6.9                 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Clasificación de los suelos según: AASHTO y SUCS

| Calicata | Código   | Clasificación según ASSHTO | Clasificación según SUCS                            |
|----------|----------|----------------------------|---|
| C -1     | CAP - 01 | A-1-a (0)                  | GP-Grava pobremente graduada                        |
| C -2     | RS - 02  | A-4 (9)                    | CL-Arcilla de baja plasticidad                      |
| C -3     | RD - 03  | A-4 (9)                    | CL-ML- Arcilla limosa de baja plasticidad con arena |
| C -4     | PT - 04  | A-4 (9)                    | CL-ML-Arcilla limosa de baja plasticidad con arena  |

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.3.7. Análisis del peso unitario y capacidad portante del suelo

Se calculó el peso unitario del suelo del área de estudio siendo de 1.6 Tn/m<sup>3</sup>. De la calicata 02 donde se ubicará el reservorio se realizó el análisis de la capacidad portante del suelo, donde se determinó que el suelo presenta una capacidad admisible de 0.89 Kg/cm<sup>2</sup> y la capacidad de carga límite es de 2.68 Kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.3.8. Análisis y parámetros sismo resistentes

Empleando la norma E.030 Diseño sismo resistente, se pudo conocer que el presente proyecto según su ubicación cuenta con los siguientes criterios:

Tabla 15. Parámetros sísmo resistentes

| Centro poblado Pay Pay, distrito Yonán, Provincia Contumazá, departamento Cajamarca |   |
|---|---|
| Zona sísmica del proyecto   | 3   |
| Factor de zona (z)  | 0.35  |
| Tipo de perfil del suelo  | Perfil tipo S <sub>3</sub> (suelos blandos) |
| Factor de suelo (s)   | 1.20  |
| Periodo T <sub>p</sub> (S)  | 1.0   |
| Periodo T <sub>L</sub> (S)  | 1.6   |

Fuente: Norma E.030 Diseño sísmo resistente.

#### 4.3.9. Conclusiones

- Se obtuvieron las muestras de suelo de diferentes zonas del área de investigación: captación, reservorio, red de distribución, PTAR.
- Se efectuó el análisis granulométrico de las muestras, donde se conoció el tamaño de partículas que contenía cada una de ellas.
- Se determinó el porcentaje de humedad de cada muestra: en la C-1 el contenido de humedad fue de 10.44%, C-2 el contenido de humedad fue de 2.87%, C-3 el contenido de humedad fue de 3.92%, C-4 el contenido de humedad fue de 4.79%.
- Se conocieron los límites de Atterberg de cada muestra: C-1 no presentó LL, LP, IP, C-2 presentó LL=26.39%, LP=12.64%, IP=13.7%, C-3 presentó LL=29.47%, LP=22.47%, IP=7%, C-4 presentó LL=29.38%, LP=22.52%, IP=6.9%.
- Se clasificaron los suelos de cada muestra, según el método AASHTO: C-1 se clasificó A-1-a (0) calidad de subbase bueno, C-2 se clasificó A-4(9) calidad de subbase regular, C-3 se clasificó A-4(9) calidad de subbase regular, C-4 se clasificó A-4(9) calidad de subbase regular.
- Se clasificaron los suelos de cada muestra, según el método SUCS: C-1 se clasificó GP-grava pobremente graduada, C-2 se clasificó CL- Arcilla de baja plasticidad, C-3 se clasificó CL-ML- Arcilla limosa

de baja plasticidad con arena y C-4 se clasificó CL-ML– Arcilla limosa de baja plasticidad con arena.

- Se determinó el peso unitario del suelo es de 1.60 Tn/m<sup>3</sup>.
- Se conoció la capacidad portante del suelo donde se ubicará el reservorio, donde se determinó que el suelo presenta una capacidad admisible de 0.89 Kg/cm<sup>2</sup> y la capacidad de carga límite es de 2.68 Kg/cm<sup>2</sup>.

#### 4.4. Bases de diseño

Lineamientos necesarios para desarrollar el diseño de la red de abastecimiento de agua potable y alcantarillado, empleando parámetros descritos en la normatividad vigente.

##### 4.4.1. Generalidades

- 4.4.1.1. Área de influencia: Está conformado por el C.P Pay Pay, nuestra zona de estudio presenta una extensión total de 122014.46m<sup>2</sup>.
- 4.4.1.2. Horizonte de planeamiento: Para la presente investigación, el periodo de diseño es de 20 años, por ende, el horizonte de planeamiento será hasta el año 2040.
- 4.4.1.3. Periodo de diseño: El periodo de diseño para el estudio es de 20 años, el año base es el año 2020, como año 20, se considerará el año 2041.
- 4.4.1.4. Población actual: La población actual es de 525 habitantes.
- 4.4.1.5. Tasa de crecimiento: Al no encontrar resultados del censo realizado por INEI en años anteriores al año 2017 para el C.P. Pay Pay, se realizó el cálculo de las tasas de crecimiento a nivel

distrital, provincial y departamental, empleando el método geométrico.

Tabla 16. Tasa de crecimiento a nivel distrital

| Distrito de la zona de estudio: Yonán |                  |                           |
|---------------------------------------|------------------|---------------------------|
| Año del censo realizado               | Nº de Habitantes | Tasa de crecimiento ( r ) |
| 2007                                  | 7735             | -0.87%                    |
| 2017                                  | 7087             |                           |

Fuente: Compendio estadístico departamental 2009, Crecimiento y distribución de la población total INEI 2017.

Tabla 17. Tasa de crecimiento a nivel provincial

| Provincia de la zona de estudio: Contumazá |                  |                           |
|--|------------------|---------------------------|
| Año del censo realizado                    | Nº de Habitantes | Tasa de crecimiento ( r ) |
| 2007                                       | 31369            |                           |
| 2017                                       | 29532            | -0.60%                    |

Fuente: Compendio estadístico departamental 2009, Crecimiento y distribución de la población total INEI 2017.

Tabla 18. Tasa de crecimiento a nivel departamental

| Departamento de la zona de estudio: Cajamarca |                  |                           |
|---|------------------|---------------------------|
| Año del censo realizado                       | Nº de Habitantes | Tasa de crecimiento ( r ) |
| 2007  | 1284774          | 1.1%                      |
| 2017  | 1427527          |                           |

Fuente: Compendio estadístico departamental 2009, Crecimiento y distribución de la población total INEI 2017.

La población de la zona de estudio, corresponde al distrito de Yonán, para el año 2007 alcanzó los 7735 habitantes, para el año 2017 alcanzó una población de 7087 habitantes, se conoció que la tasa de crecimiento poblacional negativa es de (0.87%) índice a nivel distrital. La tasa de crecimiento poblacional a nivel

provincial resulta ser negativa. Por lo tanto, se adoptó la tasa de crecimiento poblacional a nivel departamental, la cual resulta ser positiva (1.10%).

4.4.1.6. Población de diseño:

A. Población a futuro: En el año 2020, la población del C.P. Pay Pay es de 525 habitantes y la proyección para el año 2041, será de 648 habitantes, al considerar una tasa de crecimiento a nivel departamental de 1.10%. Para conocer la población futura se empleó el método aritmético, considerando como año base, el año 2020.

$$P_d = P_i * \left(1 + \frac{r * t}{100}\right)$$

Dónde:

P<sub>i</sub>: población inicial.

P<sub>d</sub>: población de diseño.

t : diferencia de años entre P<sub>i</sub> y P<sub>d</sub>.

r: tasa de crecimiento anual (%).

Tabla 19. Población de diseño

| Población de diseño |      |           |
|---------------------|------|-----------|
|                     | Año  | Población |
| Base                | 2020 | 525       |
| 0                   | 2021 | 531       |
| 1                   | 2022 | 537       |
| 2                   | 2023 | 543       |
| 3                   | 2024 | 548       |
| 4                   | 2025 | 555       |
| 5                   | 2026 | 561       |
| 6                   | 2027 | 567       |
| 7                   | 2028 | 573       |
| 8                   | 2029 | 579       |
| 9                   | 2030 | 586       |
| 10                  | 2031 | 592       |
| 11                  | 2032 | 599       |
| 12                  | 2033 | 605       |

|    |      |     |
|----|------|-----|
| 13 | 2034 | 612 |
| 14 | 2035 | 617 |
| 15 | 2036 | 624 |
| 16 | 2037 | 630 |
| 17 | 2038 | 634 |
| 18 | 2039 | 639 |
| 19 | 2040 | 641 |
| 20 | 2041 | 648 |

Fuente: Elaboración propia.

B. Viviendas a futuro: En el año 2020, el C.P. Pay Pay presenta un total de 231 viviendas y la proyección para el año 2041, será de 285 viviendas, al considerar una tasa de crecimiento departamental de 1.10%. Para calcular el número de viviendas a futuro, se empleó el método aritmético, considerando como año base, el año 2020.

Tabla 20. Viviendas de diseño

|      | Población de diseño |             |
|------|---------------------|-------------|
|      | Año                 | N° Vivienda |
| Base | 2020                | 231         |
| 0    | 2021                | 234         |
| 1    | 2022                | 236         |
| 2    | 2023                | 239         |
| 3    | 2024                | 241         |
| 4    | 2025                | 244         |
| 5    | 2026                | 247         |
| 6    | 2027                | 249         |
| 7    | 2028                | 252         |
| 8    | 2029                | 255         |
| 9    | 2030                | 258         |
| 10   | 2031                | 261         |
| 11   | 2032                | 263         |
| 12   | 2033                | 266         |
| 13   | 2034                | 269         |
| 14   | 2035                | 271         |
| 15   | 2036                | 273         |
| 16   | 2037                | 275         |
| 17   | 2038                | 277         |

|    |      |     |
|----|------|-----|
| 18 | 2039 | 280 |
| 19 | 2040 | 282 |
| 20 | 2041 | 285 |

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.7. Dotaciones: Para la presente investigación no se colocaron UBS al ubicarse las viviendas en áreas lotizadas, por otro lado, la orografía del terreno nos permite utilizar una red de alcantarillado. El área de estudio, según la Oficina Departamental de Estadística e Informática de Cajamarca, está situada dentro de la región geográfica (Costa) y al utilizarse una dotación – Letrinas con arrastre hidráulico, el valor de la dotación de agua respecto a su disposición de excretas empleado es de 90 l/hab.d.

Tabla 21. Dotaciones de las viviendas del proyecto (l/día)

| Uso       | Nº Habitantes | Dotación     | Dotación (L/día) |
|-----------|---------------|--------------|------------------|
| Viviendas | 648           | 90 L/hab.día | 58320.00         |

Fuente: Elaboración propia.

- Dotaciones por gastos complementarios: Según la norma IS.010 del R.N. E la dotación de los locales educativos es de 50 litros diario por cada alumno. Además, nos expresa que la dotación para iglesias es de 3L/m<sup>2</sup> por día.

Tabla 22. Dotaciones por gastos complementarios (l/día)

| Uso                | Área/ Nº Habitantes /Asientos | Dotación                | Dotación (L/día) |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------|
| Campo deportivo    | 150 Asientos                  | 1 L/día.m <sup>2</sup>  | 150              |
| Losa deportiva     | 100 Asientos                  | 1 L/día.m <sup>2</sup>  | 100              |
| Iglesia evangélica | 40 Asientos                   | 3 L/día.asiento         | 120              |
| Iglesia adventista | 50 Asientos                   | 3 L/día.asiento         | 150              |
| Restaurante        | 216.3 m <sup>2</sup>          | 40 L/día.m <sup>2</sup> | 8652             |

|                             |             |                 |          |
|-----------------------------|-------------|-----------------|----------|
| I.E. Daniel Alcides Carrión | 66 alumnos  | 50 L/día.alumno | 3300     |
| I.E.N°009                   | 22 alumnos  | 50 L/día.alumno | 1100     |
| Posta médica                | 4 camas     | 800 L/día. Cama | 3200     |
| Farmacia                    | 110.30 m2   | 0.50 L/día.m2   | 55.15    |
| Parque                      | 623 m2      | 2 L/día.m2      | 1246     |
| Local comunal               | 60 asientos | 3 L/asiento.día | 180      |
| Comedor popular             | 268.70 m2   | 40 L/día.m2     | 10748    |
| Almacén                     | 420.7 m2    | 0.5 L/día.m2    | 210.35   |
| I.E.N°82570                 | 87 alumnos  | 50 L/día.alumno | 4350     |
| Mercado                     | 316.90 m2   | 15 L/día.m2     | 4753.50  |
| Iglesia católica            | 35 asientos | 3 L/asiento.día | 105      |
| Parque                      | 460.10 m2   | 2 L/día.m2      | 920.20   |
|                             |             | Total           | 39340.20 |

Fuente: Elaboración propia.

Con el cálculo realizado, se conoció que la dotación requerida para el C.P Pay Pay es de 97660.20 l/día.

Tabla 23. Dotación total de la zona de estudio

| Uso                    | Dotación (L/día) |
|------------------------|------------------|
| Gastos complementarios | 39340.20         |
| Viviendas              | 58320            |
| Total                  | 97660.20         |

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.1.8. Variaciones de consumo

- Consumo del Promedio diario anual

$$Q_p = \frac{\text{Dotación} \times P_d}{86400}$$

Dónde:

$Q_p$ : Caudal promedio diario anual (l/s)

$P_d$ : Población de diseño (hab)

Dotación: Dotación (l/hab. día)

Tabla 24. Caudal promedio diario anual

| Caudal promedio diario anual |              |             |
|------------------------------|--------------|-------------|
| Dotación (l/día)             | $P_d$ ( hab) | $Q_p$ (l/s) |
| 97660.20                     | 648          | 1.130       |

Fuente: Elaboración propia.

- Caudal máximo diario

$$Q_{md} = K1 \times Q_p$$

Dónde:

$Q_{md}$ : Caudal máximo diario (l/s)

$Q_p$ : Caudal promedio diario anual (l/s)

$K1$ : 1.3 (Coeficiente adimensional del Reglamento Nacional de Edificaciones RNE, Norma OS.100).

Tabla 25. Caudal máximo diario

| Caudal máximo diario |             |                |
|----------------------|-------------|----------------|
| $K1$                 | $Q_p$ (l/s) | $Q_{md}$ (l/s) |
| 1.3                  | 1.130       | 1.469          |

Fuente: Elaboración propia.

Según los criterios de estandarización de diseño hidráulico, se trabajará con un caudal máximo diario de 1.5 l/s

➤ Caudal máximo horario

$$Q_{mh} = K2 \times Q_p$$

Dónde:

$Q_{mh}$  : Caudal máximo diario (l/s)

$Q_p$  : Caudal promedio diario anual (l/s)

K2: 1.8 – 2.5 (Coeficiente adimensional del Reglamento Nacional de Edificaciones RNE, Norma OS.100).

Tabla 26. Caudal máximo horario

| Caudal máximo horario |             |                |
|-----------------------|-------------|----------------|
| K2                    | $Q_p$ (l/s) | $Q_{mh}$ (l/s) |
| 2                     | 1.130       | 2.261          |

Fuente: Elaboración propia.

➤ Caudal promedio anual con pérdidas ( $Q_{pp}$ ),

$$Q_{pp} = Q_p \times C_p$$

Dónde:

$Q_{pp}$ : Caudal promedio anual con pérdidas (l/s)

$Q_p$  : Caudal promedio diario anual (l/s)

$C_p$ : Coeficiente de pérdidas (%)

Tabla 27. Caudal promedio anual con pérdidas

| Caudal promedio anual con pérdidas |           |                |
|------------------------------------|-----------|----------------|
| $Q_p$ (l/s)                        | $C_p$ (%) | $Q_{pp}$ (l/s) |
| 1.130                              | 1.25      | 1.413          |

Fuente: Elaboración propia.

4.4.1.9. Caudal de aforo

El C.P Pay Pay presenta una fuente de captación de manantial de fondo concentrado, nuestra fuente se ubica a 316m.s.n.m entre las coordenadas 697930.84E y 9199655.39N. Con el objetivo primordial de conocer el caudal de la fuente de captación se

efectuó un aforo, se empleó el método volumétrico, el cual consistió en dejar llenar dicha fuente, de un área conocida de 1m<sup>2</sup>, cada 0.15m de profundidad, calculando el tiempo que demoraba en llegar a la profundidad requerida, éste proceso se repitió 5 veces, con el único fin de conocer el caudal de aforo de la galería filtrante, se obtuvieron los siguientes datos y resultados:

Tabla 28. Caudal de aforo medido en campo

| Tiempo (s)                           | Área (m <sup>2</sup> ) | Profundidad (m) | Caudal (m <sup>3</sup> /s) | Caudal (l/s) |
|--------------------------------------|------------------------|-----------------|----------------------------|--------------|
| Tiempo 1 39.32                       | 1                      | 0.15            | Q1 0.0038                  | Q1 3.815     |
| Tiempo 2 41.53                       |                        |                 | Q2 0.0036                  | Q2 3.612     |
| Tiempo 3 42.14                       |                        |                 | Q3 0.0036                  | Q3 3.560     |
| Tiempo 4 37.91                       |                        |                 | Q4 0.0040                  | Q4 3.957     |
| Tiempo 5 38.54                       |                        |                 | Q5 0.0039                  | Q5 3.892     |
| Caudal de aforo promedio = 3.767 l/s |                        |                 |                            |              |

Fuente: Elaboración propia.

Con las 5 mediciones en campo de los caudales de aforo, se conoció que el caudal de aforo promedio es:

$$Q \text{ de aforo} = 3.767 \text{ l/s}$$

#### 4.4.2. Sistema de agua potable

Tabla 29. Caudal para el balance hídrico

| N°   | Año  | Población | N°vivienda | Dotación | Qp    | Qaforo |
|------|------|-----------|------------|----------|-------|--------|
| Base | 2020 | 525       | 231        | 47250    | 0.547 | 3.767  |
| 0    | 2021 | 531       | 234        | 47770    | 0.553 | 3.767  |
| 1    | 2022 | 537       | 236        | 48295    | 0.559 | 3.767  |
| 2    | 2023 | 543       | 239        | 48826    | 0.565 | 3.767  |
| 3    | 2024 | 548       | 241        | 49364    | 0.571 | 3.767  |
| 4    | 2025 | 555       | 244        | 49907    | 0.578 | 3.767  |
| 5    | 2026 | 561       | 247        | 50456    | 0.584 | 3.767  |
| 6    | 2027 | 567       | 249        | 51011    | 0.590 | 3.767  |
| 7    | 2028 | 573       | 252        | 51572    | 0.597 | 3.767  |
| 8    | 2029 | 579       | 255        | 52139    | 0.603 | 3.767  |
| 9    | 2030 | 586       | 258        | 52712    | 0.610 | 3.767  |
| 10   | 2031 | 592       | 261        | 53292    | 0.617 | 3.767  |
| 11   | 2032 | 599       | 263        | 53879    | 0.624 | 3.767  |

|    |      |     |     |       |       |       |
|----|------|-----|-----|-------|-------|-------|
| 12 | 2033 | 605 | 266 | 54471 | 0.630 | 3.767 |
| 13 | 2034 | 612 | 269 | 55070 | 0.637 | 3.767 |
| 14 | 2035 | 617 | 271 | 55676 | 0.644 | 3.767 |
| 15 | 2036 | 624 | 273 | 56289 | 0.651 | 3.767 |
| 16 | 2037 | 630 | 275 | 56908 | 0.659 | 3.767 |
| 17 | 2038 | 634 | 277 | 57534 | 0.666 | 3.767 |
| 18 | 2039 | 639 | 280 | 58167 | 0.673 | 3.767 |
| 19 | 2040 | 641 | 282 | 58806 | 0.681 | 3.767 |
| 20 | 2041 | 648 | 285 | 59453 | 0.688 | 3.767 |

Fuente: Elaboración propia.

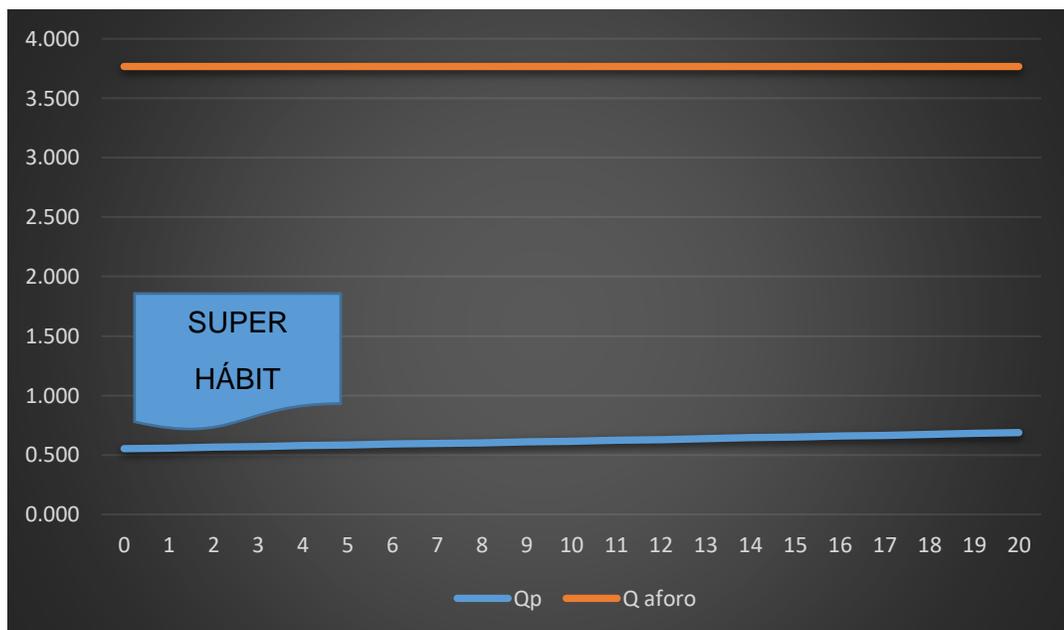


Figura 2. Balance Hídrico

Fuente: Elaboración propia.

Al observar esta figura, determinamos que nuestro balance hídrico para el C.P Pay Pay es favorable, porque el caudal de aforo cubre el periodo de vida útil de 20 años del sistema de agua potable, el caudal de aforo se ubica por encima del caudal promedio diario anual (l/s).

#### 4.5. Diseño del sistema de agua potable

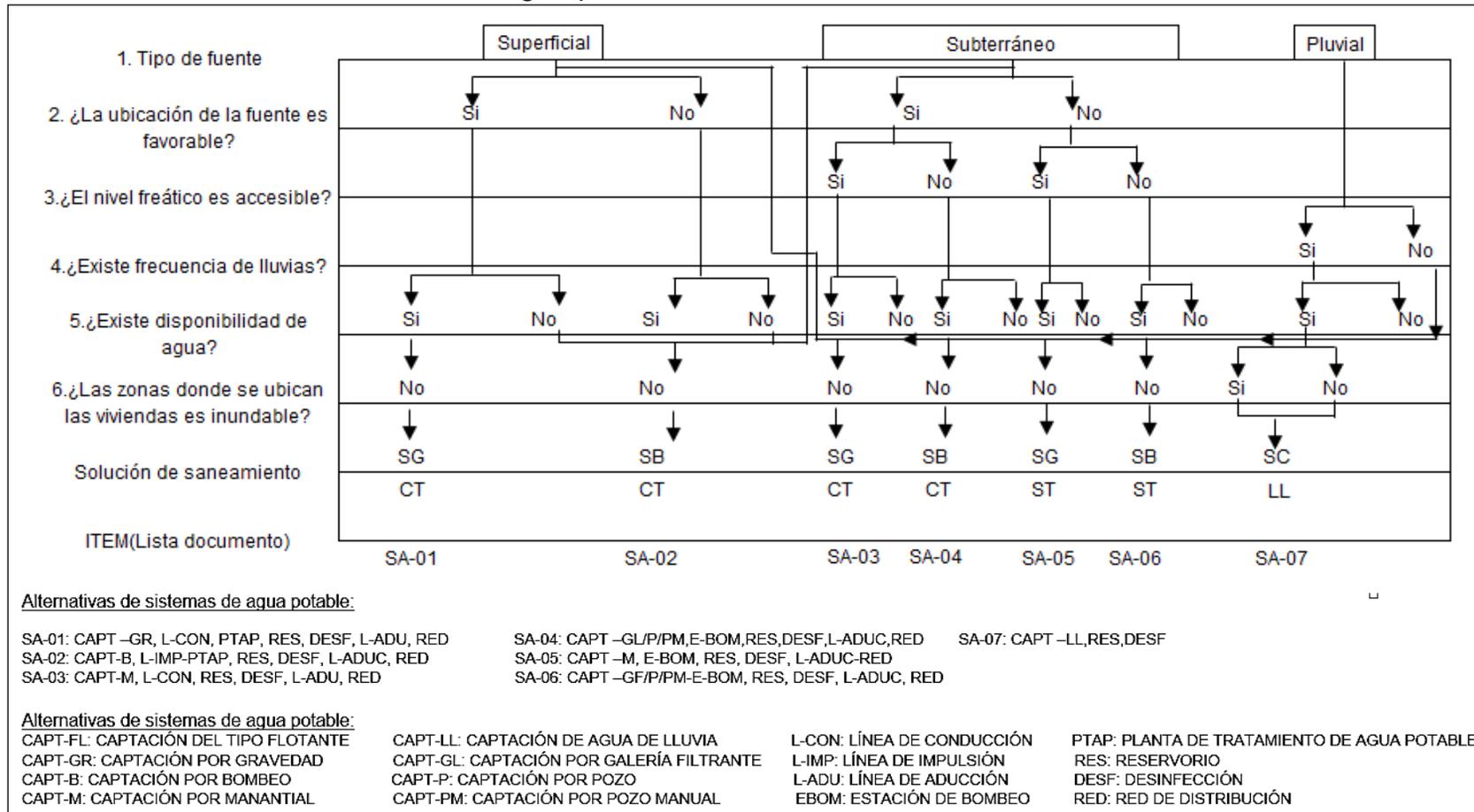


Figura 3. Algoritmo de selección de sistemas de agua potable - ámbito rural

Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural.

El algoritmo presentado se encuentra plasmado en la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural 2018, permite conocer que el sistema de agua potabilizada es de tipo SA-03, esto nos indica que el sistema empleado estará conformado por la captación de manantial (ladera o fondo), línea de conducción, reservorio, desinfección, línea de aducción, red de distribución.

#### 4.5.1. Captación

4.5.1.1. Manantial de fondo concentrado: Es un tipo de captación que recoge el recurso hídrico de origen subterránea que mana del terreno de orografía llana, dicha estructura está conformada por un fondo carente de losa, además está integrada por una cámara húmeda que permitirá acumular y regular el recurso hídrico requerido, así mismo ésta conformada por una cámara seca que preservará las válvulas de: control, salida, rebose y limpia.

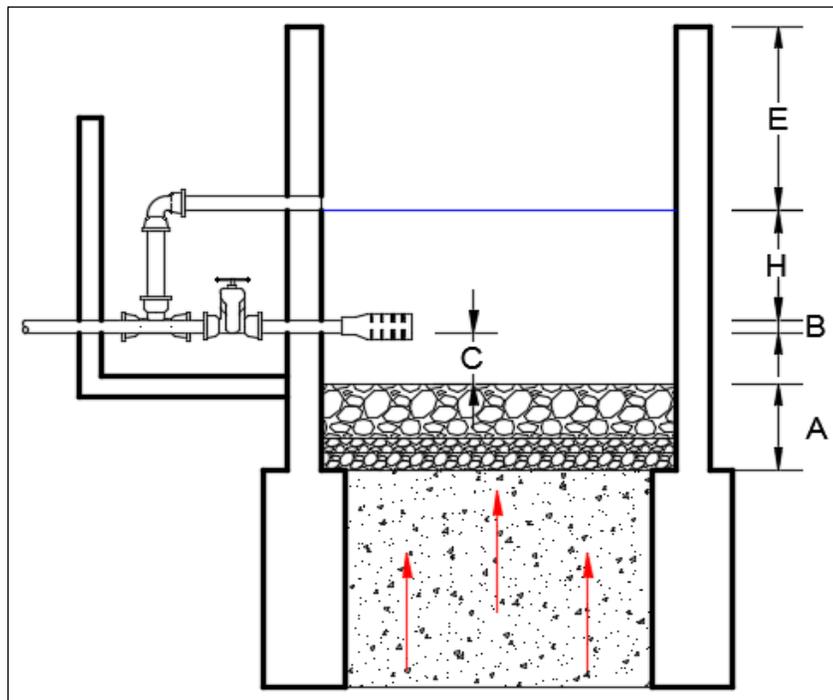


Figura 4. Altura total de la cámara húmeda

Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural 2018.

#### 4.5.1.2. Diseño Hidráulico y estructural

- $Q_{md} = 1.469$  l/s, pero según los criterios de estandarización de diseño hidráulico, se trabajará con un  $Q_{md} = 1.5$  l/s.
- Caudal máximo de la fuente ( $Q_{max}$ )= 3.767 l/s.
- Caudal mínimo de la fuente ( $Q_{min}$ )= 3.081 l/s
- Diámetro de la línea de conducción será de 2”.

A) Cálculo de la Altura de la cámara húmeda ( $H_t$ )= A + B + C + H + E

A (Altura del filtro) = 0.20 m

B (Diámetro de la tubería de salida) = 2”

C (Separación del filtro con la tubería) = 0.10 m

H (Altura de agua para que el gasto de salida de la captación, pueda fluir por la tubería de conducción) = 0.30 m (altura mínima)

E (Borde libre) = 0.35m

Reemplazando todos los valores:  $H_t = 1$  m

B) Cálculo de las dimensiones de la Canastilla

El diámetro de la canastilla (DC), será dos veces mayor al diámetro de la tubería de salida de la línea de conducción, dicha norma, nos describe que el área total de las ranuras ( $A_t$ ) será dos veces mayor al área de la tubería de la línea de conducción, finalmente nos indica que la longitud de la canastilla deberá ser superior a  $3DC$  e inferior a  $6DC$ .

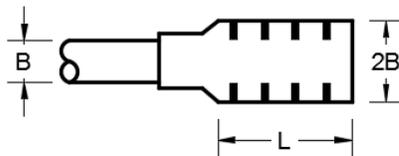


Figura 5. Canastilla de la cámara húmeda

Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural 2018.

- Cálculo del diámetro de canastilla:  $D_c = 4$  pulgadas
- Longitud de canastilla:  $L_c = 0.20\text{m}$
- Área total de ranuras:  $35\text{m}^2 = 0.000035\text{ m}^2$
- $A_B$  (área de la tubería de la línea de conducción):

$$A_B = \pi \times r^2$$

$$A_B = \pi \times (0.025\text{m})^2$$

$$A_B = 0.001964\text{ m}^2$$

Reemplazando los valores, en la siguiente ecuación se obtiene:

$$A_t = 2A_B = 2(0.001964\text{ m}^2) = 0.003927\text{m}^2$$

Para conocer el número de ranuras a emplear, se utilizará la siguiente expresión:

$$N^{\circ}\text{ranuras} = \frac{\text{Área total de ranuras}}{\text{Área de ranuras}} = \frac{0.003927\text{m}^2}{0.000035\text{m}^2} = 113\text{ unidades}$$

C) Cálculo del diámetro de la tubería de limpia y rebose: Se sugiere emplear pendiente que se encuentran en el rango de 1 a 1.5% para las tuberías de rebose y de limpia.

$$D_{LR} = 0.71 \frac{Q_{\max}^{0.38}}{hf^{0.21}} = 2.47'' = 2.5''$$

D) Cálculo estructural de la captación (Ver anexo N°6)

➤ Cámara húmeda:

Datos:

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Altura de la caja para cámara húmeda   | $H_t = 1.30\text{m}$       |
| Altura del suelo                       | $H_s = 1.00\text{m}$       |
| Ancho de pantalla                      | $b = 2.30\text{m}$         |
| Espesor de muro                        | $e_m = 0.15\text{m}$       |
| Peso específico del suelo              | $g_s = 1600\text{ kg/m}^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del suelo | $\phi = 7.97^\circ$        |
| Coefficiente de fricción               | $m = 0.42$                 |

|                              |                              |
|------------------------------|------------------------------|
| Peso específico del concreto | $g_c = 2400 \text{ kg/m}^3$  |
| Capacidad de carga del suelo | $s_t = 0.89 \text{ kg/cm}^2$ |

Acero horizontal en muros:

Altura ( $H_p$ ) = 1.30m

Peso específico del suelo ( $W$ ) =  $1.60 \text{ Tn/m}^3$

$F'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

$F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

$S/C = 300 \text{ Kg/cm}^2$

Cálculo del Acero de Refuerzo: se empleará acero de refuerzo de  $\text{Ø}3/8" @0.15 \text{ m}$  en ambas caras

Acero vertical en muros:

Datos de Entrada

Altura ( $H_p$ ) = 1.30m

Peso específico del suelo ( $W$ ) =  $1.60 \text{ Tn/m}^3$

$F'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$

$F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

$S/C = 300 \text{ Kg/cm}^2$

Cálculo del Acero de Refuerzo: se empleará acero de refuerzo de  $\text{Ø}3/8" @0.15 \text{ m}$  en ambas caras.

➤ Cámara seca:

Datos:

|  |                             |
|--|-----------------------------|
| Altura de la caja para cámara seca     | $H_t = 0.90 \text{ m}$      |
| Altura del suelo                       | $H_s = 0.70 \text{ m}$      |
| Ancho de pantalla                      | $b = 1.05 \text{ m}$        |
| Espesor de muro                        | $e_m = 0.15 \text{ m}$      |
| Peso específico del suelo              | $g_s = 1600 \text{ kg/m}^3$ |
| Ángulo de rozamiento interno del suelo | $\text{Ø} = 7.97^\circ$     |
| Coeficiente de fricción                | $m = 0.42$                  |
| Peso específico del concreto           | $g_c = 2400 \text{ kg/m}^3$ |

Capacidad de carga del suelo  $s_t = 0.89 \text{ kg/cm}^2$

Acero horizontal en muros:

Altura ( $H_p$ ) = 0.90m

Peso específico del suelo ( $W$ ) =  $1.60 \text{ Tn/m}^3$

$F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

$F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

$S/C = 300 \text{ Kg/cm}^2$

Cálculo del Acero de Refuerzo: Se empleará acero de refuerzo de  $\text{Ø}3/8" @0.15 \text{ m}$  en ambas caras.

Acero vertical en muros:

Altura ( $H_p$ ) = 0.90m

Peso específico del suelo ( $W$ ) =  $1.60 \text{ Tn/m}^3$

$F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$

$F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

$S/C = 300 \text{ Kg/cm}^2$

Cálculo del Acero de Refuerzo: se empleará acero de refuerzo de  $\text{Ø}3/8" @0.15 \text{ m}$  en ambas caras.

Diseño de la losa de fondo:

Altura ( $H$ ) = 0.15m

Ancho ( $A$ ) = 0.90m

Largo ( $L$ ) = 1.05m

Peso específico del Concreto ( $W_c$ ) =  $2.40 \text{ Tn/m}^3$

Peso específico del Agua ( $W_w$ ) =  $1.00 \text{ Tn/m}^3$

La altura de la losa ( $H$ ) es de 0.15m, para la cual se usará acero de refuerzo de  $\text{Ø}3/8" @0.25$ ambos sentidos.

### E) Diseño del material filtrante

En la cámara húmeda de la captación de manantial de fondo concentrado, se deberán emplear dos tipos de filtros, los cuales se describirán a continuación:

El primer estrato presenta un espesor de 0.10m, se consideró el uso de piedra con diámetro de 1/2" (grava media).

El segundo estrato presenta un espesor de 0.20m, para el segundo estrato se consideró el uso de piedra con diámetro de 2" (grava gruesa).

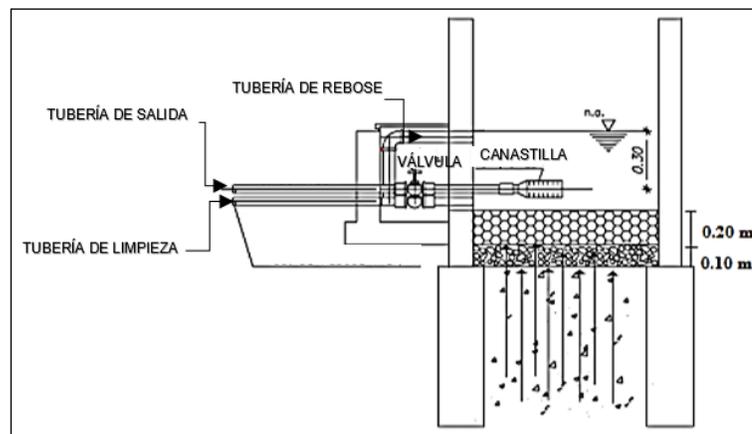


Figura 6. Alturas de los filtros en la cámara húmeda

Fuente: Agua potable para poblaciones rurales, Agüero.

### F) Cálculo del volumen de almacenamiento ( $V_a$ )

$$V_a = Q_{\text{aforo}} \times T_r$$

$Q_{\text{aforo}}$  = Caudal de aforo ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$T_r$  = Tiempo de retención (3min-5min)

$$V_a = Q_{\text{aforo}} \times T_r = 0.003767 \text{m}^3/\text{s} \times 180 \text{s} = 0.678 \text{m}^3$$

Determinamos las dimensiones que presenta la cámara húmeda de la captación:

- Altura libre para almacenar:  $H_t = 1 \text{m} - 0.30 \text{m}$  (filtros) = 0.70m
- Dimensiones de la cámara húmeda:  $L = 2.30 \text{m}$ ;  $B = 2.30 \text{m}$
- Volumen total de la cámara húmeda:  $V_t = H_t \times b \times L = 5.29 \text{m}^3$

Considerando que el volumen total de la cámara húmeda deberá ser mayor que el volumen de almacenamiento en un tiempo = 3min

$$V_t > V_a$$

$$5.29 \text{ m}^3 > 0.678 \text{ m}^3 \quad \text{¡Cumple!}$$

El volumen total de la cámara húmeda es mayor que el volumen de almacenamiento en un tiempo de 3 minutos, por lo tanto, se cumple con la expresión descrita anteriormente.

#### 4.5.2. Línea de conducción

Según la OS.010 es aquella estructura que nos permite trasladar el agua de nuestra fuente de captación hasta el reservorio o planta de tratamiento.

En la investigación, se empleó la línea de conducción para transportar el agua proveniente de nuestra captación de manantial de fondo concentrado hacia nuestro reservorio.

La estructura contará con la capacidad de transportar el caudal máximo diario de agua.

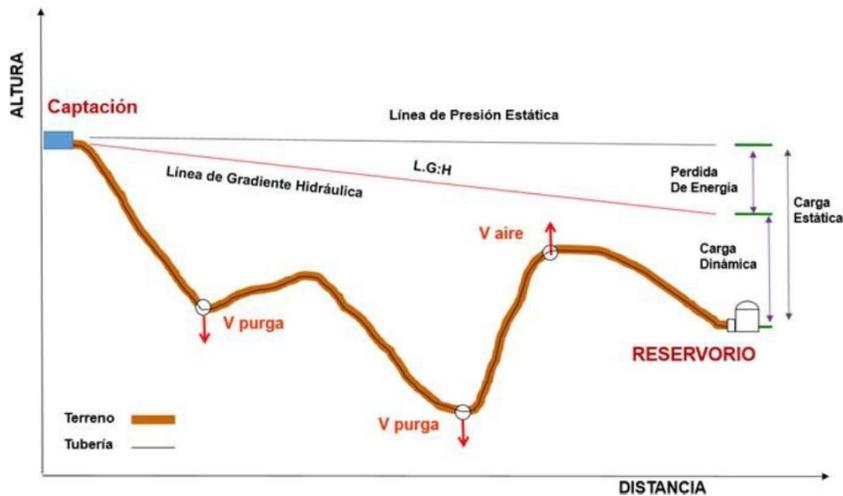


Figura 7. Línea de conducción

Fuente: Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural 2018.

#### 4.5.2.1. Criterios de diseño

La norma OS.010 (Captación y conducción de agua para consumo humano), brinda los siguientes parámetros:

- Carga disponible: se denomina como carga disponible a la desigualdad de alturas de la captación y el reservorio.
- Caudales de diseño: Son aquellos que cuentan con la capacidad de trasladar como mínimo el caudal máximo diario (Qmd), cuando el servicio no es continuo, se deberá diseñar con el caudal máximo horario (Qmh).
- La velocidad será inferior a 0.60m/s y no excederá de los 3m/s, no debe producir depósitos.
- Diámetros: Para calcular el diámetro se deberá considerar distintas soluciones razonables, se deberá tener en cuenta una velocidad entre 0.6m/s a 3m/s.
- Clases de tubería: Está condicionada acorde a las presiones máximas que se producen en la línea de conducción representada mediante la línea de carga estática.
- Línea de gradiente hidráulica: Nos describe la presión del agua a lo largo de la tubería sin pérdidas de carga, es decir es la presión existente en la realidad.
- Pérdida de carga: Es el caudal de energía requerido para reducir las resistencias que se oponen al traslado del agua desde un punto hacia otro punto en el tramo de la tubería. Dentro de la cual tenemos pérdidas de carga por cada tramo y pérdidas de carga unitaria.
- Presión: La presión final estática y dinámica se presentarán a lo largo de un tramo perteneciente a la línea de conducción.

4.5.2.2. Diseño de la línea de conducción: Para la presente investigación la línea de conducción inicia en la fuente de captación (manantial de fondo concentrado) y culmina en el reservorio, la línea de conducción presenta una longitud total de 4320m.

- Caudal: El caudal de diseño de la línea de conducción es de 1.5 l/s.
- Diámetro: Para el caudal de diseño de 1.5 l/s, se utilizó un diámetro 2" de tubería de PVC – SP, clase PN 10. Para los tramos donde se ubican los pases aéreos y el terreno rocos, se decidió utilizar un diámetro de 2" de tubería de HDPE – PE 100, clase PN 10.
- Velocidad (m/s): Para determinar la velocidad en las tuberías que trabajan a presión, se deberá emplear la fórmula de Hazen y Williams, con dicha ecuación los fabricantes peruanos, elaboran sus nomogramas en los que se encuentran diámetros menores o iguales a 2 pulgadas.

$$v = 1.9735 \left( \frac{Q}{D^2} \right)$$

Dónde:

v = velocidad (m/s)

Q = caudal (l/s)

D = diámetro (")

- Pérdida de carga unitaria (hf): Para tuberías con un diámetro igual o inferior a 2", se empleará la ecuación de Fair-Whipple:

$$h_f = \left( \frac{Q}{2.8639 \times D^{2.71}} \right) \times 1.75$$

Dónde:

hf = pérdida de carga unitaria (m/m)

Q = caudal (l/s)

D = diámetro interior (")

- Pérdida de carga por tramo (Hf): Para tuberías con un diámetro igual o inferior a 2", se empleará la ecuación de Fair-Whipple:

$$H_f = 676.745 * \left[ \frac{Q^{1.751}}{D^{4.753}} \right] / L$$

Dónde:

Hf = pérdida de carga por tramo (m)

Q = caudal (l/min)

D = diámetro interior (mm)

L = longitud (m)

- Pérdidas por accesorios ( $\Delta H_i$ ): Se determinarán las pérdidas de carga localizadas en piezas especiales, para conocer estas pérdidas se usará la siguiente expresión:

$$\Delta H_i = K_i \frac{V^2}{2g}$$

Dónde:

$\Delta H_i$  = Pérdida de carga localizada (m)

$K_i$  = Coeficiente depende el Accesorio

V = Velocidad (m/s)

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

- Pérdida de carga acumulada (m): Es el producto de la suma de la pérdida de carga acumulada con la pérdida de carga por tramo.
- Cota piezométrica del tramo (m.s.n.m): dentro de los tramos de la línea de conducción se presentarán las cotas piezométricas: inicial y final.
- Presión final del tramo (m): Será igual a la cota piezométrica final menos la cota del terreno final.

#### 4.5.2.3. Estructuras complementarias

- Válvulas de Aire: Ésta estructura será construida empleando concreto armado de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ ,  $\varnothing 2''$  de material de PVC – PN 10, sus dimensiones son 0.80m x 0.80m x 0.80m. Para lo cual se empleará cemento portland tipo I.

Se instalarán 5 válvulas de aire, lo cual nos permitirá eliminar el aire existente en los puntos elevados de la línea de conducción.

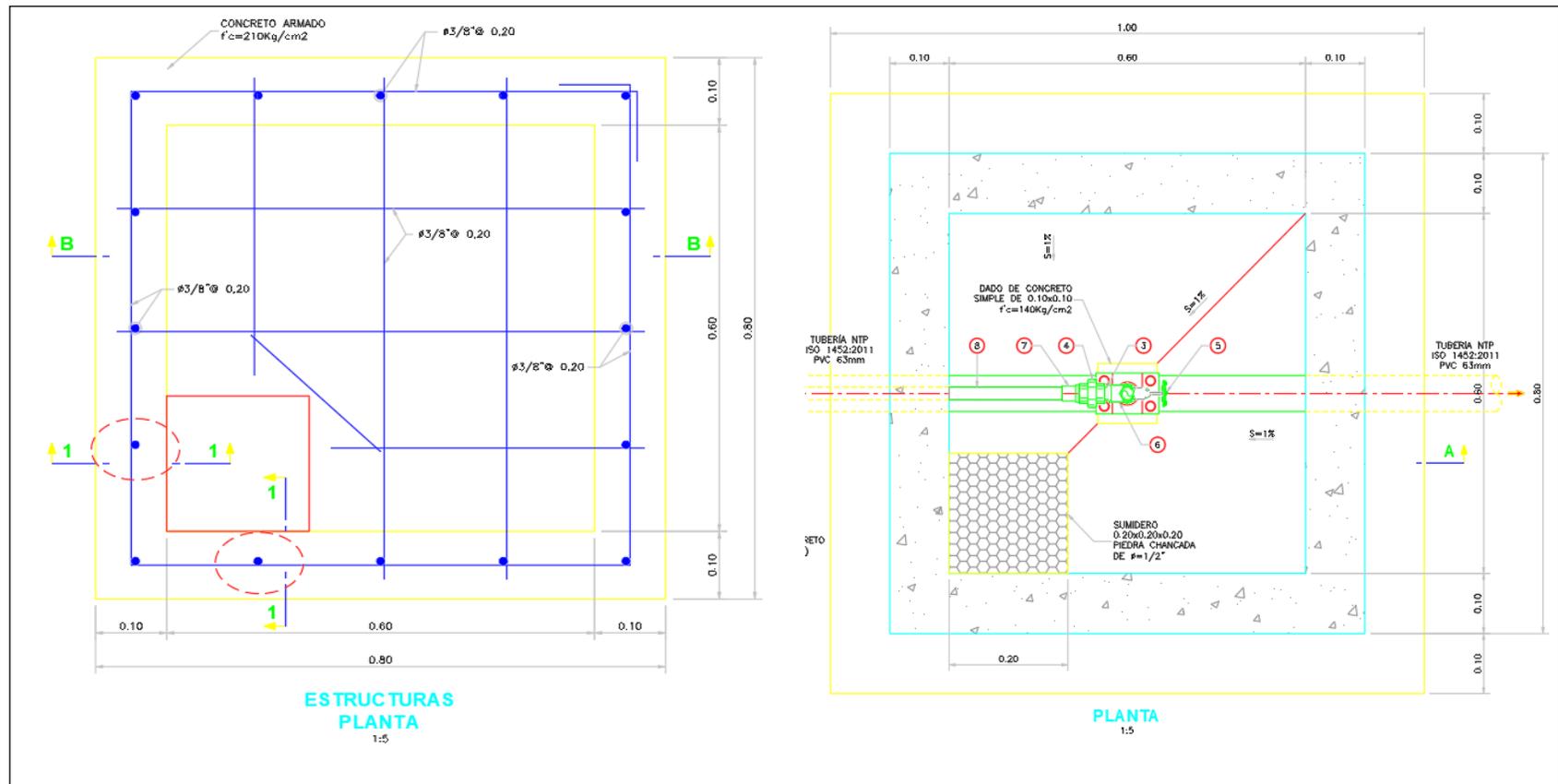


Figura 8. Diseño de la válvula de aire

Fuente: Elaboración propia.

- Válvula de purga: En la línea de conducción las válvulas de purga, serán ubicadas en los lugares más bajos, lo cual nos permitirá evacuar la sedimentación acumulada en los nodos más bajos de la línea de conducción. Ésta estructura será construida empleando concreto armado de  $f'c = 210\text{kg/cm}^2$ ,  $\varnothing 2''$  de material de PVC – PN 10, sus dimensiones son de 0.80m x 0.80m x 0.80m. Para lo cual se empleará cemento portland tipo I. Se instalarán 6 válvulas de purga, lo cual nos permitirá eliminar los sedimentos acumulados en los puntos bajos de la línea de conducción.

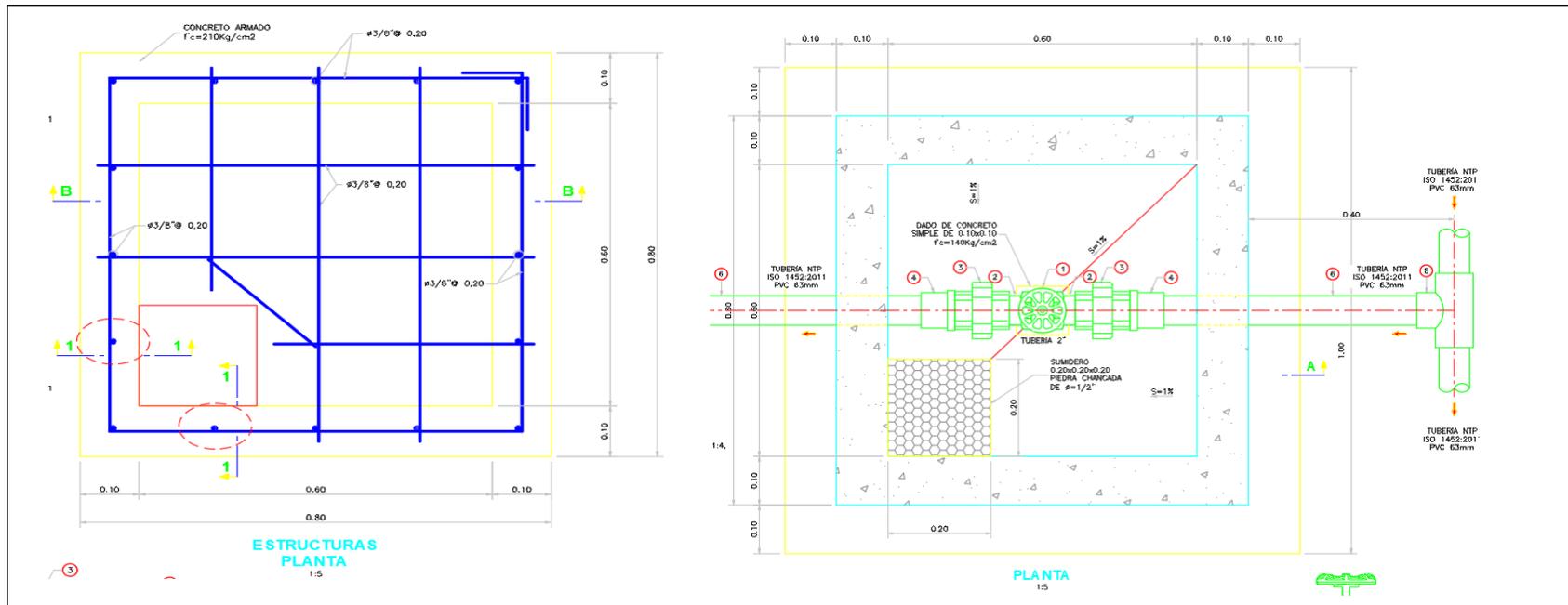


Figura 9. Diseño de la válvula de purga

Fuente: Elaboración propia.

➤ Resumen de la línea de conducción

A. Cálculo de la carga estática máxima:

Tabla 30. Carga estática máxima de la línea de conducción

| Estructura | Cotas<br>(m.s.n.m) | Carga estática máxima (m) |
|------------|--------------------|---------------------------|
| Captación  | 316                | 5.55                      |
| Reservorio | 310.45             |                           |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Pases aéreos de la línea de conducción

| N° | Longitud<br>(m) | Diámetro<br>(pulgadas) | Tipo de material | Clase   |
|----|-----------------|------------------------|------------------|---------|
| 1  | 30 m            | 2                      | HDPE             | PE -100 |
| 2  | 100 m           | 2                      | HDPE             | PE -100 |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32. Estructuras complementarias

| Estructuras complementarias | Resultados                            | Diámetro de la Varilla | Espaciamiento |
|-----------------------------|---------------------------------------|------------------------|---------------|
| Válvula de aire             | Refuerzo de acero vertical en muros   | 3/8                    | 0.20 m        |
|                             | Refuerzo de acero horizontal en muros | 3/8                    | 0.20 m        |
|                             | Refuerzo de acero en losa             | 3/8                    | 0.20 m        |
| Válvula de purga            | Refuerzo de acero vertical en muros   | 3/8                    | 0.20 m        |
|                             | Refuerzo de acero horizontal en muros | 3/8                    | 0.20 m        |
|                             | Refuerzo de acero en losa             | 3/8                    | 0.20 m        |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 33. Cálculo hidráulico de la línea de conducción

| Tramo   | Caudal Qmd | Diámetro. D (Pulg.) | Longitud | Cota del terreno  |                 | Desnivel del terreno (m) | Velocidad V (m/s) | Pérdida de carga unitaria hf (m/m) | Pérdida de carga Tramo Hf (m) | Pérdida de carga Acumulada (m) | Cota piezométrica |                 | Presión final (m) |
|---------|------------|---------------------|----------|-------------------|-----------------|--------------------------|-------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------|-------------------|
|         |            |                     |          | Inicial (m.s.n.m) | Final (m.s.n.m) |                          |                   |                                    |                               |                                | Inicial (m.s.n.m) | Final (m.s.n.m) |                   |
| CAP - A | 1.5        | 2                   | 100.00   | 315.4             | 311.4           | 4.00                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.01394                       | 0.0139                         | 315.4             | 315.39          | 3.99              |
| A -B    | 1.5        | 2                   | 200.00   | 311.4             | 305.7           | 5.74                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00007                       | 0.0140                         | 315.4             | 315.39          | 9.73              |
| B-C     | 1.5        | 2                   | 180.00   | 305.7             | 298.28          | 7.38                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00008                       | 0.0141                         | 315.4             | 315.39          | 17.11             |
| C-D     | 1.5        | 2                   | 100.00   | 298.3             | 295.46          | 2.82                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00014                       | 0.0142                         | 315.4             | 315.39          | 19.93             |
| D-E     | 1.5        | 2                   | 60.00    | 295.5             | 294.27          | 1.19                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00023                       | 0.0145                         | 315.4             | 315.39          | 21.12             |
| E-F     | 1.5        | 2                   | 60.00    | 294.3             | 293.86          | 0.41                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00023                       | 0.0147                         | 315.4             | 315.39          | 21.53             |
| F-G     | 1.5        | 2                   | 22.50    | 293.9             | 293.81          | 0.05                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00062                       | 0.0153                         | 315.4             | 315.38          | 21.57             |
| G-H     | 1.5        | 2                   | 30.00    | 293.8             | 293.81          | 0.00                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00046                       | 0.0158                         | 315.4             | 315.38          | 21.57             |
| H-I     | 1.5        | 2                   | 18.54    | 293.8             | 293.36          | 0.45                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00075                       | 0.0165                         | 315.4             | 315.38          | 22.02             |
| I-J     | 1.5        | 2                   | 28.96    | 293.4             | 292.54          | 0.82                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00048                       | 0.0170                         | 315.4             | 315.38          | 22.84             |
| J-K     | 1.5        | 2                   | 60.00    | 292.5             | 291.9           | 0.64                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00023                       | 0.0172                         | 315.4             | 315.38          | 23.48             |
| K-L     | 1.5        | 2                   | 60.00    | 291.9             | 291.48          | 0.42                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00023                       | 0.0175                         | 315.4             | 315.38          | 23.90             |
| L-M     | 1.5        | 2                   | 80.00    | 291.5             | 290.61          | 0.87                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00017                       | 0.0177                         | 315.4             | 315.38          | 24.77             |
| M-N     | 1.5        | 2                   | 40.00    | 290.6             | 289.96          | 0.65                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00035                       | 0.0180                         | 315.4             | 315.38          | 25.42             |
| N-Ñ     | 1.5        | 2                   | 18.98    | 290.0             | 289.63          | 0.33                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00073                       | 0.0187                         | 315.4             | 315.38          | 25.75             |
| Ñ-O     | 1.5        | 2                   | 100.00   | 289.63            | 289.63          | 0.00                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00014                       | 0.0189                         | 315.4             | 315.38          | 25.75             |
| O-P     | 1.5        | 2                   | 14.12    | 289.63            | 289.17          | 0.46                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00099                       | 0.0199                         | 315.4             | 315.38          | 26.21             |
| P-Q     | 1.5        | 2                   | 46.90    | 289.17            | 288.00          | 1.17                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00030                       | 0.0202                         | 315.4             | 315.38          | 27.38             |
| Q-R     | 1.5        | 2                   | 60.00    | 288.00            | 287.60          | 0.40                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00023                       | 0.0204                         | 315.4             | 315.38          | 27.78             |
| R-S     | 1.5        | 2                   | 140.00   | 287.60            | 286.72          | 0.88                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00010                       | 0.0205                         | 315.4             | 315.38          | 28.66             |
| S-T     | 1.5        | 2                   | 40.00    | 286.72            | 285.40          | 1.32                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00035                       | 0.0208                         | 315.4             | 315.38          | 29.98             |
| T-U     | 1.5        | 2                   | 40.00    | 285.40            | 284.38          | 1.02                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00035                       | 0.0212                         | 315.4             | 315.38          | 31.00             |
| U-V     | 1.5        | 2                   | 100.00   | 284.38            | 283.66          | 0.72                     | 0.74              | 0.1401                             | 0.00014                       | 0.0213                         | 315.4             | 315.38          | 31.72             |

|      |     |   |        |        |        |       |      |        |         |        |       |        |       |
|------|-----|---|--------|--------|--------|-------|------|--------|---------|--------|-------|--------|-------|
| V-W  | 1.5 | 2 | 80.00  | 283.66 | 284.33 | -0.67 | 0.74 | 0.1401 | 0.00017 | 0.0215 | 315.4 | 315.38 | 31.05 |
| W-X  | 1.5 | 2 | 21.05  | 284.33 | 285.48 | -1.15 | 0.74 | 0.1401 | 0.00066 | 0.0222 | 315.4 | 315.38 | 29.90 |
| X-Y  | 1.5 | 2 | 22.11  | 285.48 | 288.90 | -3.42 | 0.74 | 0.1401 | 0.00063 | 0.0228 | 315.4 | 315.38 | 26.48 |
| Y-Z  | 1.5 | 2 | 19.64  | 288.90 | 290.29 | -1.39 | 0.74 | 0.1401 | 0.00071 | 0.0235 | 315.4 | 315.38 | 25.09 |
| Z-AA | 1.5 | 2 | 17.20  | 290.29 | 289.20 | 1.09  | 0.74 | 0.1401 | 0.00081 | 0.0243 | 315.4 | 315.38 | 26.18 |
| Z-AB | 1.5 | 2 | 60.00  | 289.20 | 287.90 | 1.30  | 0.74 | 0.1401 | 0.00023 | 0.0245 | 315.4 | 315.38 | 27.48 |
| Z-AC | 1.5 | 2 | 100.00 | 287.90 | 287.25 | 0.65  | 0.74 | 0.1401 | 0.00014 | 0.0247 | 315.4 | 315.38 | 28.13 |
| Z-AD | 1.5 | 2 | 80.00  | 287.25 | 285.35 | 1.90  | 0.74 | 0.1401 | 0.00017 | 0.0249 | 315.4 | 315.38 | 30.03 |
| Z-AE | 1.5 | 2 | 20.00  | 285.35 | 285.68 | -0.33 | 0.74 | 0.1401 | 0.00070 | 0.0256 | 315.4 | 315.37 | 29.69 |
| Z-AF | 1.5 | 2 | 100.00 | 285.68 | 291.22 | -5.54 | 0.74 | 0.1401 | 0.00014 | 0.0257 | 315.4 | 315.37 | 24.15 |
| Z-AG | 1.5 | 2 | 20.00  | 291.22 | 291.79 | -0.57 | 0.74 | 0.1401 | 0.00070 | 0.0264 | 315.4 | 315.37 | 23.58 |
| Z-AH | 1.5 | 2 | 20.00  | 291.79 | 291.24 | 0.55  | 0.74 | 0.1401 | 0.00070 | 0.0271 | 315.4 | 315.37 | 24.13 |
| Z-AI | 1.5 | 2 | 160.00 | 291.24 | 289.50 | 1.74  | 0.74 | 0.1401 | 0.00009 | 0.0272 | 315.4 | 315.37 | 25.87 |
| Z-AJ | 1.5 | 2 | 100.00 | 289.50 | 291.36 | -1.86 | 0.74 | 0.1401 | 0.00014 | 0.0273 | 315.4 | 315.37 | 24.01 |
| Z-AK | 1.5 | 2 | 80.00  | 291.36 | 292.74 | -1.38 | 0.74 | 0.1401 | 0.00017 | 0.0275 | 315.4 | 315.37 | 22.63 |
| Z-AL | 1.5 | 2 | 40.00  | 292.74 | 290.90 | 1.84  | 0.74 | 0.1401 | 0.00035 | 0.0278 | 315.4 | 315.37 | 24.47 |
| Z-AM | 1.5 | 2 | 60.00  | 290.90 | 287.52 | 3.38  | 0.74 | 0.1401 | 0.00023 | 0.0281 | 315.4 | 315.37 | 27.85 |
| Z-AN | 1.5 | 2 | 60.00  | 287.52 | 286.00 | 1.52  | 0.74 | 0.1401 | 0.00023 | 0.0283 | 315.4 | 315.37 | 29.37 |
| Z-AÑ | 1.5 | 2 | 80.00  | 286.00 | 286.72 | -0.72 | 0.74 | 0.1401 | 0.00017 | 0.0285 | 315.4 | 315.37 | 28.65 |
| Z-AO | 1.5 | 2 | 100.00 | 286.72 | 287.27 | -0.55 | 0.74 | 0.1401 | 0.00014 | 0.0286 | 315.4 | 315.37 | 28.10 |
| Z-AP | 1.5 | 2 | 40.00  | 287.27 | 287.50 | -0.23 | 0.74 | 0.1401 | 0.00035 | 0.0290 | 315.4 | 315.37 | 27.87 |
| Z-AQ | 1.5 | 2 | 60.00  | 287.50 | 288.03 | -0.53 | 0.74 | 0.1401 | 0.00023 | 0.0292 | 315.4 | 315.37 | 27.34 |
| Z-AR | 1.5 | 2 | 120.00 | 288.03 | 286.90 | 1.13  | 0.74 | 0.1401 | 0.00012 | 0.0293 | 315.4 | 315.37 | 28.47 |
| Z-AS | 1.5 | 2 | 100.00 | 286.90 | 286.40 | 0.50  | 0.74 | 0.1401 | 0.00014 | 0.0295 | 315.4 | 315.37 | 28.97 |
| Z-AT | 1.5 | 2 | 60.00  | 286.40 | 285.80 | 0.60  | 0.74 | 0.1401 | 0.00023 | 0.0297 | 315.4 | 315.37 | 29.57 |
| Z-AU | 1.5 | 2 | 40.00  | 285.80 | 284.52 | 1.28  | 0.74 | 0.1401 | 0.00035 | 0.0300 | 315.4 | 315.37 | 30.85 |
| Z-AV | 1.5 | 2 | 20.00  | 284.52 | 284.22 | 0.30  | 0.74 | 0.1401 | 0.00070 | 0.0307 | 315.4 | 315.37 | 31.15 |
| Z-AW | 1.5 | 2 | 70.00  | 284.22 | 283.70 | 0.52  | 0.74 | 0.1401 | 0.00020 | 0.0309 | 315.4 | 315.37 | 31.67 |
| Z-AX | 1.5 | 2 | 70.00  | 283.70 | 280.30 | 3.40  | 0.74 | 0.1401 | 0.00020 | 0.0311 | 315.4 | 315.37 | 35.07 |

|      |     |   |        |        |        |        |      |        |         |        |       |        |       |
|------|-----|---|--------|--------|--------|--------|------|--------|---------|--------|-------|--------|-------|
| Z-AY | 1.5 | 2 | 160.00 | 280.30 | 279.50 | 0.80   | 0.74 | 0.1401 | 0.00009 | 0.0312 | 315.4 | 315.37 | 35.87 |
| Z-AZ | 1.5 | 2 | 100.00 | 279.50 | 278.66 | 0.84   | 0.74 | 0.1401 | 0.00014 | 0.0314 | 315.4 | 315.37 | 36.71 |
| Z-BA | 1.5 | 2 | 25.65  | 278.66 | 277.07 | 1.59   | 0.74 | 0.1401 | 0.00054 | 0.0319 | 315.4 | 315.37 | 38.30 |
| Z-BB | 1.5 | 2 | 34.35  | 277.07 | 276.80 | 0.27   | 0.74 | 0.1401 | 0.00041 | 0.0323 | 315.4 | 315.37 | 38.57 |
| Z-BC | 1.5 | 2 | 60.00  | 276.80 | 277.40 | -0.60  | 0.74 | 0.1401 | 0.00023 | 0.0325 | 315.4 | 315.37 | 37.97 |
| Z-BD | 1.5 | 2 | 40.00  | 277.40 | 280.00 | -2.60  | 0.74 | 0.1401 | 0.00035 | 0.0329 | 315.4 | 315.37 | 35.37 |
| Z-BE | 1.5 | 2 | 40.00  | 280.00 | 279.40 | 0.60   | 0.74 | 0.1401 | 0.00035 | 0.0332 | 315.4 | 315.37 | 35.97 |
| Z-BF | 1.5 | 2 | 80.00  | 279.40 | 278.70 | 0.70   | 0.74 | 0.1401 | 0.00017 | 0.0334 | 315.4 | 315.37 | 36.67 |
| Z-BG | 1.5 | 2 | 40.00  | 278.70 | 276.20 | 2.50   | 0.74 | 0.1401 | 0.00035 | 0.0338 | 315.4 | 315.37 | 39.17 |
| Z-BH | 1.5 | 2 | 180.00 | 276.20 | 274.40 | 1.80   | 0.74 | 0.1401 | 0.00008 | 0.0338 | 315.4 | 315.37 | 40.97 |
| Z-BI | 1.5 | 2 | 24.19  | 274.40 | 276.57 | -2.17  | 0.74 | 0.1401 | 0.00058 | 0.0344 | 315.4 | 315.37 | 38.80 |
| Z-BJ | 1.5 | 2 | 21.57  | 276.57 | 279.83 | -3.26  | 0.74 | 0.1401 | 0.00065 | 0.0351 | 315.4 | 315.36 | 35.53 |
| Z-BK | 1.5 | 2 | 62.50  | 279.83 | 298.50 | -18.67 | 0.74 | 0.1401 | 0.00022 | 0.0353 | 315.4 | 315.36 | 16.86 |
| Z-BL | 1.5 | 2 | 31.74  | 298.50 | 307.00 | -8.50  | 0.74 | 0.1401 | 0.00044 | 0.0357 | 315.4 | 315.36 | 8.36  |

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.3. Pases aéreos

Son empleados para atravesar diversos obstáculos como: ríos, quebradas, etc. Los pases aéreos están contruidos por dos torres de concreto reforzado y cimientos que sostienen el cable de acero tipo boa, este cable va anclado, con el objetivo primordial que el cable cuelgue.

4.5.2.1. Consideraciones básicas: Al diseñar los pases aéreos se evaluaron las zonas donde fueron ubicados, considerando que no fueran zonas pantanosas, húmedas.

4.5.3.2. Diseño de los pases aéreos:

Para el presente trabajo de investigación se utilizaron 2 pases aéreos en la línea de conducción, los cuales tendrán una longitud de 30m y de 100m, así mismos se emplearán péndolas a 1m de separación y se utilizará el cable tipo Boa 6x19 Ø ½" y de Ø 1" para el diseño de los cables principales de los pases aéreos respectivamente. Por otro lado, se empleó en la red de distribución un pase aéreo de longitud de 20m y se utilizará el cable tipo Boa 6x19 Ø ½" para el diseño de los cables principales del pase aéreo. La tubería que se utilizó en los pases aéreos es de diámetro de 2" de tubería de HDPE – PE 100, clase PN 10. Ver el (anexo N°6).

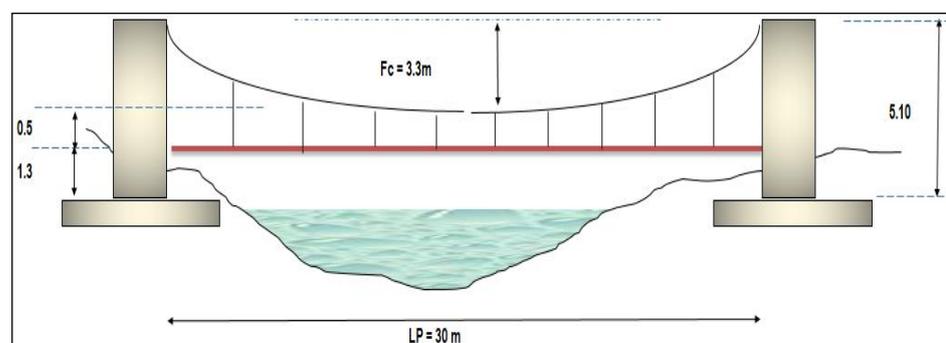


Figura 10. Detalle de pase aéreo de 30 metros

Fuente: Elaboración propia.

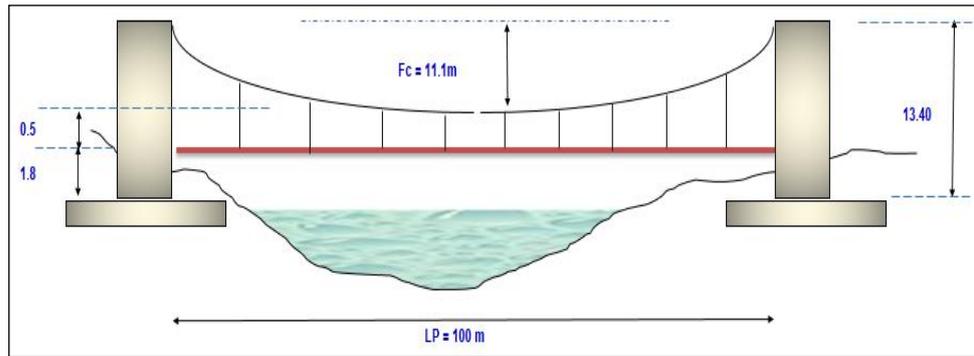


Figura 11. Detalle de pase aéreo de 100 metros

Fuente: Elaboración propia.

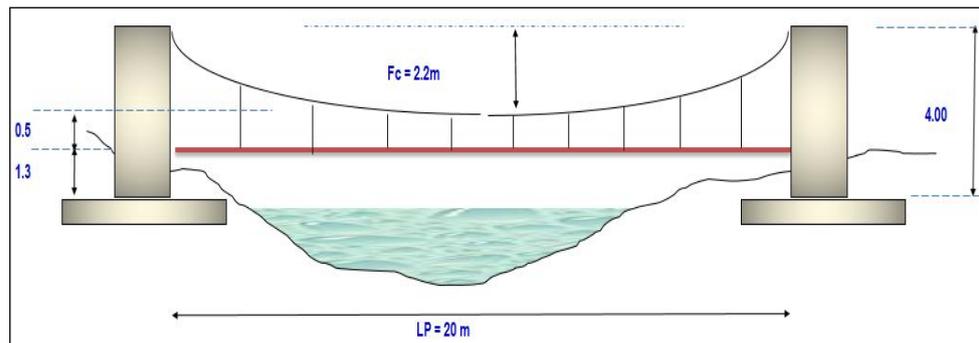


Figura 12. Detalle de pase aéreo de 20 metros

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.4. Reservorio de almacenamiento

Estructura que nos permiten recolectar el volumen del agua, en horas donde la demanda del agua es menor, de modo que será empleado en las horas de mayor demanda, satisfaciendo el déficit actual y manteniendo un funcionamiento eficaz del sistema de agua potable.

##### 4.5.4.1. Tipos de reservorio

De acuerdo a su ubicación y terreno. -

- Apoyado: Se encuentran apoyados en la superficie del suelo, se caracterizan por ser: enterrado o semienterrado, dependerá de la carga estática presente en las redes de distribución.
- Elevado: Se encuentran apoyados en una estructura como viga columna, permite aumentar la carga estática existente en las redes de distribución.

De acuerdo a su forma. –

- Rectangulares: se emplea según el criterio del proyectista, son más económicos, fáciles de construir.
- Circulares: se emplea según el criterio del proyectista, costo elevado frente a otras formas de reservorios, construcción compleja.

#### 4.5.4.2. Consideraciones básicas

- A. Caudal de diseño: Para diseñar el reservorio se utiliza el caudal promedio con pérdidas ( $Q_{pp}$ ), que se requerirá para cubrir las necesidades de la población futura según el periodo de diseño.
- B. Periodo de diseño: La Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (2018), sugiere diseñar el reservorio con un periodo de diseño igual a 20 años.
- C. Dimensionamiento del reservorio:
  - Volumen de regulación: Será calculado con el diagrama masa correspondiente a las variaciones horarias de la demanda. Cuando no se cuente con esta información, se deberá considerar como el volumen de regulación, el 25% del caudal promedio anual con pérdidas ( $Q_{pp}$ ).
  - Volumen contra incendios: Se deberá considerar este volumen para aquellas zonas que presenten más de 10 000 habitantes.
  - Volumen de reserva: Se recomienda considerar un volumen de reserva entre el rango de  $5m^3$  hasta  $10m^3$ .
- D. Caseta de Válvulas del Reservorio
  - Línea de entrada: Está delimitada por la línea de conducción, se considerará una velocidad mínima de 0.6 m/s, la gradiente hidráulica se encontrará dentro del rango de 0.5%-30%. Se considera una válvula de interrupción, válvula flotadora, tubería y accesorios de fierro galvanizado que

permitirá desinstalarlos fácilmente y presentan mayor vida útil.

- Línea de salida: Se encuentra determinada por la línea de aducción, se tendrá en cuenta la velocidad mínima de 0.6m/s y la gradiente se encontrará entre 0.5% y 30%, para la proyección del trazo se emplea una válvula de interrupción, canastilla de salida de material de PVC, conductos y accesorios de material de fierro galvanizado para su fácil desinstalación y mayor durabilidad.
- Línea de rebose: Según la norma IS.010 del reglamento nacional de edificaciones, el trazo deberá considerar una descarga libre y directa hacia una cajuela de concreto con brecha libre de 0.10m que permitirá su fácil inspección ante pérdida de agua y examinar la válvula flotadora, tubería y accesorios de material de fierro galvanizado para su fácil desinstalación y mayor vida útil.
- Línea de limpia: Se estimó un vaciado con un tiempo de 0.5horas, por las dimensiones del reservorio y le permitirá al operador una fácil desinfección, las tuberías y accesorios son de material de fierro galvanizado para su práctica desinstalación y mayor vida útil.
- Línea de by-pass: Se ha diseñado la línea con las dimensiones de la línea de entrada, se usará para casos de mantenimiento por desinfección del reservorio.
- Caja de válvulas: Se ha proyectado una caja de concreto con las válvulas de: entrada, salida, limpia y by-pass.

#### 4.5.4.3. Diseño hidráulico del reservorio

Para la presente investigación el reservorio se ubicará en la cota de terreno 308 m.s.n.m.

A) Volumen de almacenamiento del reservorio: El volumen total de almacenamiento está formado por el volumen de regulación, volumen contra incendio y el volumen de reserva.

- Calcular el volumen de regulación:

$$V_{\text{regulación}} = 0.25 \times Q_{\text{pp}} \times 86.4$$

$$V_{\text{regulación}} = 0.25 \times 1.413 \text{ l/s} \times 86.4 = 30.52 \text{ m}^3$$

- Calcular el volumen de almacenamiento del reservorio:

$$V_{\text{almacenamiento}} = V_{\text{regulación}} + V_{\text{contra incendio}} + V_{\text{reserva}}$$

$$V_{\text{almacenamiento}} = 30.52 \text{ m}^3 + 0 + 5 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{almacenamiento}} = 35.52 \text{ m}^3 = 40 \text{ m}^3$$

El volumen total de almacenamiento del reservorio es de  $35.52 \text{ m}^3$ , el cual se adaptará a un reservorio rectangular de  $40 \text{ m}^3$  que almacenará el agua para el C.P Pay Pay.

B) Dimensionamiento del Reservorio

Tabla 34. Dimensionamiento del Reservorio

| Descripción (longitudes)   | Datos de diseño | Criterios de diseño                      |
|--|-----------------|--|
| Ancho interno (b)  | 5m              | Asumido                                  |
| Largo interno (L)  | 5m              | Asumido                                  |
| Altura útil del agua   | 1.60m           | Asumido                                  |
| Distancia vertical eje salida y fondo de reservorio                | 0.15m           | Para evitar la salida de sedimentos      |
| Altura total del agua  |                 | 1.75m                                    |
| Relación base/altura (b/h)   | 2.86m           | (b)/(h) entre 0.5 y 3.00                 |
| Distancia vertical techo reservorio y eje tubo de ingreso de agua  | 0m              | IS.010 (2.4 Almacenamiento y Regulación) |
| Distancia vertical entre eje tubo de rebose y eje ingreso de agua  | 0.20m           | IS.010 (2.4 Almacenamiento y Regulación) |
| Distancia vertical entre eje tubo de rebose y nivel máximo de agua | 0.10m           | IS.010 (2.4 Almacenamiento y Regulación) |
| Altura total interna   |                 | 2.05m                                    |

Fuente: Elaboración propia.

Con el cálculo efectuado se obtiene un volumen de reservorio de 43.75m<sup>3</sup>/día, que cubrirá las necesidades de la población del C.P Pay Pay, durante el periodo de vida útil del proyecto.

### C) Instalaciones Hidráulicas en el Reservorio

Tabla 35. Instalaciones Hidráulicas en el Reservorio

| Descripción                       | Datos          |
|-----------------------------------|----------------|
| Diámetro de ingreso (De)          | 2 1/2 pulgadas |
| Diámetro de salida (Ds)           | 3 pulgadas     |
| Diámetro de rebose (Dr)           | 4 pulgadas     |
| Limpia: Tiempo de vaciado asumido | 1800 segundos  |
| Limpia: Cálculo de diámetro (DI)  | 4.1 pulgadas   |
| Diámetro de limpia (DL)           | 4 pulgadas     |
| Diámetro de ventilación (Dv)      | 4 pulgadas     |
| Cantidad de ventilación (Cv)      | 2 pulgadas     |

Fuente: Elaboración propia.

### D) Dimensionamiento de la Canastilla

Tabla 36. Dimensionamiento de la Canastilla

| Descripción   | Símbolos | Datos  | Unidad          |
|---|----------|--------|-----------------|
| Diámetro de salida  | Dsc      | 54.20  | mm              |
| Longitud de canastilla sea mayor a 3 veces diámetro salida y menor a 6 Dc | c        | 5      | veces           |
| Longitud de canastilla  | Lc       | 271.00 | mm              |
| Área de Ranuras   | Ar       | 38.48  | mm <sup>2</sup> |
| Diámetro canastilla = 2 veces diámetro de salida                          | Dc       | 108.40 | mm              |
| Longitud de circunferencia canastilla                                     | pc       | 340.55 | mm              |
| Número de ranuras en diámetro canastilla espaciados 15 mm                 | Nr       | 22     | ranuras         |
| Área total de ranuras = dos veces el área de la tubería de salida         | At       | 4,614  | mm <sup>2</sup> |
| Número total de ranuras   | R        | 119.00 | ranuras         |
| Número de filas transversal a canastilla                                  | F        | 5      | filas           |
| Espacios libres en los extremos   | o        | 20.00  | mm              |
| Espaciamiento de perforaciones longitudinal al tubo                       | s        | 50.00  | mm              |

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.4.4. Diseño estructural del reservorio

Tabla 37. Características del reservorio

| Descripción   | Valor    |
|---|----------|
| Volumen de Reservorio (m <sup>3</sup> )                       | 40       |
| Borde libre adoptado (m)                                      | 0.30     |
| Altura de agua adoptada HL (m)                                | 1.75     |
| Altura total del reservorio HW (m)                            | 2.05     |
| Relación ancho/altura ( $0.5 \leq X \leq 3$ )                 | 2.85     |
| Volumen Total del líquido (m <sup>3</sup> )                   | 43.75    |
| Espesor de muro $t_w$ (m)                                     | 0.25     |
| Espesor de losa de techo $H_r$ (m)                            | 0.20     |
| Alero de la losa de techo $e$ (m)                             | 0.10     |
| Sobrecarga en la tapa (kg/m <sup>2</sup> )                    | 100.00   |
| Espesor de la losa de fondo $H_s$ (m)                         | 0.20     |
| Espesor de la zapata (m)                                      | 0.45     |
| Alero de la Cimentación (VF)                                  | 0.20     |
| Tipo de Conexión Pared-Base                                   | Flexible |
| Peso Propio del suelo $\gamma_m$ (Tn/m <sup>3</sup> )         | 1.60     |
| Profundidad de cimentación $H_E$ (m)                          | 0.00     |
| Angulo de fricción interna $\phi$ (°)                         | 7.97     |
| Presión admisible de terreno $\sigma_t$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) | 0.89     |
| Resistencia del Concreto $f'_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )         | 280      |
| $E_c$ del concreto (Kg/cm <sup>2</sup> )                      | 252671   |
| $F_y$ del Acero (Kg/cm <sup>2</sup> )                         | 4200     |
| Peso específico del concreto (Kg/m <sup>3</sup> )             | 2400     |
| Peso específico del líquido (Kg/m <sup>3</sup> )              | 1000     |
| Aceleración de la Gravedad $g$ (m/s <sup>2</sup> )            | 9.81     |
| Peso del muro (Kg)  | 25830    |
| Peso de la losa de techo (Kg)                                 | 15595.20 |
| Recubrimiento Muro (m)  | 0.05     |
| Recubrimiento Losa de techo (m)                               | 0.03     |
| Recubrimiento Losa de fondo (m)                               | 0.05     |

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| Recubrimiento en Zapata de muro (m) | 0.10 |
|-------------------------------------|------|

Fuente: Elaboración propia

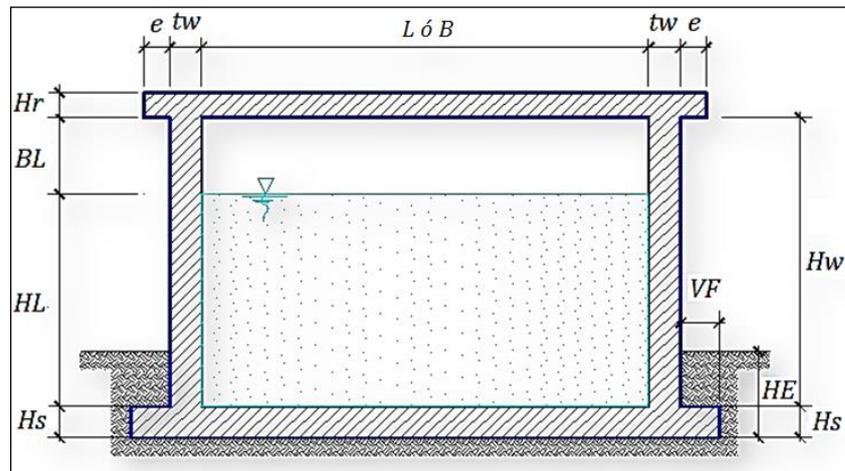


Figura 13. Diseño del reservorio rectangular

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.5.4.4.1. Parámetros sísmicos de la zona de estudio

$$Z = 0.35$$

$$U = 1.50$$

$$S = 1.20$$

#### ➤ Resumen:

- Acero de Refuerzo en Pantalla Vertical.  $\text{Ø}3/8'' @ 0.175\text{m}$
- Acero de Refuerzo en Pantalla Horizontal  $\text{Ø}3/8'' @ 0.175\text{m}$
- Acero en Losa de Techo (inferior)  $\text{Ø}3/8'' @ 0.200\text{m}$
- Acero en Losa de Techo (superior)  $\text{Ø}3/8'' @ 0.200\text{m}$
- Acero en Losa de Piso (superior)  $2 \text{Ø}3/8'' @ 0.200\text{m}$
- Acero en Losa de Piso (inferior)  $\text{Ø}3/8'' @ 0.200\text{m}$
- Acero en zapata (inferior)  $\text{Ø}5/8'' @ 0.200\text{m}$

El cálculo del diseño estructural del reservorio se encuentra en el (anexo N°6).

#### 4.5.5. Red de distribución

##### 4.5.5.1. Consideraciones Básicas

Para diseñar la red de distribución se utilizó la norma OS.050 Redes de Distribución para consumo humano del reglamento nacional de edificaciones.

Las redes de distribución son diseñadas empleando el caudal máximo horario (Qmh).

a) Diámetros: Para redes malladas se usará tuberías principales de diámetro de 1 pulgadas y en las redes ramificadas se usará conductos principales de  $\frac{3}{4}$  de pulgadas.

b) Velocidades: Se diseñará la red de distribución considerando una velocidad mínima de 0.6m/s y velocidad máxima de 3m/s.

c) Presiones: La presión estática será igual o inferior a los 50 mca para las tuberías de material de PVC – de clase SP-10 y la presión dinámica deberá ser como mínimo 10 mca en cualquier punto de la red de distribución.

d) Ubicación y recubrimiento: Es importante conocer el trazo de las tuberías nuevas en relación a otros servicios y/o proyectos.

- En calles que presentan un ancho igual o inferior a 20m se ubicarán las tuberías principales al lado de la calzada como mínimo a 1.20m del límite de propiedad.
- Se proyectará la línea a cada extremo de la calzada en aquellas calles y/o avenidas que presenten un ancho superior a los 20m.
- Se ubicará el ramal distribuidor de agua en la vereda o frente al lote a una distancia de 1.20m, desde la vivienda hacia el ramal distribuidor.
- La distancia entre los planos verticales tangentes más cercanos de la tubería principal de agua potable y una tubería principal de aguas residuales, será como mínimo de 2.00 m, medido horizontalmente.

#### 4.5.5.2. Tipos de Redes de Distribución

- Redes malladas: Redes conformadas por conductos conectados que forman un circuito, la tubería principal contará con una válvula de control que permitirá repararla o darle algún tipo de mantenimiento sin perjudicar a la población.
- Redes ramificadas: Conformadas por conductos que tienen la forma ramificada a partir de una línea principal; es muy empleada este tipo de red en aquellas zonas que presentan viviendas dispersas.

#### 4.5.5.3. Diseño de Red de Distribución



Figura 14.Red de distribución

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38.Cálculo hidráulico de la red de distribución

| Tramo     | Nº habitantes población futura por tramo | Gastos por tramo (l/s) |              | Longitud (m) | Diámetro (pulg.) | Velocidad (m/s) | Pérdida de carga |           | Cota piezométrica (m.s.n.m.) |        | Cota del terreno (m.s.n.m.) |        | Presión (m.c.a) |       |
|-----------|--|------------------------|--------------|--------------|------------------|-----------------|------------------|-----------|------------------------------|--------|-----------------------------|--------|-----------------|-------|
|           |  | TRAMO (L/s)            | DISEÑO (L/s) |              |                  |                 | Unitario (0/00)  | Tramo (m) | Inicial                      | Final  | Inicial                     | Final  | Inicial         | Final |
| RESER - A | 0  | 0.0000                 | 2.2610       | 353.23       | 2"               | 1.116           | 0.0287           | 0.010121  | 308.15                       | 308.15 | 308.15                      | 288.00 | 0.00            | 20.15 |
| A- A1     | 0  | 0.0000                 | 0.5164       | 118.10       | 1"               | 1.019           | 0.0544           | 0.006422  | 308.15                       | 308.14 | 288.00                      | 278.00 | 20.15           | 30.14 |
| A1 - A2   | 12                                       | 0.0419                 | 0.0419       | 25.53        | 3/4"             | 0.625           | 0.0000           | 0.000000  | 308.14                       | 308.14 | 278.00                      | 278.30 | 30.14           | 29.84 |
| A1 - B1   | 0  | 0.0000                 | 0.4745       | 5.10         | 1"               | 0.936           | 0.0465           | 0.000237  | 308.14                       | 308.14 | 278.00                      | 278.40 | 30.14           | 29.74 |
| B1-B2     | 4  | 0.0140                 | 0.0140       | 44.80        | 3/4 "            | 0.631           | 0.0003           | 0.000012  | 308.14                       | 308.14 | 278.40                      | 272.50 | 29.74           | 35.64 |
| B1-C1     | 0  | 0.0000                 | 0.4606       | 43.74        | 1"               | 0.909           | 0.0440           | 0.001925  | 308.14                       | 308.14 | 278.40                      | 276.00 | 29.74           | 32.14 |
| C1-C2     | 30                                       | 0.1047                 | 0.1047       | 160.87       | 3/4 "            | 0.612           | 0.0115           | 0.001851  | 308.14                       | 308.14 | 276.00                      | 274.00 | 32.14           | 34.14 |
| C1-D1     | 0  | 0.0000                 | 0.3559       | 31.24        | 1"               | 0.702           | 0.0273           | 0.000853  | 308.14                       | 308.14 | 276.00                      | 275.90 | 32.14           | 32.24 |
| D1-D2     | 36                                       | 0.1256                 | 0.1256       | 142.06       | 3/4 "            | 0.641           | 0.0161           | 0.002291  | 308.14                       | 308.14 | 275.90                      | 273.50 | 32.24           | 34.64 |
| D1 -E1    | 18                                       | 0.0628                 | 0.2303       | 102.35       | 3/4 "            | 0.808           | 0.0495           | 0.005065  | 308.14                       | 308.13 | 275.90                      | 273.20 | 32.24           | 34.93 |
| E1-E2     | 12                                       | 0.0419                 | 0.0419       | 63.65        | 3/4 "            | 0.602           | 0.0021           | 0.000134  | 308.13                       | 308.13 | 273.20                      | 273.25 | 34.93           | 34.88 |
| E1 - F1   | 36                                       | 0.1256                 | 0.1256       | 189.65       | 3/4 "            | 0.611           | 0.0161           | 0.003058  | 308.13                       | 308.13 | 273.20                      | 268.50 | 34.93           | 39.63 |
| A - B     | 0  | 0.0000                 | 1.7446       | 373.35       | 1 1/2 "          | 1.530           | 0.0719           | 0.026845  | 308.13                       | 308.10 | 288.00                      | 291.00 | 20.13           | 17.10 |
| B-C       | 16                                       | 0.0558                 | 1.7446       | 123.09       | 1 1/2 "          | 1.530           | 0.0719           | 0.008851  | 308.10                       | 308.09 | 291.00                      | 284.00 | 17.10           | 24.09 |
| C-C1´     | 12                                       | 0.0419                 | 0.0419       | 50.38        | 3/4 "            | 0.607           | 0.0021           | 0.000106  | 308.09                       | 308.09 | 284.00                      | 283.50 | 24.09           | 24.59 |
| C-D       | 0  | 0.0000                 | 1.6469       | 40.75        | 1 1/2 "          | 1.445           | 0.0646           | 0.002634  | 308.09                       | 308.09 | 284.00                      | 282.00 | 24.09           | 26.09 |
| D-D1´     | 10                                       | 0.0349                 | 0.0349       | 45.24        | 3/4 "            | 0.605           | 0.0015           | 0.000068  | 308.09                       | 308.09 | 282.00                      | 283.00 | 26.09           | 25.09 |
| D-D2´     | 16                                       | 0.0558                 | 0.0558       | 66.81        | 3/4 "            | 0.600           | 0.0036           | 0.000240  | 308.09                       | 308.09 | 282.00                      | 286.00 | 26.09           | 22.09 |
| D-E       | 0  | 0.0000                 | 1.5562       | 40.23        | 1 1/2 "          | 1.365           | 0.0582           | 0.002341  | 308.09                       | 308.09 | 282.00                      | 280.50 | 26.09           | 27.59 |
| E-E1´     | 12                                       | 0.0419                 | 0.0419       | 52.36        | 3/4 "            | 0.610           | 0.0021           | 0.000111  | 308.09                       | 308.09 | 280.50                      | 281.20 | 27.59           | 26.89 |
| E-E2´     | 26                                       | 0.0907                 | 0.0907       | 96.11        | 3/4 "            | 0.605           | 0.0088           | 0.000849  | 308.09                       | 308.09 | 280.50                      | 281.00 | 27.59           | 27.09 |
| E-F       | 0  | 0.0000                 | 1.4236       | 40.82        | 1 1/2 "          | 1.249           | 0.0494           | 0.002015  | 308.09                       | 308.08 | 280.50                      | 279.05 | 27.59           | 29.03 |

|          |    |        |        |        |         |       |        |          |        |        |        |        |       |       |
|----------|----|--------|--------|--------|---------|-------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| F-F1´    | 16 | 0.0558 | 0.0558 | 66.60  | 3/4 "   | 0.603 | 0.0036 | 0.000240 | 308.08 | 308.08 | 279.05 | 279.00 | 29.03 | 29.08 |
| F-F2´    | 32 | 0.1117 | 0.1117 | 125.76 | 3/4 "   | 0.609 | 0.0130 | 0.001631 | 308.08 | 308.08 | 279.05 | 277.00 | 29.03 | 31.08 |
| F-G      | 0  | 0.0000 | 1.2561 | 36.05  | 1 1/2 " | 1.102 | 0.0392 | 0.001412 | 308.08 | 308.08 | 279.05 | 277.45 | 29.03 | 30.63 |
| G-G1´    | 26 | 0.0907 | 0.1326 | 113.67 | 3/4 "   | 0.615 | 0.0178 | 0.002026 | 308.08 | 308.08 | 277.45 | 276.25 | 30.63 | 31.83 |
| G1´-G1´1 | 6  | 0.0209 | 0.0209 | 62.76  | 3/4 "   | 0.603 | 0.0006 | 0.000037 | 308.08 | 308.08 | 276.25 | 275.90 | 31.83 | 32.18 |
| G1´-G1´2 | 6  | 0.0209 | 0.0209 | 28.46  | 3/4 "   | 0.603 | 0.0006 | 0.000017 | 308.08 | 308.08 | 276.25 | 273.60 | 31.83 | 34.48 |
| G-G2´    | 18 | 0.0628 | 0.0628 | 86.47  | 3/4 "   | 0.606 | 0.0045 | 0.000387 | 308.08 | 308.08 | 277.45 | 279.00 | 30.63 | 29.08 |
| G-H      | 0  | 0.0000 | 1.0607 | 38.15  | 1 1/2 " | 0.930 | 0.0286 | 0.001093 | 308.08 | 308.08 | 277.45 | 275.20 | 30.63 | 32.88 |
| H-H1´    | 63 | 0.2198 | 0.2198 | 291.37 | 3/4 "   | 0.771 | 0.0454 | 0.013229 | 308.08 | 308.06 | 275.20 | 269.10 | 32.88 | 38.96 |
| H-H2´    | 30 | 0.1047 | 0.1047 | 137.80 | 3/4 "   | 0.604 | 0.0115 | 0.001586 | 308.06 | 308.06 | 275.20 | 273.00 | 32.86 | 35.06 |
| H-I      | 0  | 0.0000 | 0.7362 | 15.90  | 1"      | 1.453 | 0.1048 | 0.001666 | 308.06 | 308.06 | 275.20 | 275.00 | 32.86 | 33.06 |
| I-I1´    | 56 | 0.1954 | 0.1954 | 349.40 | 3/4 "   | 0.686 | 0.0365 | 0.012758 | 308.06 | 308.05 | 275.00 | 264.80 | 33.06 | 43.25 |
| I-J      | 2  | 0.0070 | 0.5408 | 11.86  | 1"      | 1.067 | 0.0592 | 0.000702 | 308.05 | 308.05 | 275.00 | 274.45 | 33.05 | 33.60 |
| J-J1´    | 10 | 0.0349 | 0.0349 | 88.18  | 3/4 "   | 0.607 | 0.0015 | 0.000133 | 308.05 | 308.05 | 274.45 | 273.95 | 33.60 | 34.10 |
| J-K      | 0  | 0.0000 | 0.4990 | 63.47  | 1"      | 0.985 | 0.0510 | 0.003239 | 308.05 | 308.04 | 274.45 | 265.80 | 33.60 | 42.24 |
| K-K1´    | 30 | 0.1047 | 0.1047 | 118.31 | 3/4 "   | 0.604 | 0.0115 | 0.001361 | 308.04 | 308.04 | 265.80 | 262.50 | 42.24 | 45.54 |
| K-K2´    | 14 | 0.0488 | 0.0488 | 70.02  | 3/4 "   | 0.600 | 0.0028 | 0.000197 | 308.04 | 308.04 | 265.80 | 266.60 | 42.24 | 41.44 |
| K-L      | 0  | 0.0000 | 0.3454 | 11.22  | 3/4 "   | 1.212 | 0.1048 | 0.001176 | 308.04 | 308.04 | 265.80 | 265.40 | 42.24 | 42.64 |
| L-L1´    | 10 | 0.0349 | 0.0349 | 56.81  | 3/4 "   | 0.601 | 0.0015 | 0.000086 | 308.04 | 308.04 | 265.80 | 266.20 | 42.24 | 41.84 |
| L-M      | 20 | 0.0698 | 0.3105 | 69.94  | 3/4 "   | 1.090 | 0.0860 | 0.006017 | 308.04 | 308.04 | 265.80 | 263.60 | 42.24 | 44.44 |
| M-M1´    | 20 | 0.0698 | 0.0698 | 108.62 | 3/4 "   | 0.600 | 0.0054 | 0.000590 | 308.04 | 308.03 | 263.60 | 261.10 | 44.44 | 46.93 |
| M-N      | 8  | 0.0279 | 0.1710 | 46.95  | 3/4 "   | 0.600 | 0.0285 | 0.001339 | 308.03 | 308.03 | 263.60 | 262.90 | 44.43 | 45.13 |
| N-N1´    | 4  | 0.0140 | 0.0140 | 24.33  | 3/4 "   | 0.600 | 0.0003 | 0.000007 | 308.03 | 308.03 | 262.90 | 262.15 | 45.13 | 45.88 |
| N-N2´    | 37 | 0.1291 | 0.1291 | 106.19 | 3/4 "   | 0.600 | 0.0170 | 0.001801 | 308.03 | 308.03 | 262.90 | 264.90 | 45.13 | 43.13 |

Fuente: Elaboración propia.

Nuestra red distribución cuenta con una longitud de 4337.75 m, de tubería de PVC de clase SP-10 y presenta las características:

Caudal de diseño (l/s):

- $Q_{mh} = 2.2610 \text{ l/s}$

Diámetros de las tuberías (pulgadas):

- $\varnothing = 2" = 353.23 \text{ ml}$
- $\varnothing = 1 \frac{1}{2}" = 692.44 \text{ ml}$
- $\varnothing = 1" = 289.41 \text{ ml}$
- $\varnothing = \frac{3}{4}" = 3002.67 \text{ ml}$
- Caudal de agua potable = 2.261 l/s

Velocidades (m/s):

- Velocidad mínima = 0.60 m/s
- Velocidad máxima = 1.53 m/s

Presiones (m.c.a):

- Presión mínima inicial = 27.59 m.c.a
- Presión mínima final = 17.10 m.c.a
- Presión máxima inicial = 45.13 m.c.a
- Presión máxima final = 46.93 m.c.a

## 4.6. Sistema de saneamiento

### 4.6.1. Consideraciones Básicas

Para diseñar la red de aguas residuales se utilizó la norma OS.070 Redes de Aguas Residuales del Reglamento nacional de edificaciones.

a) Caudal de contribución al alcantarillado: Será determinado utilizando un coeficiente de retorno (C) del 80% del caudal de agua potable consumida.

b) Caudal de diseño: En cada tramo de la red; se deberán considerar los caudales iniciales y finales igual a 1.5l/s.

c) Pendiente: Deberán cumplir con la auto limpieza empleando el criterio de tensión tractiva. El valor de la pendiente mínima será de 0.0045.

d) Tensión tractiva: Deberá tener un valor de 1 Pa como mínimo, se calculará utilizando el coeficiente de Manning que será de 0.013.

e) Velocidad: La velocidad final tendrá un valor de 5m/s se presentará cuando el tramo calculado presente una pendiente pronunciada.

f) Diámetros: Los diámetros los ramales colectores no serán inferiores a 4 pulgadas, los diámetros de las tuberías principales no presentarán un diámetro inferior a 160mm.

g) Ubicación de tuberías: La distancia mínima entre la tubería principal de agua y la tubería principal de aguas residuales será de 2m, la distancia mínima entre los ramales distribuidores y ramales colectores, ramales distribuidores y tubería principal de agua será de 0.20m.

h) Cámaras de inspección: Están conformadas por buzonetos, buzones y cajas de inspección. Se emplearán buzonetos cuando la profundidad sea inferior a 1m sobre la clave del tubo, será usada sólo para tuberías de 8 pulgadas de diámetro. Se utilizarán buzones cuando la profundidad sea superior a 1m sobre la clave del tubo, el diámetro de los buzones será de 1.20m y se empleará para tuberías de hasta 32

pulgadas de diámetro, el diámetro de los buzones será de 1.50m y se empleará para tuberías de hasta 48 pulgadas de diámetro.

i) Conexión predial: Se ubicarán a 1.20m del límite de la propiedad. Se deberá utilizar un diámetro mínimo de 4 pulgadas.

#### 4.6.2. Diseño de red de alcantarillado

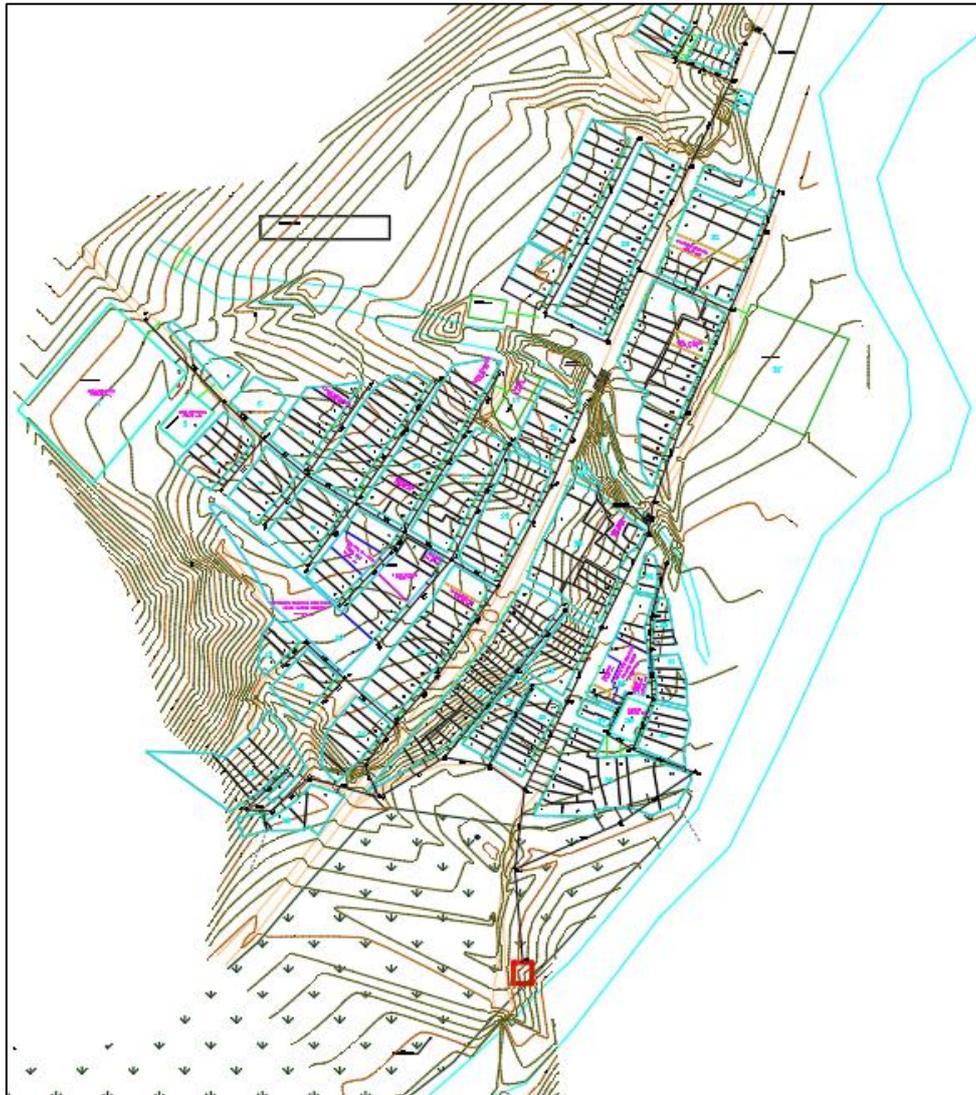


Figura 15.Red de alcantarillado

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 39.Cálculo hidráulico de la red de alcantarillado

| Tramo         | Nº de Buzón Aguas Arriba | Nº de Buzón Aguas Abajo | Población | Cota de Tapa Aguas Arriba (m) | Cota de Tapa Aguas Abajo (m) | Cota de Batea Aguas Arriba (m) | Cota de Batea Aguas Abajo (m) | Profundidad (m) |      | L (m) | Caudal (l/s) |        | D (mm) | S (m/km) | V ( m/s ) | t Pa |
|---------------|--------------------------|-------------------------|-----------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------|------|-------|--------------|--------|--------|----------|-----------|------|
|               |                          |                         |           |                               |                              |                                |                               | Del             | Al   |       | Acumulado    | Diseño |        |          |           |      |
| BZ01 -BZ02    | BZ01                     | BZ02                    | 10        | 290.00                        | 286.00                       | 288.80                         | 285.00                        | 1.20            | 1.00 | 77.65 | 0.028        | 1.50   | 200    | 48.94    | 0.87      | 5.50 |
| BZ02 -BZ03    | BZ02                     | BZ03                    | 2         | 286.00                        | 284.00                       | 284.50                         | 282.20                        | 1.50            | 1.80 | 35.70 | 0.034        | 1.50   | 200    | 64.43    | 0.99      | 7.20 |
| BZ03.1-BZ03   | BZ03.1                   | BZ03                    | 12        | 283.00                        | 284.00                       | 282.20                         | 281.50                        | 0.80            | 2.50 | 45.00 | 0.033        | 1.50   | 200    | 15.56    | 0.62      | 2.50 |
| BZ03-BZ04     | BZ03                     | BZ04                    | 0         | 284.00                        | 282.00                       | 281.50                         | 280.80                        | 2.50            | 1.20 | 37.35 | 0.067        | 1.50   | 200    | 18.74    | 0.64      | 2.80 |
| BZ4.01-BZ04   | BZ04.1                   | BZ04                    | 10        | 282.80                        | 282.00                       | 282.00                         | 280.80                        | 0.80            | 1.20 | 44.50 | 0.028        | 1.50   | 200    | 26.97    | 0.73      | 3.70 |
| BZ4.02-BZ04   | BZ04.2                   | BZ04.1                  | 18        | 284.20                        | 282.80                       | 283.40                         | 282.00                        | 0.80            | 0.80 | 74.00 | 0.050        | 1.50   | 200    | 18.92    | 0.65      | 2.80 |
| BZ04-BZ05     | BZ04                     | BZ05                    | 0         | 282.00                        | 280.50                       | 280.80                         | 279.30                        | 1.20            | 1.20 | 36.70 | 0.145        | 1.50   | 200    | 40.87    | 0.85      | 5.10 |
| BZ05.1-BZ05   | BZ05.1                   | BZ05                    | 12        | 281.20                        | 280.50                       | 280.40                         | 279.00                        | 0.80            | 1.50 | 52.60 | 0.033        | 1.50   | 200    | 26.62    | 0.73      | 3.70 |
| BZ05.2-BZ05   | BZ05.2                   | BZ05                    | 14        | 283.50                        | 280.50                       | 281.00                         | 279.00                        | 2.50            | 1.50 | 58.40 | 0.067        | 1.50   | 200    | 34.25    | 0.78      | 4.30 |
| BZ05.3-BZ5.2  | BZ05.3                   | BZ05.2                  | 10        | 282.00                        | 283.50                       | 281.40                         | 281.00                        | 0.60            | 2.50 | 42.50 | 0.028        | 1.50   | 200    | 9.41     | 0.50      | 1.60 |
| BZ05-BZ06     | BZ05                     | BZ06                    | 2         | 280.50                        | 279.00                       | 279.00                         | 277.60                        | 1.50            | 1.40 | 37.70 | 0.251        | 1.50   | 200    | 37.14    | 0.81      | 4.70 |
| BZ06.1-BZ06   | BZ06.1                   | BZ06                    | 4         | 279.00                        | 279.00                       | 278.10                         | 277.60                        | 0.90            | 1.40 | 15.50 | 0.044        | 1.50   | 200    | 32.26    | 0.75      | 4.00 |
| BZ06.2-BZ06.1 | BZ06.2                   | BZ06.1                  | 12        | 279.00                        | 279.00                       | 278.40                         | 278.10                        | 0.60            | 0.90 | 51.20 | 0.033        | 1.50   | 200    | 5.86     | 0.43      | 1.10 |
| BZ06.3-BZ06   | BZ06.3                   | BZ06                    | 18        | 281.50                        | 279.00                       | 279.00                         | 277.60                        | 2.50            | 1.40 | 77.60 | 0.083        | 1.50   | 200    | 18.04    | 0.63      | 2.70 |
| BZ06.4-BZ06.3 | BZ06.4                   | BZ06.3                  | 12        | 280.00                        | 281.50                       | 279.40                         | 279.00                        | 0.60            | 2.50 | 49.20 | 0.033        | 1.50   | 200    | 8.13     | 0.49      | 1.50 |
| BZ06-BZ07     | BZ06                     | BZ07                    | 0         | 279.00                        | 277.50                       | 277.60                         | 276.00                        | 1.40            | 1.50 | 36.50 | 0.378        | 1.50   | 200    | 43.84    | 0.88      | 5.50 |
| BZ07.1-BZ07   | BZ07.1                   | BZ07                    | 20        | 277.00                        | 277.50                       | 276.20                         | 275.50                        | 0.80            | 2.00 | 78.15 | 0.056        | 1.50   | 200    | 8.96     | 0.49      | 1.50 |
| BZ07.2-BZ07   | BZ07.2                   | BZ07                    | 12        | 278.00                        | 277.50                       | 276.50                         | 275.50                        | 1.50            | 2.00 | 54.00 | 0.061        | 1.50   | 200    | 18.52    | 0.64      | 2.70 |
| BZ07.3-BZ07.2 | BZ07.3                   | BZ07.2                  | 10        | 278.20                        | 278.00                       | 277.00                         | 276.50                        | 1.20            | 1.50 | 36.40 | 0.028        | 1.50   | 200    | 13.74    | 0.58      | 2.20 |
| BZ07-BZ08     | BZ07                     | BZ08                    | 0         | 277.50                        | 275.00                       | 275.50                         | 273.75                        | 2.00            | 1.25 | 35.10 | 0.495        | 1.50   | 200    | 49.86    | 0.87      | 5.60 |

|                 |          |         |    |        |        |        |        |      |      |       |       |      |     |       |      |      |
|-----------------|----------|---------|----|--------|--------|--------|--------|------|------|-------|-------|------|-----|-------|------|------|
| BZ08.1-BZ08     | BZ08.1   | BZ08    | 16 | 275.20 | 275.00 | 274.20 | 273.75 | 1.00 | 1.25 | 78.80 | 0.084 | 1.50 | 200 | 5.71  | 0.42 | 1.10 |
| BZ08.2-BZ08.1   | BZ08.2   | BZ08.1  | 14 | 275.50 | 275.20 | 274.80 | 274.20 | 0.70 | 1.00 | 60.60 | 0.039 | 1.50 | 200 | 9.90  | 0.51 | 1.70 |
| BZ08-BZ09       | BZ08     | BZ09    | 20 | 275.00 | 274.50 | 273.75 | 273.00 | 1.25 | 1.50 | 74.26 | 0.635 | 1.50 | 200 | 10.10 | 0.52 | 1.70 |
| BZ09-BZ10       | BZ09     | BZ10    | 8  | 274.50 | 273.00 | 273.00 | 271.80 | 1.50 | 1.20 | 43.50 | 0.657 | 1.50 | 200 | 27.59 | 0.74 | 3.80 |
| BZ10.1-BZ10     | BZ10.1   | BZ10    | 0  | 276.00 | 273.00 | 274.50 | 272.50 | 1.50 | 0.50 | 45.60 | 0.056 | 1.50 | 200 | 43.86 | 0.88 | 5.50 |
| BZ10.2-BZ10.1   | BZ10.2   | BZ10.1  | 8  | 277.50 | 276.00 | 276.00 | 274.90 | 1.50 | 1.10 | 33.50 | 0.039 | 1.50 | 200 | 32.84 | 0.76 | 4.10 |
| BZ10.1.1-BZ10.1 | BZ10.1.1 | BZ10.1  | 6  | 275.20 | 276.00 | 274.70 | 274.50 | 0.50 | 1.50 | 22.50 | 0.017 | 1.50 | 200 | 8.89  | 0.49 | 1.50 |
| BZ10.3-BZ10.2   | BZ10.3   | BZ10.2  | 6  | 276.70 | 277.50 | 276.20 | 276.00 | 0.50 | 1.50 | 22.50 | 0.017 | 1.50 | 200 | 8.89  | 0.49 | 1.50 |
| BZ10-BZ11       | BZ10     | BZ11    | 10 | 273.00 | 271.00 | 271.80 | 270.10 | 1.20 | 0.90 | 36.50 | 0.741 | 1.50 | 200 | 46.58 | 0.90 | 5.80 |
| BZ11-BZ12       | BZ11     | BZ12    | 0  | 271.00 | 265.60 | 266.50 | 265.10 | 4.50 | 0.50 | 24.40 | 0.741 | 1.50 | 200 | 57.38 | 0.94 | 6.50 |
| BZ12.1-BZ12     | BZ12.1   | BZ12    | 6  | 265.50 | 265.60 | 264.70 | 264.10 | 0.80 | 1.50 | 50.00 | 0.072 | 1.50 | 200 | 12.00 | 0.54 | 1.90 |
| BZ12.2-BZ12.1   | BZ12.2   | BZ12.1  | 8  | 266.30 | 265.50 | 265.70 | 264.70 | 0.60 | 0.80 | 34.20 | 0.055 | 1.50 | 200 | 29.24 | 0.76 | 4.00 |
| BZ12.3-BZ12.2   | BZ12.3   | BZ12.2  | 4  | 268.00 | 266.30 | 266.80 | 265.90 | 1.20 | 0.40 | 18.25 | 0.033 | 1.50 | 200 | 49.32 | 0.87 | 5.60 |
| BZ12.3.1-BZ12.3 | BZ12.3.1 | BZ12.3  | 8  | 268.50 | 268.00 | 267.50 | 266.80 | 1.00 | 1.20 | 38.20 | 0.022 | 1.50 | 200 | 18.32 | 0.64 | 2.70 |
| BZ12-BZ13       | BZ12     | BZ13    | 6  | 265.60 | 263.80 | 264.10 | 262.60 | 1.50 | 1.20 | 53.40 | 0.830 | 1.50 | 200 | 28.09 | 0.75 | 3.90 |
| BZ13.1-BZ13     | BZ13.1   | BZ13    | 24 | 268.60 | 263.80 | 267.20 | 263.30 | 1.40 | 0.50 | 79.00 | 0.100 | 1.50 | 200 | 49.37 | 0.87 | 5.60 |
| BZ13.2-BZ13.1   | BZ13.2   | BZ13.1  | 12 | 271.20 | 268.60 | 270.00 | 267.70 | 1.20 | 0.90 | 54.20 | 0.033 | 1.50 | 200 | 42.44 | 0.86 | 5.30 |
| BZ13-BZ14       | BZ13     | BZ14    | 0  | 263.80 | 262.80 | 262.60 | 261.60 | 1.20 | 1.20 | 31.60 | 0.930 | 1.50 | 200 | 31.65 | 0.79 | 4.30 |
| BZ14.1-BZ14     | BZ14.1   | BZ14    | 14 | 264.80 | 262.80 | 263.80 | 261.60 | 1.00 | 1.20 | 60.50 | 0.039 | 1.50 | 200 | 36.36 | 0.80 | 4.50 |
| BZ14-BZ15       | BZ14     | BZ15    | 0  | 262.80 | 262.50 | 261.60 | 261.00 | 1.20 | 1.50 | 30.18 | 0.969 | 1.50 | 200 | 19.88 | 0.66 | 2.90 |
| BZ01.3A-BZ01.2A | BZ01.3A  | BZ01.2A | 8  | 278.50 | 278.00 | 277.50 | 276.90 | 1.00 | 1.10 | 26.20 | 0.022 | 1.50 | 200 | 22.90 | 0.67 | 3.10 |
| BZ01.2A-BZ01.1A | BZ01.2A  | BZ01.1A | 0  | 278.00 | 276.00 | 276.40 | 275.50 | 1.60 | 0.50 | 19.60 | 0.022 | 1.50 | 200 | 45.92 | 0.90 | 5.70 |
| BZ01.1A-BZ01A   | BZ01.1A  | BZ01A   | 0  | 276.00 | 273.00 | 273.80 | 272.60 | 2.20 | 0.40 | 22.00 | 0.022 | 1.50 | 200 | 54.55 | 0.91 | 6.10 |

|                     |          |         |    |        |        |        |        |      |      |       |       |      |     |       |      |      |
|---------------------|----------|---------|----|--------|--------|--------|--------|------|------|-------|-------|------|-----|-------|------|------|
| BZ01.4A-<br>BZ01A   | BZ01.4A  | BZ01A   | 4  | 273.00 | 273.00 | 272.20 | 271.80 | 0.80 | 1.20 | 24.80 | 0.012 | 1.50 | 200 | 16.13 | 0.60 | 2.40 |
| BZ01A-<br>BZ02A     | BZ01A    | BZ02A   | 4  | 273.00 | 273.00 | 271.80 | 271.40 | 1.20 | 1.60 | 67.90 | 0.045 | 1.50 | 200 | 5.89  | 0.43 | 1.10 |
| BZ02A-<br>BZ03A     | BZ02A    | BZ03A   | 18 | 273.00 | 273.00 | 271.40 | 270.80 | 1.60 | 2.20 | 79.90 | 0.095 | 1.50 | 200 | 7.51  | 0.47 | 1.40 |
| BZ03.4A-<br>BZ03.3A | BZ03.4A  | BZ03.3A | 18 | 274.50 | 274.30 | 273.30 | 272.80 | 1.20 | 1.50 | 80.00 | 0.050 | 1.50 | 200 | 6.25  | 0.44 | 1.20 |
| BZ03.3A-<br>BZ03.2A | BZ03.3A  | BZ03.2A | 10 | 274.30 | 273.80 | 272.80 | 272.40 | 1.50 | 1.40 | 60.00 | 0.078 | 1.50 | 200 | 6.67  | 0.46 | 1.30 |
| BZ03.2A-<br>BZ03.1A | BZ03.2A  | BZ03.1A | 0  | 273.80 | 273.00 | 272.40 | 271.80 | 1.40 | 1.20 | 47.80 | 0.078 | 1.50 | 200 | 12.55 | 0.55 | 2.00 |
| BZ03.1A-<br>BZ03A   | BZ03.1A  | BZ03A   | 18 | 273.00 | 273.00 | 271.80 | 270.80 | 1.20 | 2.20 | 56.00 | 0.128 | 1.50 | 200 | 17.86 | 0.63 | 2.70 |
| BZ03A-<br>BZ04A     | BZ03A    | BZ04A   | 16 | 273.00 | 269.50 | 270.80 | 268.80 | 2.20 | 0.70 | 70.20 | 0.268 | 1.50 | 200 | 28.49 | 0.75 | 3.90 |
| BZ04.2A-<br>BZ04.1A | BZ04.2A  | BZ04.1A | 6  | 270.00 | 269.80 | 268.80 | 268.60 | 1.20 | 1.20 | 30.00 | 0.017 | 1.50 | 200 | 6.67  | 0.46 | 1.30 |
| BZ04.1A-<br>BZ04A   | BZ04.1A  | BZ04A   | 14 | 269.80 | 269.50 | 268.60 | 268.10 | 1.20 | 1.40 | 60.00 | 0.057 | 1.50 | 200 | 8.33  | 0.49 | 1.50 |
| BZ04A-<br>BZ05A     | BZ04A    | BZ05A   | 20 | 269.50 | 269.80 | 268.10 | 267.60 | 1.40 | 2.20 | 80.00 | 0.381 | 1.50 | 200 | 6.25  | 0.44 | 1.20 |
| BZ05A-<br>BZ06A     | BZ05A    | BZ06A   | 12 | 269.80 | 266.60 | 267.60 | 265.90 | 2.20 | 0.70 | 66.80 | 0.414 | 1.50 | 200 | 25.45 | 0.71 | 3.50 |
| BZ06A-<br>BZ07A     | BZ06A    | BZ07A   | 0  | 266.60 | 267.20 | 265.40 | 265.20 | 1.20 | 2.00 | 22.00 | 0.414 | 1.50 | 200 | 9.09  | 0.49 | 1.50 |
| BZ07A-<br>BZ08A     | BZ07A    | BZ08A   | 26 | 267.20 | 265.50 | 265.20 | 264.30 | 2.00 | 1.20 | 74.00 | 0.487 | 1.50 | 200 | 12.16 | 0.54 | 1.90 |
| BZ08A-<br>BZ09A     | BZ08A    | BZ09A   | 12 | 265.50 | 264.00 | 264.30 | 262.80 | 1.20 | 1.20 | 57.20 | 0.520 | 1.50 | 200 | 26.22 | 0.72 | 3.60 |
| BZ09A-BZ15          | BZ09A    | BZ15    | 36 | 264.00 | 262.50 | 262.80 | 261.00 | 1.20 | 1.50 | 68.60 | 0.620 | 1.50 | 200 | 26.24 | 0.72 | 3.60 |
| BZ15-BZ16           | BZ15     | BZ16    | 2  | 262.50 | 260.20 | 261.00 | 258.70 | 1.50 | 1.50 | 56.70 | 1.595 | 1.60 | 200 | 40.56 | 0.84 | 5.00 |
| BZ16.1-BZ16         | BZ16.1   | BZ16    | 2  | 260.50 | 260.20 | 259.30 | 258.70 | 1.20 | 1.50 | 73.60 | 0.214 | 1.50 | 200 | 8.15  | 0.49 | 1.50 |
| BZ16.2-<br>BZ16.1   | BZ16.2   | BZ16.1  | 6  | 261.50 | 260.50 | 260.30 | 259.30 | 1.20 | 1.20 | 62.00 | 0.208 | 1.50 | 200 | 16.13 | 0.60 | 2.40 |
| BZ16.3-<br>BZ16.2   | BZ16.3   | BZ16.2  | 4  | 262.60 | 261.50 | 261.40 | 260.30 | 1.20 | 1.20 | 45.90 | 0.191 | 1.50 | 200 | 23.97 | 0.69 | 3.30 |
| BZ16.3.1-<br>BZ16.3 | BZ16.3.1 | BZ16.3  | 0  | 263.40 | 262.60 | 262.20 | 261.40 | 1.20 | 1.20 | 21.10 | 0.045 | 1.50 | 200 | 37.91 | 0.82 | 4.80 |

|                       |          |          |     |        |        |        |        |      |      |       |       |      |     |       |      |      |
|-----------------------|----------|----------|-----|--------|--------|--------|--------|------|------|-------|-------|------|-----|-------|------|------|
| BZ16.3.2-<br>BZ16.3.1 | BZ16.3.2 | BZ16.3.1 | 16  | 263.80 | 263.40 | 263.20 | 262.20 | 0.60 | 1.20 | 31.50 | 0.045 | 1.50 | 200 | 31.75 | 0.79 | 4.30 |
| BZ16.4-<br>BZ16.3     | BZ16.4   | BZ16.3   | 10  | 263.00 | 262.60 | 261.80 | 261.40 | 1.20 | 1.20 | 37.50 | 0.135 | 1.50 | 200 | 10.67 | 0.53 | 1.80 |
| BZ16.5-<br>BZ16.4     | BZ16.5   | BZ16.4   | 18  | 264.20 | 263.00 | 263.00 | 261.80 | 1.20 | 1.20 | 35.00 | 0.107 | 1.50 | 200 | 34.29 | 0.78 | 4.30 |
| BZ16.6-<br>BZ16.5     | BZ16.6   | BZ16.5   | 12  | 264.80 | 264.20 | 263.60 | 263.00 | 1.20 | 1.20 | 23.50 | 0.057 | 1.50 | 200 | 25.53 | 0.71 | 3.50 |
| BZ16.7-<br>BZ16.6     | BZ16.7   | BZ16.6   | 8   | 265.00 | 264.80 | 263.80 | 263.60 | 1.20 | 1.20 | 35.10 | 0.023 | 1.50 | 200 | 5.70  | 0.42 | 1.10 |
| BZ16-PTAR             | BZ16     | PTAR     | 0   | 260.20 | 259.00 | 258.70 | 258.30 | 1.50 | 0.70 | 66.30 | 1.809 | 1.81 | 200 | 6.03  | 0.47 | 1.30 |
|                       |          |          | 648 |        |        |        |        |      |      |       |       |      |     |       |      |      |

Fuente: Elaboración propia.

La red de alcantarillado cuenta con una longitud de 3368.64 m con tubería de material de PVC –UF y presenta las siguientes características:

Profundidad de buzones y buzonetas (m):

- Número de buzones = 50
- Profundidad mínima del buzón = 1.20m
- Profundidad máxima del buzón = 4.50m
- Número de buzonetas = 20
- Profundidad mínima del buzoneta = 0.50m
- Profundidad máxima del buzoneta = 1m

Caudal de diseño:

- $Q_d = 1.809 \text{ l/s}$
- $Q_d = 156.30 \text{ m}^3/\text{día}$

Diámetros (pulgadas):

- Ramales Colectores =  $\varnothing 8''$
- Tuberías principales =  $\varnothing 8''$
- Conexión predial =  $\varnothing 4''$
- Longitud de tubería principal = 1300.14m
- Longitud de tubería secundaria = 2068.50m

Pendientes (m/km):

- Pendiente mínima = 5.70 m/km
- Pendiente máxima = 64.43 m/km

Velocidades (m/s):

- Velocidad mínima = 0.42 m/s
- Velocidad máxima = 0.99 m/s

Tensión tractiva (Pa):

- Tensión tractiva mínima = 1.10 Pa
- Tensión tractiva máxima = 7.20 Pa

#### 4.6.3. PTAR BOSS

Una PTAR-BOSS es una instalación que tiene como objetivo primordial tratar aguas residuales empleando un conjunto de transformaciones físicas, químicas y biológicas, estas transformaciones son rápidas al emplearse el quelato de cobre BOSS, a través del cual se eliminan contaminantes que se encuentran en el agua residual, luego de ese proceso se produce agua tratada o reusable para el ambiente. El producto BOSS disuelve el residuo sólido o también denominado fango, es decir la PTAR-BOSS trabaja de manera eficaz en armonía con la naturaleza, ser humano y economía. La PTAR-BOSS no genera emisiones a la atmósfera, ni residuos de lodos, representa el 30% del costo de una PTAR convencional, para su operación requerirá una persona que puede ser el encargado de seguridad, no usa electricidad al no emplear bombas, elimina el 98% del mal olor, el agua residual se tratará con un producto BOSS para posteriormente ser usada en la agricultura porque no presentará olores, coliformes, cero huevos.

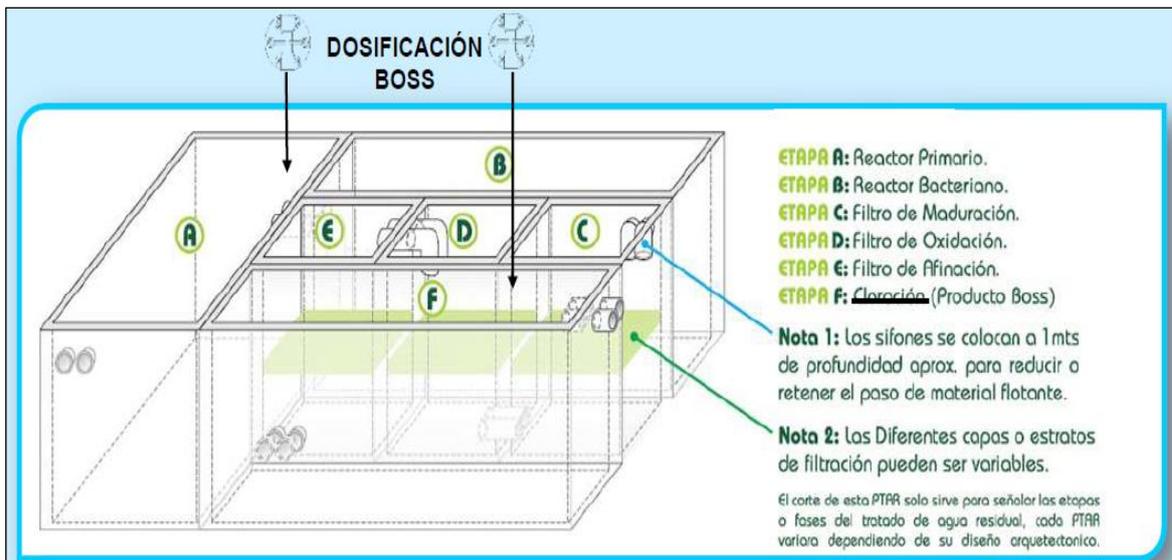


Figura 16.Fases de la PTAR BOSS

Fuente: BOSS Technology –PTAR portátil BOSS

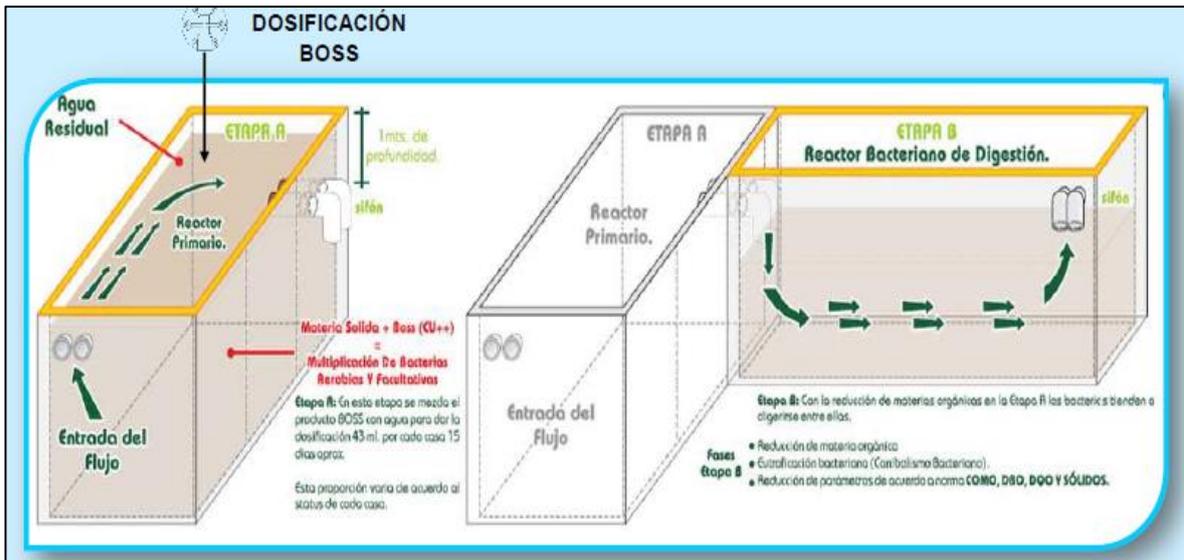


Figura 17. Etapas A y B, del tratamiento de aguas residuales

Fuente: BOSS Technology –PTAR portátil BOSS

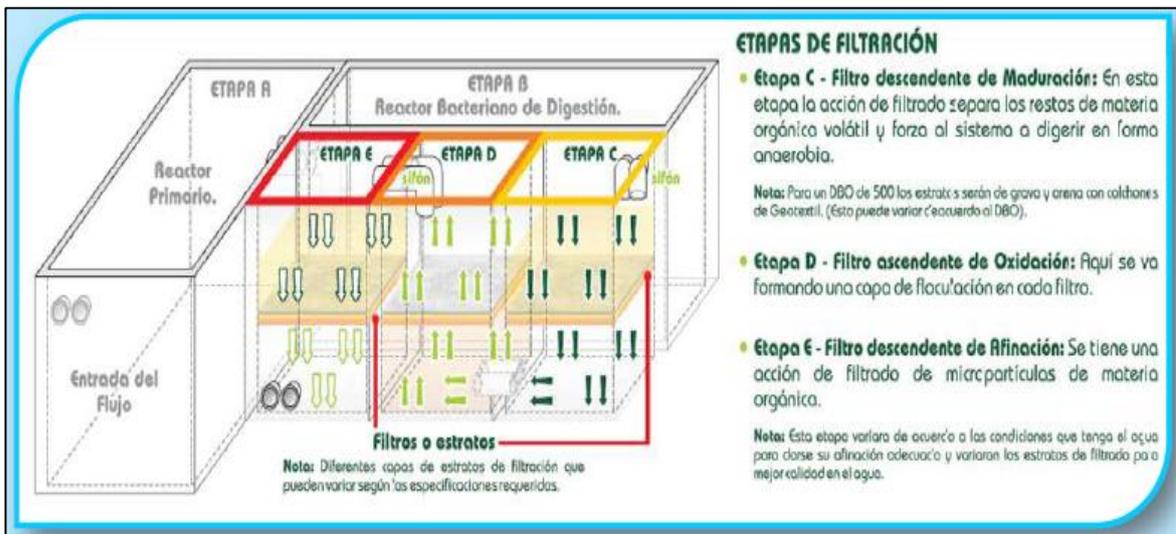


Figura 18. Etapas C, D, y E, del tratamiento de aguas residuales

Fuente: BOSS Technology –PTAR portátil BOSS

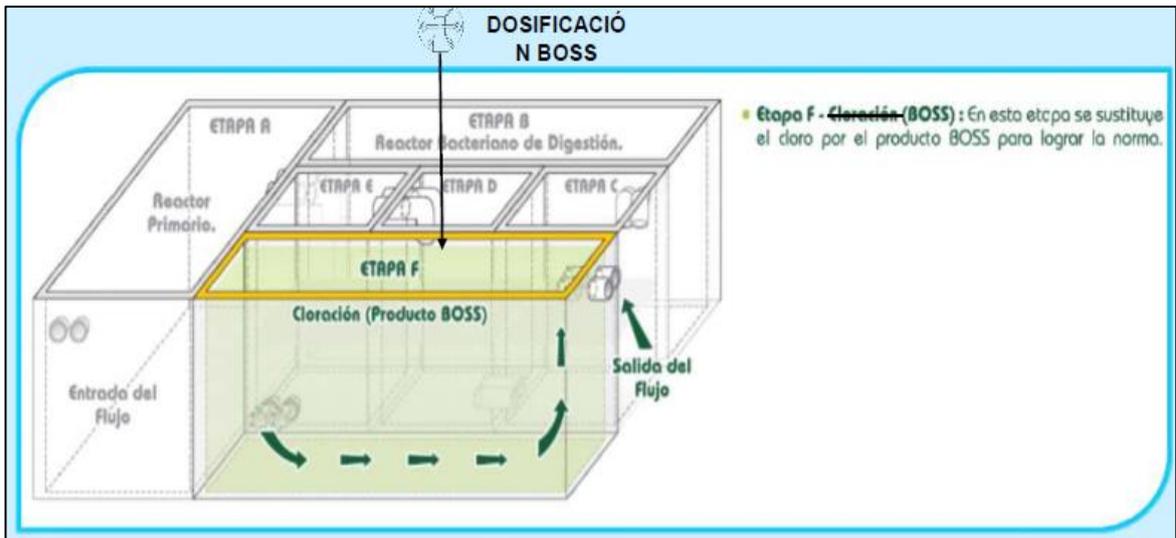


Figura 19. Etapa F, del tratamiento de aguas residuales

Fuente: BOSS Technology –PTAR portátil BOSS

Para tratar las aguas residuales generadas por los habitantes del C.P Pay Pay se empleará una PTAR – BOOS de tipo cerrada de 160m<sup>3</sup>/día y se empleará el producto AGRI BOSS, la dosis a utilizar será de 1 litro por cada 240m<sup>3</sup>, el costo por cada litro es de aproximadamente S/.70.80, la presentación del producto es en una galonera de 10 litros. Para tratar el volumen de aguas residuales generadas por los habitantes que conforman el presente proyecto el producto AGRI BOSS de presentación 10 litros nos rendirá para 15 días aproximadamente.

## V. DISCUSIÓN

La zona de estudio presenta tramos con pendientes inferiores al 10% constituyendo una orografía plana y tramos con pendientes que varían entre el 11%-50% que corresponde a una orografía ondulada (Tabla 6). Estos resultados son similares a los de Marín (2017) quien logró determinar en su proyecto de investigación pendientes que varían del 11%-50% conformando una orografía ondulada y un tramo con pendiente superior al 100% siendo una orografía escarpada. Esto se atribuye al hecho que la costa peruana presenta un relieve plano-ondulado, afloramientos rocosos, dunas y valles (Lillo,1999). Al presentar la zona de estudio una orografía plana-ondulada la construcción del sistema de agua potable y alcantarillado no demandará un excesivo movimiento de tierras por lo cual el proyecto será más rentable.

Las calidades del agua de la fuente de captación respecto a los parámetros físicos describen un ph de 8.07 y sólidos totales de 133.6mg/L, además los parámetros químicos presentan una dureza total de 131.42mg/L y cloruros de 4.51mg/L, también los parámetros microbiológicos muestran coliformes totales de 19 NMP/100ml y Escherichia Coli de 0 (Tabla 7). Estos resultados son similares a los de Dionicio (2018) quien determinó en su proyecto de investigación la calidad de agua de la fuente de captación encontrado un ph de 6.74 y sólidos totales de 219.0mg/L, además los parámetros químicos presentaron una dureza total de 120.1mg/L y cloruros de 54.57mg/L, también los parámetros microbiológicos mostraron coliformes Escherichia Coli de 0. Al encontrarse el agua apta para consumo humano no será necesario desinfectar el recurso hídrico que se le brindará a la población de la zona de estudio porque los parámetros cumplen con los criterios establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental para agua (Decreto Supremo N°004-2017-MINAM). Al verificar que el agua proveniente de la fuente de captación cumple con los ECA para agua, no será necesario la construcción de una PTAP ni un sistema de desinfección simple (cloración).

El estudio de mecánica de suelos realizado en la zona de estudio nos permitió conocer que en el área del proyecto predominan los suelos blandos (Tabla 15) los

cuales presentaron como capacidad portante del suelo donde se ubicará el reservorio un valor de  $0.89\text{Kg/cm}^2$ . Estos resultados son distintos a los de Margarín (2017) quien encontró en su proyecto de investigación como suelos predominantes los suelos roca dura o muy rígidos los cuales presentaron como capacidad portante del suelo donde se ubicó el reservorio un valor de  $2.31\text{Kg/cm}^2$ . La diferencia entre las capacidades portantes de los tipos de suelos de ambos estudios, se producen de modo a que los suelos blandos presentan una capacidad portante inferior a  $1\text{Kg/cm}^2$ , por otro lado, los tipos de suelos roca dura o suelos muy rígidos tienen una capacidad portante superior a  $1\text{kg/cm}^2$  (RNE E.050 Suelos y cimentaciones). Al presentarse tipos de suelos muy diferentes en las áreas de estudio se encontrarán diversas variaciones de estratos, peso unitario y capacidad portante del suelo.

El diseño de la red de agua potable para el presente estudio funciona mediante un sistema de gravedad, integrado por una línea de conducción, reservorio de  $40\text{m}^3$  y red de distribución. Estos resultados son diferentes a los de Becerra y Plasencia (2019) quienes diseñaron su red de agua potable empleando un sistema por bombeo, conformado por una línea de conducción, línea de impulsión, reservorio de  $200\text{m}^3$  y red de distribución. Esto se produce de manera que al emplearse un sistema de conducción de agua potable por gravedad no será necesario emplear la línea de impulsión como lo es el caso del sistema de conducción de agua potable por bombeo (OS.010 Captación y conducción de agua para consumo humano). Se reducirán los costos de construcción, operación y mantenimiento al emplearse un sistema de conducción de agua potable por gravedad.

El diseño de la red de alcantarillado estuvo integrado por 20 buzonetos, 50 buzones y una PTAR – BOSS tipo cerrada de  $160\text{m}^3/\text{día}$ . Estos resultados son similares a los de Adrianzén y Nureña (2018) quienes diseñaron su sistema de saneamiento de tipo mixto conformado por UBS y red de alcantarillado, para tratar las aguas residuales provenientes de la red antes descrita emplearon una PTAR – BOSS tipo cerrada de  $173\text{ m}^3/\text{día}$ . Esto se produce de modo a que las aguas residuales necesitan de un tratamiento para su disposición final (OS.090 Planta de tratamiento de aguas residuales). Al proyectar una PTAR- BOSS en el proyecto se reducirán

los costos de construcción, operación y mantenimiento frente a una PTAR convencional, beneficiando a la población de la zona de estudio.

## VI. CONCLUSIONES

- Se efectuó el levantamiento topográfico del área de estudio, determinándose en ciertos tramos: una orografía plana y ondulada; pendientes entre  $\leq 10\%$  y  $\leq 50\%$ , con elevaciones en diversos puntos estratégicos: captación localizada a una altura de 316 m.s.n.m. El área donde se construirá el reservorio se localiza a una altura de 308 m.s.n.m.
- Se verificaron las cualidades del recurso hídrico proveniente de la fuente de captación, se comprobó que los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de la fuente de captación, cumplen con los rangos establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua. Lo cual nos refiere que la muestra de la fuente de captación es apta para el consumo humano, por ende, no se requerirá realizar una planta de tratamiento ni un sistema de desinfección simple (cloración).
- Se realizó el análisis mecánico de suelos en la zona de estudio, en el laboratorio JVC Consultoría Geotécnica S.A.C, empleando el método SUCS; se clasificó cada muestra de suelo: C-1 GP-grava pobremente graduada, C-2 CL- Arcilla de baja plasticidad, C-3 y C-4 CL-ML– Arcilla limosa de baja plasticidad con arena. Por otro lado, según el método AASHTO: C-1 se clasificó A-1-a (0) calidad de sub base bueno, C-2 se clasificó A-4(9) calidad de sub base regular, C-3 y C-4 se clasificó A-4(9) calidad de sub base regular. El peso unitario del suelo es de  $1.60 \text{ Tn/m}^3$ , capacidad portante del suelo donde se ubicará el reservorio presenta una capacidad admisible de  $0.89 \text{ Kg/cm}^2$  y la capacidad de carga límite es de  $2.68 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Se diseñó la red de agua potable utilizando un caudal de 1.5 l/s en la proyección de la línea de conducción y una longitud de 4320m, el reservorio apoyado tiene un volumen de almacenamiento de  $40 \text{ m}^3$ , así mismo la red de distribución presenta una longitud de 4337.75m, las presiones mínimas y máximas son de 17.10 m.c.a. y 46.93 m.c.a. respectivamente y las velocidades mínimas y máximas son de 0.60m/s y 1.53m/s respectivamente.
- En el diseño de la red de alcantarillado se utilizó un caudal de 1.809l/s, se incorporaron 20 buzonetas, 50 buzones y una PTAR – BOSS tipo cerrada, y el producto a utilizar es AGRI BOSS.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Capacitar a la población de la zona de estudio para crear una cultura sanitaria adecuada que permitirá garantizar el uso adecuado y/o mantenimiento del sistema de agua potable y alcantarillado.
- Educar al personal encargado de la operación y mantenimiento de estructuras complementarias del sistema de agua potable y alcantarillado.

## REFERENCIAS

- Municipalidad distrital de Yonán. [en línea], [fecha de consulta]: 27 de setiembre del 2019. Disponible en : <https://www.deperu.com/gobierno/municipalidad/municipalidad-distrital-de-yanan-contumaza-4062>
- COLEGIO JUAN VELASCO ALVARADO. Educación secundaria, [en línea], [fecha de consulta]:27 de setiembre del 2019. Disponible en: <https://www.deperu.com/educacion/educacion-secundaria/colegio-juan-velasco-alvarado-0743039-tolon-102158>
- SISTEMA DE LAS NACIONES UNIDAS EN EL PERÚ. Agua y recursos hídricos, [en línea],[fecha de consulta]:28 de setiembre del 2019.Disponible en: <http://onu.org.pe/temas/agua-y-recursos-hidricos-pagina/>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA E INFORMÁTICA. Censo 2017: Departamento de Cajamarca, [en línea], [fecha de consulta]:28 de setiembre del 2019.Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/noticias/nota-de-prensa-no-194-2018-inei.pdf>
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN. Estadística de Calidad Educativa en el año 2020, [en línea], [fecha de consulta]:28 de setiembre del 2019.Disponible en: <http://estadistica1.isos.minedu.gob.pe/index.php?action=attachment&id=64>
- AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. Recursos Hídricos en el Perú. Enero 2012. [en línea],[fecha de consulta]:28 de setiembre del 2019.Disponible en: <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/ANA/1888>
- DIARIO EL COMERCIO. Los 10 países con más agua en el mundo. Marzo 2019, [en línea], [fecha de consulta]:28 de setiembre del 2019. Disponible en: <https://elcomercio.pe/tecnologia/ciencias/dia-agua-10-paises-agua-mundo-mexico-argentina-colombia-noticia-619357-noticia/>
- MINISTERIO DE VIVIENDA CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO. Sistema de diagnóstico sobre abastecimiento de agua potable y saneamiento en el ámbito rural. [en línea], [fecha de consulta]:28 de setiembre del 2019. Disponible en: <https://datass.vivienda.gob.pe/>

- REGIÓN CAJAMARCA. Temática sobre cobertura de agua potable, [en línea],[fecha de consulta]:28 de setiembre del 2019.Disponible en: <https://siar.regioncajamarca.gob.pe/tematica/cobertura-agua-potable>.
- CHUQUIMANGO Calua, Hugo. Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Quinuamayo distrito de José Manuel Quiroz provincia de San Marcos – Cajamarca. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2013.III pp.
- SANDOVAL Chávez, Luis. Ampliación y mejoramiento del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Tallambo, distrito de Oxamarca - Celendín – Cajamarca. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2013.III pp.
- CACHI Ramírez, Carlos. Mejoramiento y aplicación del sistema de agua potable y alcantarillado sanitario del centro poblado de Tartar Grande, distrito de baños del inca, Cajamarca, Cajamarca. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2013.309-311 pp.
- PAJARES Díaz, Melchor. Mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y saneamiento en el caserío Yanamarca- sector Ingapila, distrito de LLacanora - Cajamarca – Cajamarca. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2014.198-205 pp.
- CERCADO Cerdán, Wilson. Mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y saneamiento básico de la localidad de Jucat, distrito de José Manuel Quiroz Shirac, provincia de San Marcos. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2014.127-178 pp.
- PIZARRO Quiroz, Yorvi. Diseño de saneamiento básico en el caserío Marcobamba del distrito de LLacanora, provincia Cajamarca, departamento de Cajamarca. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2017. 57-105 pp.

- MARÍN Ramos, Almilcar. Diseño del mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y saneamiento básico rural de los caseríos Septen y Pampas del Bao, Distrito de Marmot, Gran Chimú, La Libertad. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad César Vallejo, Escuela Académica de Ingeniería Civil, 2017.158-176 pp.
- MARGARÍN Ortega, Kenyi. Diseño del servicio de agua potable y saneamiento básico rural en el anexo de Antaquero, Aistrito de Huacrachuco, Provincia de Maraón, Departamento de Huánuco. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad César Vallejo, Escuela Académica de Ingeniería Civil, 2017.13-90 pp.
- ADRIANZÉN Gómez, Mellissa y NUREÑA Díaz Luis. Diseño del mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable y saneamiento Nuevo San Martín, distrito de Huarmaca, Huamcabamba, Piura,2018. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad César Vallejo, Escuela Académica de Ingeniería Civil, 2018.50-73 pp.
- DIONICIO Torres, Víctor. Ampliación y mejoramiento del servicio de agua potable y UBS en el anexo de Maraybamba, distrito de Pataz, provincia de Pataz, departamento de La Libertad. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad César Vallejo, Escuela Académica de Ingeniería Civil, 2018.43-139 pp.
- HOLGUÍN Córdova, Renato. Mejoramiento y Ampliación de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado del AA. HH Primavera III, Distrito de La Esperanza – Trujillo – La Libertad. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad César Vallejo, Escuela Académica de Ingeniería Civil, 2018.42-87 pp.
- BECERRA Trujillo, Wilmer y PLASENCIA Pérez, Omar. Proyecto de Diseño de las Diferentes Estructuras del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable del Caserío Pampas de San Juan del Pueblo de Conache del Distrito de Laredo – Provincia de Trujillo – La Libertad. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil) Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2019.48-86 pp.
- CÓRDOBA, Cristian. Diseño de la red de alcantarillado del barrio Centro Poblado Pasoancho situado en el municipio de Zipaquirá. Tesis (Profesional

Ingeniero Civil) Bogotá: Universidad Católica de Colombia, Programa de Ingeniería Civil, 2013.23-36 pp.

- MENA Céspedes, María. Diseño de la red de distribución de agua potable de la parroquia El Rosario del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia de Tungurahua. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil) Ambato – Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Carrera de Ingeniería Civil, 2016.30-103 pp.
- GARCÍA Lara, Jorge. Diseño de una solución para la conducción de aguas residuales y aguas lluvias, con el fin de mitigar el riesgo en la erosión del terreno y saneamiento básico, para los habitantes del barrio Cazuca, en el municipio de Soacha, Cundinamarca con el apoyo de la fundación Fuerza Verde. Tesis (Profesional de Ingeniero Civil) Bogotá – Colombia: Universidad Católica de Colombia, Programa de Ingeniería Civil, 2016.26-46 pp.
- NOVELI Federico, Luis. Colectores y planta depuradora de líquidos cloacales – ciudad de Córdoba. Cátedra de Práctica Profesional Supervisada (Profesional de Ingeniero Civil) Córdoba – Argentina: Universidad Nacional de Córdoba, Programa de Ingeniería Civil, 2018.16-44 pp.
- RODRÍGUEZ, Juan, GARCIA, Juan y GARCIA, César. Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia. Revista de salud pública [en línea]. Setiembre- octubre 2016, vol.18. n.º5. [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2019]. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/313318737\\_Enfermedades\\_transmitidas\\_por\\_el\\_agua\\_y\\_saneamiento\\_basico\\_en\\_Colombia](https://www.researchgate.net/publication/313318737_Enfermedades_transmitidas_por_el_agua_y_saneamiento_basico_en_Colombia)  
ISBN: 0124-0064
- OSEJOS, Antonio, MERINO, José, PONCE, Oswaldo, CAÑARTE, Luz. Análisis del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Jipijapa (Manabí – Ecuador). Revista Sathiri [en línea]. Julio- diciembre 2018, vol.13. n.º2. [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2019]. Disponible en [https://issuu.com/jairoricardochavez/docs/sathiri\\_vol\\_13\\_n\\_\\_1\\_digital\\_1\\_](https://issuu.com/jairoricardochavez/docs/sathiri_vol_13_n__1_digital_1_)  
ISBN: 2631-2905
- MINISTERIO DE CONSTRUCCIÓN, VIVIENDA Y SANEAMIENTO. Reglamento Nacional de edificaciones.OS.010 Captación y conducción de agua para consumo humano. Lima-Perú [en línea]. Junio 2006. [Fecha de consulta:17 de noviembre de 2019]. Disponible en :

[https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas\\_Legales/saneamiento/OS.010.pdf](https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/OS.010.pdf)

- MINISTERIO DE CONSTRUCCIÓN, VIVIENDA Y SANEAMIENTO. Reglamento Nacional de edificaciones.OS.030 Almacenamiento de agua para consumo humano. Lima-Perú [en línea]. Junio 2006. [Fecha de consulta:17 de noviembre de 2019]. Disponible en : [https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas\\_Legales/saneamiento/OS.030.pdf](https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/OS.030.pdf)
- MINISTERIO DE CONSTRUCCIÓN, VIVIENDA Y SANEAMIENTO. Reglamento Nacional de edificaciones. OS 0.50 Redes de distribución de agua para consumo humano. Lima-Perú [en línea]. Junio 2006. [Fecha de consulta:17 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=189>
- MINISTERIO DE CONSTRUCCIÓN, VIVIENDA Y SANEAMIENTO. Reglamento Nacional de edificaciones. OS 0.70 Redes de aguas residuales. Lima-Perú [en línea]. Junio 2006. [Fecha de consulta:17 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=188>
- MORLANES, SANTAMARÍA, ORNA, ANDRÉS. Maquinaria de movimiento de tierras – Procedimientos y técnicas operativas [en línea]. Marzo 2013, vol.1. [ Fecha de consulta 27 de noviembre de 2019]. Disponible en: [http://libreria.fundacionlaboral.org/ExtPublicaciones/Mov\\_tierras\\_procedimientos.pdf](http://libreria.fundacionlaboral.org/ExtPublicaciones/Mov_tierras_procedimientos.pdf)  
ISBN: 978-84-15205-78-4
- QUATTRINI, PAMPALONI, BRANDI. Natural mineral waters: chemical characteristics and health effects. Clin cases miner bone metabolism journal [en línea]. Setiembre- diciembre 2016, vol.13.nº3. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5318167/>  
PMID: 28228777
- BARTRAM, BALANCE. United Nations Environment Programme and the World Health Organization. Water Quality Monitoring – A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes [en línea] 1996.2<sup>da</sup>.ed. [ Fecha de consulta 20 de noviembre de 2019]

Disponible en:

[https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/resourcesquality/wqmchap2.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/resourcesquality/wqmchap2.pdf)

ISSN: 0419223207

- RAFFO, Eduardo. Tratado del agua y la legislación peruana. Industrial Data revista de investigación UNMSM [en línea]. Julio- diciembre 2013, vol.16. n.º2. [Fecha de consulta:17 de noviembre de 2019]. Disponible en <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/idata/article/view/11928/10673>

ISBN electrónico: 1810-999

ISBN impreso: 1560-9146

- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Quality guides of drinking water [en línea].2006, vol.1.nº3. [Fecha de consulta:17 de noviembre de 2019]. Disponible en :

[https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)

ISSN: 92 4 154696 4

- OMAROVA, HJORTH, TUSSUPOVA, KALISHEV. Water Supply Challenges in Rural Areas: A Case Study from Central Kazakhstan. International journal of environmental research and public health [en línea]. Febrero 2019, vol.16.nº3. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2019]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/331359272\\_Water\\_Supply\\_Challenges\\_in\\_Rural\\_Areas\\_A\\_Case\\_Study\\_from\\_Central\\_Kazakhstan](https://www.researchgate.net/publication/331359272_Water_Supply_Challenges_in_Rural_Areas_A_Case_Study_from_Central_Kazakhstan)

ISSN: 1660-4601

- DECRETO SUPREMO N°004-2017-MINAM. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. Lima-Perú [en línea]. Junio 2017[Fecha de consulta :15 de mayo del 2020]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

- NADEEM AKHTAR. Role of soil mechanics in Civil Engineering. International journal of emerging trends in engineering and development [en línea]. Julio-setiembre 2012, vol.6. nº2. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019].

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/261366087\\_Role\\_of\\_Soil\\_Mechanics\\_In\\_Civil\\_Engineering](https://www.researchgate.net/publication/261366087_Role_of_Soil_Mechanics_In_Civil_Engineering)

ISSN: 2249-6149

- SANTANA, BRASILEIRO, AZEREIDO, FERREIRA, NEVES, FERREIRA. A comparative study of particle size distribution using analysis of variance for sedimentation and laser diffraction methods. Associação cerâmica brasileira [en línea]. Julio- setiembre 2019, vol.65.n°375. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019]. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0366-69132019000300452&lng=en&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-69132019000300452&lng=en&nrm=iso&tlng=en)

ISSN impreso: 0366-6913

ISSN electrónico: 1678-4553

- HOSSNE, SALAZAR. Límites de consistencia y sus implicaciones agrícolas en un suelo ultisol de sabana del estado Monagas, Venezuela I. Revista agronomía costarricense [en línea]. Enero – junio 2004, vol.28.n°1. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019]. Disponible en : <https://www.redalyc.org/pdf/436/43628107.pdf>

ISBN: 0377-9424

- ELSEVIER. Bearing capacity of Skirt circular footing on sand. Alexandria Engineering Journal [en línea]. Enero-marzo 2013, vol.52.n°3. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016813000227?via%3>

Dihub

ISSN: 1110-0168

- ALIVE2GREEN. The Sustainable Water Resource Handbook. The essential guide to resource efficiency in South Africa [en línea]. Enero- junio 2018, vol.8.n°3. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019]. Disponible en: [https://issuu.com/alive2green/docs/water\\_8](https://issuu.com/alive2green/docs/water_8)

ISSN: 978-0-620-45067-6

- INTERNAMERICAN NETWORK OF ACADEMICS OF SCIENCE. INAS, IAP. Calidad del Agua en la Américas, Riesgos y Oportunidades [en línea]. Febrero 2019, vol.1. [Fecha de consulta 27 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.ianas.org/images/books/wb9d.pdf>

ISBN: 978-607-8379-33-0

- MEF, PRONASAR, MIMDES, FONCODES. Parámetros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para centros poblados rurales [en línea]. Setiembre 2004. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019]. Disponible en [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/instrumentos\\_metod/saneamiento/\\_3\\_Parametros\\_de\\_dise\\_de\\_infraestructura\\_de\\_agua\\_y\\_saneamiento\\_CC\\_PP\\_rurales.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/saneamiento/_3_Parametros_de_dise_de_infraestructura_de_agua_y_saneamiento_CC_PP_rurales.pdf)
- DÍAZ, CARLOS, GARCÍA, DAURY, SOLÍS, CARLOS. Abastecimiento de agua potable para pequeñas comunidades rurales por medio de un sistema de colección de lluvia-planta potabilizadora. Ciencia Ergo Sum [en línea]. Julio 2000, vol. 7. n.º2. [Fecha de consulta 27 de noviembre de 2019]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10401806>  
ISSN impreso: 1405-0269
- FAO. CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Revista de investigaciones agrícolas [en línea]. Enero- junio 2013, tomo. XI. n.º4. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019]. Disponible en <http://www.fao.org/3/i3247s/i3247s.pdf>  
ISBN electrónico: 978-92-5-307581-2  
ISBN impreso: 978-92-5-307580-5
- PRADHAN, SATAPATHY, SINHA, SWAIN. Assessment of household after treatment and storage practices. International Journal of Community Medicine and Public Health [en línea]. Febrero 2018, vol.5.nº3. [Fecha de consulta 20 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/323385715>  
ISSN impreso: 2394-6032  
ISSN electrónico: 2394-6040
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Preventing diarrhoea through better water, sanitation and hygiene: exposures and impacts in low- and middle-income countries [en línea]. Enero- marzo 2014, vol.19.nº8. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019]. Disponible en: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/150112/9789241564823\\_eng.pdf](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/150112/9789241564823_eng.pdf)  
ISSN: 978 92 4 156482 3

- HUNTER, MACDONALDS, CARTER. Water Supply and Health. Plos medicine. [en línea]. Noviembre 2011. vol.7.nº11. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosmedicine/article?id=10.1371/journal.pmed.1000361>  
ISSN: 1549-1676
- ESPADAS, GARCÍA, CASTILLO. Redes de alcantarillado sin arrastre de sólidos: una alternativa para la ciudad de Mérida, Yucatán, México. Revista académica Ingeniería [en línea]. Enero – abril 2007, vol.11.nº1. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019]. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/467/467111107.pdf>  
ISBN: 1665-529X
- BUTLER, CARTY, CROWE, FLANAGAN, LAMBERT. Waste water treatment manuals, preliminary treatment. Environmental Protection Agency [en línea]. 1995, vol.01.nº1. [Fecha de consulta: 17 de noviembre de 2019]. Disponible en [http://www.epa.ie/pubs/advice/water/wastewater/EPA\\_water\\_treatment\\_manual\\_preliminary.pdf](http://www.epa.ie/pubs/advice/water/wastewater/EPA_water_treatment_manual_preliminary.pdf)  
ISSN: 1-899965-22-X
- NIRAJ S. TOPARE, S. J. ATTAR and MOSLEH M. MENEER. Sewage/wastewater treatment technologies: a review. Scientific Reviews and Chemical Communications [en línea]. Octubre 2011, vol.1.nº1. [Fecha de consulta 20 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/c70c/a0f76fafbb0b621c78346bd19d1b45d9c8e6.pdf>  
ISSN: 2277-2669
- UNIVERSITY OF PRETORIA WATER. Research Commission. Waterborne sanitation design guide [en línea]. Marzo 2011, vol.481.nº11. [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2019]. Disponible en <https://www.wrc.org.za/wp-content/uploads/mdocs/TT%20481-11.pdf>  
ISSN: 978-1-4312-0078-8
- MITTAL. Water Today – Biological Wastewater Treatment. Fulltide [en línea]. Agosto 2011, vol.5.nº32 [Fecha de consulta 20 de noviembre de 2019].

Disponible

en:

<https://www.watertoday.org/Article%20Archive/Aquatech%2012.pdf>

ISSN: 0046-5267

- EUROPEAN GREEN CAPITAL AWARD NANTES. Waste Water Treatment [en línea]. 2013, vol.1. [Fecha de consulta 20 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://ec.europa.eu/environment/europeangreencapital/wp-content/uploads/2011/05/EGCNantesUKChap10-F.pdf>  
ISSN: 1725-9179
- WORLD HEALTH ORGANIZATION, Strategies for the safe management of drinking-water for human consumption [en línea]. Abril 2011, vol.13. 5.nº. [Fecha de consulta 18 de mayo del 2020]. Disponible en: [https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf\\_files/WHA64/A64\\_24-en.pdf](https://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA64/A64_24-en.pdf)  
ISSN: 0510-8659
- AGÜERO Pittman, Roger. Agua potable para poblaciones rurales sistema de abastecimiento por gravedad sin tratamiento [en línea]. Setiembre 1997. [Fecha de consulta 18 de mayo del 2020]. Disponible en: <https://www.bemaer.com.mx/2014/09/08/agua-potable-para-poblaciones-rurales/>
- JOURNAL OF WATER & HEALTH, Quantifying public health risks from exposure to waterborne pathogens during river bathing as a basis for reduction of disease burden [en línea]. Abril 2020, vol.18. 2.nº. [Fecha de consulta 18 de mayo del 2020]. Disponible en: <https://iwaponline.com/jwh/article/doi/10.2166/wh.2020.045/74184/Quantifying-public-health-risks-from-exposure-to>  
ISSN:1477-8920
- INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO, Estudio de hidrogeología de la cuenca de los ríos Jequetepeque (13774) y Chamán (137752) regiones Cajamarca, La Libertad y Lambayeque, 2015 [en línea]. Mayo 2015, Serie H. Vol.nº4. [Fecha de consulta 10 de mayo del 2020]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/371>  
ISSN:2410-6100
- AASHTO GUIDE FOR DESIGN OF PAVEMENT STRUCTURES. GEOMECÁNICA. American Association of State and

Transportation Highway Officials [en línea]. Mayo 1997 [Fecha de consulta :15 de mayo del 2020]. Disponible en: [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)

SBN: 1-56051-055-2

- GEOMECÁNICA. Duque, Gonzalo y Escobar, Carlos. Universidad Nacional de Colombia [en línea]. Junio 2016 [Fecha de consulta :15 de mayo del 2020]. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>
- LLIPO Carpio, Martín. Consideraciones sobre los endorreísmos de la costa norte de Perú en su relación con eventos de el niño, Murcia, España. Departamento de Geografía física, Humana y Análisis Regional [en línea]. A Setiembre 1999. [Fecha de consulta:20 de junio del 2020]. Disponible en <https://revistas.um.es/geografia/article/view/47541>
- MINISTERIO DE CONSTRUCCIÓN, VIVIENDA Y SANEAMIENTO. Reglamento Nacional de edificaciones. OS 0.90 Plantas de tratamiento de aguas residuales. Lima-Perú [en línea]. Junio 2006. [Fecha de consulta:20 de junio de 2020]. Disponible en: <https://www.sencico.gob.pe/descargar.php?idFile=168>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

Tabla 40. Matriz de operacionalización de variables

| Variable de estudio   | Definición conceptual   | Definición operacional  | Dimensión                      | Indicadores   | Escala de medición    |
|---|---|---|--------------------------------|---|-----------------------|
| Diseño del mejoramiento de la red de agua potable y alcantarillado. | <p>Consiste en abastecer de agua potable a los lugareños del C.P. Pay Pay, definiendo la ubicación del punto donde será captado el recurso hídrico, proyectando los conductos de racionalización de agua purificada. (OS.010 Captación y conducción de agua para consumo humano y OS.50 Redes de distribución de agua para consumo humano).</p> <p>Se basa en captar las aguas residuales generadas por los habitantes del C.P. Pay Pay, considerando el punto de inicio y punto final de la red de recolección para luego evacuarlas hasta su disposición final. (OS.070 Redes de aguas residuales).</p> | <p>Este diseño se opera: transportando un determinado caudal de recurso hídrico desde la captación hacia la infraestructura donde será almacenada, para luego ser distribuido el recurso hídrico mediante conexiones domiciliarias.</p> <p>Este diseño se opera: captando aguas residuales de cada conexión domiciliar de alcantarillado, la cual descargará las aguas servidas a la tubería principal, evacuando los líquidos cloacales hacia una PTAR, donde se eliminarán las impurezas presentes en los líquidos producidos por las actividades cotidianas de la población.</p> | Levantamiento Topográfico.     | <p>Trazo longitudinal (m)</p> <p>Perfiles longitudinales (m)</p>  | Cuantitativo de razón |
|   |   |   | Estudio de calidad de agua     | <p>Tipos de tratamiento de agua (mg/L)</p> <p>Categoría A1: Desinfección</p> <p>Categoría A2: Tratamiento convencional</p> <p>Categoría A3: Tratamiento avanzado</p>          | Cuantitativo nominal  |
|   |   |   | Estudio de mecánica de suelos. | <p>Granulometría (%)</p> <p>Contenido de humedad (%)</p> <p>Límites de Atterberg (%)</p> <p>Peso unitario (Tn/m<sup>3</sup>)</p> <p>Capacidad portante (Tn/m<sup>2</sup>)</p> | Cuantitativo de razón |

|                                    |  |                       |
|------------------------------------|--|-----------------------|
| Diseño de la red de agua potable.  | Caudal de diseño (Qd)                    | Cuantitativo de razón |
|                                    | Volumen del reservorio (m <sup>3</sup> ) |                       |
|                                    | Diámetro de la tubería (pulg)            |                       |
|                                    | Velocidades (m/s)                        |                       |
| Diseño de la red de alcantarillado | Presiones (m.c.a)                        | Cuantitativo de razón |
|                                    | Profundidad de buzones (m)               |                       |
|                                    | Caudal de diseño (l/s)                   |                       |
|                                    | Diámetros de tuberías (pulg)             |                       |

Fuente: Elaboración propia

**ANEXO 2**

**SOLICITUDES PARA REALIZAR ESTUDIOS TÉCNICOS EN  
EL C.P. PAY PAY**

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD"

**SOLICITO: AUTORIZACIÓN PARA REALIZR  
ESTUDIOS TÉCNICOS CON FINES  
ACADÉMICOS EN EL CENTRO  
POBLADO PAY PAY.**

**Sr. CESAR TERÁN LÓPEZ**  
ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YONAN.

Nosotros, Jorge Antonio Plasencia Angulo y Magaly Gabriela Tejada Cerna, identificados con los DNI N° 73618120 y 75880512 respectivamente, con código universitario 7000955429 y 7000887004 respectivamente, estudiantes del IX ciclo, de la escuela profesional de Ingeniería Civil, de la facultad de Ingeniería, de la Universidad César Vallejo, ante usted con el debido respeto nos presentamos y exponemos:

Que deseando realizar el proyecto de investigación: **Diseño del mejoramiento de la red de agua potable y alcantarillado en el centro poblado Pay Pay, distrito Yonán, provincia Contumazá, departamento Cajamarca.** Solicitamos a Ud. Autorización para realizar estudios técnicos con fines académicos en el Centro Poblado Pay Pay, estudios que consisten en realizar: encuestas a la población, estudios topográficos, estudios de mecánica de suelos, estudios de calidad del agua, estudios socio económicos, entre otros. Con estos estudios se podrá desarrollar la presente investigación.

**POR LO EXPUESTO:**

Rogamos a usted acceder a nuestra solicitud.

Tembladero ..... 19 de noviembre... del 2019.

  
PLASENCIA ANGULO, JORGE  
DNI N°73618120

  
TEJADA CERNA, MAGALY  
DNI N°75880512

MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YONAN  
TEMLADERA  
SECRETARÍA GENERAL  
**RECEPCIÓN**

Fecha: 19-11-19.

Hora: 03-13 p.m.

N° Registro: 2942

N° Folio: 08

Firma: 

Figura 20. Solicitud para autorización para realizar estudios técnicos

Fuente: Elaboración propia.

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD"

**SOLICITO: INFORMACIÓN SOBRE LOS SERVICIOS DE: AGUA Y DESAGÜE EN EL CENTRO POBLADO PAY PAY.**

**Sr. CESAR TERÁN LÓPEZ**  
**ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YONAN.**

Nosotros, Jorge Antonio Plasencia Angulo y Magaly Gabriela Tejada Cerna, identificados con los DNI N° 73618120 y 75880512 respectivamente; con código universitario 7000955429 y 7000887004 respectivamente, estudiantes del IX ciclo, de la escuela profesional de Ingeniería Civil, de la facultad de Ingeniería, de la Universidad César Vallejo, ante usted con el debido respeto nos presentamos y exponemos:

Que deseamos realizar el proyecto de investigación: **Diseño del mejoramiento de la red de agua potable y alcantarillado en el centro poblado Pay Pay, distrito Yonán, provincia Contumazá, departamento Cajamarca.** Solicitamos a Ud. Información del estado actual del sistema de saneamiento existente: entidad encargada de la operación, mantenimiento y/o mejoramientos de la red, y número de beneficiarios de los servicios de agua potable y desagüe del centro poblado Pay Pay. Así mismo, información de quien construyó la obra de infraestructura sanitaria para dicho centro poblado.

**POR LO EXPUESTO:**

Rogamos a usted acceder a nuestra solicitud.

.....*Tenbladeca*....., 19 de noviembre del 2019.

  
**PLASENCIA ANGULO, JORGE**

  
**TEJADA CERNA, MAGALY**

DNI N°73618120

DNI N°75880512

|  |                |
|--|----------------|
| MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE YONAN<br>TENBLADECA<br>SECRETARÍA GENERAL |                |
| <b>RECEPCIÓN</b>   |                |
| Fecha:   | 19-11-19       |
| Hora:  | 03:16 p.m.     |
| N° Registro:   | 2943           |
| N° Folio:  | 01             |
| Firma:   | <i>[Firma]</i> |

Figura 21. Información de servicios de agua y desagüe en C.P. Pay Pay

Fuente: Elaboración propia.

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD"

SOLICITO: INFORMACIÓN DEL REPORTE DE ENFERMEDADES: DIARREICAS, CUTÁNEAS Y RESPIRATORIAS.

DR(A) Margarita Ávalos Ruiz.  
RESPONSABLE DEL CENTRO DE SALUD Tembladera.

Nosotros, Jorge Antonio Plasencia Angulo y Magaly Gabriela Tejada Cerna, identificados con los DNI N° 73618120 y 75880512 respectivamente; con código universitario 7000955429 y 7000887004 respectivamente, estudiantes del IX ciclo, de la escuela profesional de Ingeniería Civil, de la facultad de Ingeniería, de la Universidad César Vallejo, ante usted con el debido respeto nos presentamos y exponemos:

Que deseamos realizar el proyecto de investigación: Diseño del mejoramiento de la red de agua potable y alcantarillado en el centro poblado Pay Pay, distrito Yonán, provincia Contumazá, departamento Cajamarca. Solicitamos a Ud. información del reporte de enfermedades: diarreicas, cutáneas y respiratorias que se han presentado en el C.P. Pay Pay. Con la información brindada, contaremos con un registro verídico; que justificará nuestro proyecto de investigación.



POR LO EXPUESTO:

Rogamos a usted acceder a nuestra solicitud.

...Tembladera..., 19. de noviembre. del 2019.

[Signature]  
PLASENCIA ANGULO, JORGE

DNI N°73618120

[Signature]  
TEJADA CERNA, MAGALY

DNI N°75880512

Figura 22. Información del reporte de enfermedades en el C.P. Pay Pay

Fuente: Elaboración propia.

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN E IMPUNIDAD"



SOLICITO: AUTORIZACIÓN PARA INGRESAR A LAS INSTALACIONES DE LA REPRESA GALLITO CIEGO (ESPECÍFICAMENTE AL PUNTO DONDE SE ENCUENTRA LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LA CUAL SE ABASTECEN LOS CENTROS POBLADOS AGUAS ABAJO DEL EMBALSE).

**PROYECTO ESPECIAL JEQUETEPEQUE-ZAÑA**

Nosotros, Jorge Antonio Plasencia Angulo y Magaly Gabriela Tejada Cerna, identificados con los DNI N° 73618120 y 75880512 respectivamente; con código universitario 7000955429 y 7000887004 respectivamente, estudiantes del IX ciclo, de la escuela profesional de Ingeniería Civil, de la facultad de Ingeniería, de la Universidad César Vallejo, ante usted con el debido respeto nos presentamos y exponemos:

Que deseamos realizar el proyecto de investigación: Diseño del mejoramiento de la red de agua potable y alcantarillado en el centro poblado Pay Pay, distrito Yonán, provincia Contumazá, departamento Cajamarca. Solicitamos a Ud. Autorización para ingresar a las instalaciones de la Represa Gallito Ciego (específicamente al punto donde se encuentra la captación de agua de la cual se abastecen los centros poblados aguas abajo del embalse). Con el fin de obtener una muestra de agua para posteriormente realizarle un estudio de calidad, posteriormente con el estudio en mención se podrá desarrollar la presente investigación.

**POR LO EXPUESTO:**

N° de contacto: 938 690 065

Rogamos a usted acceder a nuestra solicitud.

*Tejada Cerna*....., 19 de noviembre del 2019.

  
PLASENCIA ANGULO, JORGE  
DNI N° 73618120

  
TEJADA CERNA, MAGALY  
DNI N° 75880512

Figura 23. Autorización para ingresar a las instalaciones de PEJEZA

Fuente: Elaboración propia.

## INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO..... ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

### FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO DE LAS EDIFICACIONES O HABILITACIONES URBANA

✓ **TÍTULO DEL PROYECTO:** .....

✓ **UBICACIÓN:** .....

✓ **RESPONSABLES:**  
.....

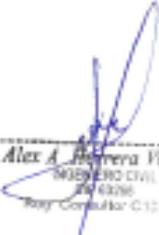
✓ **FECHA:** .....

**INSTRUCCIONES:** IDENTIFICAR Y MARCAR CON UNA (X) EL TIPO DE EDIFICACIÓN O HABILITACIÓN URBANA EXISTENTE EN LA ZONA DEL PROYECTO. LLENAR LOS CUADROS EN BLANCO CON LA INFORMACIÓN SOLICITADA:

| TIPO DE EDIFICACIÓN O HABILITACIÓN URBANA | NOMBRE DE LA EDIFICACIÓN O HABILITACIÓN URBANA | EXISTE | NO EXISTE | N° DE EDIFICACIONES | ÁREA (m <sup>2</sup> ) | CAPACIDAD |
|---|--|--------|-----------|---------------------|------------------------|-----------|
| JARDÍN DE NIÑOS                           |  |        |           |                     |                        |           |
| ESCUELA PRIMARIA                          |  |        |           |                     |                        |           |
| ESCUELA SECUNDARIA                        |  |        |           |                     |                        |           |
| IGLESIA/PARROQUIA                         |  |        |           |                     |                        |           |
| PARQUE                                    |  |        |           |                     |                        |           |
| RESTAURANTE                               |  |        |           |                     |                        |           |
| CENTRO COMUNAL                            |  |        |           |                     |                        |           |
| LOSA DEPORTIVA                            |  |        |           |                     |                        |           |
| POSTA MÉDICA                              |  |        |           |                     |                        |           |
| COMISARÍA                                 |  |        |           |                     |                        |           |
| COMEDOR POPULAR                           |  |        |           |                     |                        |           |



.....  
Eder José Rodríguez Beltrán  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 213722



.....  
Alex A. Herrera Villanor  
INGENIERO CIVIL  
R. CIP. N° 244326  
Borrador Consultor C-10-115



.....  
Aldo Joseph Villa Vela  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 175180

Figura 24. Ficha de observación de campo de las edificaciones

Fuente: Elaboración propia.



**FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO DE LA ACTUAL SITUACIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE**

- ✓ TÍTULO DEL PROYECTO: .....
- ✓ UBICACIÓN: .....
- ✓ RESPONSABLES: .....
- ✓ FECHA: .....

**INSTRUCCIONES:** IDENTIFICAR Y MARGAR CON UNA (X) LAS RESPUESTAS DE LAS SIGUIENTES PREGUNTAS, LLENAR LOS ESPACIOS EN BLANCO CON LA INFORMACIÓN SOLICITADA.

1. ¿QUÉ TIPO DE FALLAS SE PRESENTAN EN LA FUENTE DE CAPTACIÓN?

- MOHO     AFLORAMIENTO DE ALGAS     AMBAS     N.A.

2. ¿EN QUÉ ESTADO SE ENCUENTRA LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN?

- BUENO     REGULAR     MALO

3. ¿QUÉ TIPO DE FALLAS SE PRESENTAN EN LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN?

- ÓXIDO     CORROSIÓN     AMBAS     N.A.

4. ¿A TRAVÉS DE QUÉ MEDIO SE TRATA EL AGUA PARA CONSUMO HUMANO?

- PTAP     CLORACIÓN     AGUA NO TRATADA

5. ¿SE CUENTA CON CÁMARAS ROMPE PRESIÓN TIPO 6?

- sí     NO    \_\_\_\_\_ N° DE CÁMARAS

Figura 25. Ficha de observación de campo de red de agua potable

Fuente: Elaboración propia.


**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO** ..... **ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

6. ¿SE CUENTA CON CÁMARAS ROMPE PRESIÓN TIPO 7?  
 SÍ       NO      \_\_\_\_\_ N° DE CÁMARAS

7. ¿SE CUENTA CON LA LÍNEA DE ADUCCIÓN?  
 SÍ       NO

8. ¿EN QUÉ ESTADO SE ENCUENTRA LA LÍNEA DE ADUCCIÓN?  
 BUENO       REGULAR       MALO

9. ¿EN QUÉ ESTADO SE ENCUENTRA LA RED DE DISTRIBUCIÓN?  
 BUENO       REGULAR       MALO

10. A SIMPLE VISTA EL AGUA DISTRIBUIDA EN LA ZONA ¿ES APTA PARA CONSUMO HUMANO?  
 SÍ       NO

11. ¿QUÉ TIPO DE FALLAS SE PRESENTAN EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN?  
 TUBERÍAS FISURADAS       TUBERÍAS OBSTRUIDAS  
 TRAMOS OBSOLETOS

  
 Efraim J. y Rodríguez Sotrán  
 ING. CIVIL  
 R. O.P. N° 213722

  
 Alex A. Herrera Vela  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 12026  
 Reg. Cons. As. C13771

  
 Álvaro Joseph Vito Vela  
 ING. CIVIL  
 R. O.P. N° 175188

Figura 26. Ficha de observación de red de agua potable C.P. Pay Pay  
 Fuente: Elaboración propia.

**FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO DEL ACTUAL SISTEMA DE DISPOSICIÓN SANITARIA DE EXCRETAS**

- ✓ TÍTULO DEL PROYECTO: .....
- ✓ UBICACIÓN: .....
- ✓ RESPONSABLES: .....
- ✓ FECHA: .....

**INSTRUCCIONES:** IDENTIFICAR Y MARCAR CON UNA (X) LAS RESPUESTAS DE LAS SIGUIENTES PREGUNTAS.

1. ¿SE CUENTA CON UN SISTEMA DE DISPOSICIÓN SANITARIA DE EXCRETAS Y/O UBS?

- SÍ       NO

2. ¿QUÉ TIPO DE DISPOSICIÓN DE EXCRETAS PREDOMINA EN LA ZONA DE ESTUDIO?

SISTEMA DE ALCANTARILLADO CON PTAR

SISTEMA DE ALCANTARILLADO SIN PTAR

TANQUE SÉPTICO

COMPOSTERA

HOYO SECO VENTILADO

TANQUE IMHOFF

BIODIGESTOR

OTRO .....

*Eduardo Rodríguez Salazar*  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 215722

*Alex A. Medina Tolino*  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 173188

*Alvaro Joseph Villa Vora*  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 173188

Figura 27. Ficha de observación de campo-sistema de disposición de excretas  
Fuente: Elaboración propia.

### ANEXO 3

## VALIDACIÓN DE LOS ESTUDIOS PRESENTADOS

### ESTUDIOS DE CALIDAD DE AGUA



| <b>INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA</b> |                            |                              |                          |         |
|--------------------------------------|----------------------------|------------------------------|--------------------------|---------|
| <b>NOMBRE :</b>                      |                            | Gallito Ciego                |                          |         |
| <b>TIPO DE FUENTE :</b> Manantial    |                            | <b>COORDENADAS (UTM)</b>     | <b>DATUM :</b><br>WGS-84 |         |
| <b>UBICACIÓN POLÍTICA</b>            |                            |                              |                          |         |
| <b>DISTRITO :</b> Yonán              |                            | <b>Longitud :</b> 9199655.39 |                          |         |
| <b>PROVINCIA :</b> Contumazá         |                            | <b>Latitud :</b> 697930.84   |                          |         |
| <b>DEPARTAMENTO :</b> Cajamarca      |                            | <b>Cota :</b> 316 m.s.n.m    |                          |         |
| PARÁMETRO                            | DETERMINACIONES            | UNIDADES                     | MUESTRA                  | LMP     |
| Físico                               | pH                         | Unidad de pH                 | 8.07                     | 6.5-8.5 |
|                                      | Conductividad              | µS/cm                        | 264                      | 1500    |
|                                      | Sólidos Disueltos Totales  | mg/L                         | 133.6                    | 1000    |
|                                      | Disueltos y suspendidos    | mg/L                         | 632                      |         |
| Químicos                             | Cloruros                   | mg/L                         | 4.51                     | 250     |
|                                      | Det.alcalinidad            | mg/L                         | 21.56                    |         |
|                                      | Dureza total               | mg/L                         | 131.42                   | 500     |
|                                      | Dureza cálcica             | mg/L                         | 41                       |         |
|                                      | Dureza magnésica           | mg/L                         | 92.6                     |         |
|                                      | Calcio ca++                | mg/L                         | 39                       |         |
|                                      | Magnesio Mg++              | mg/L                         | 134.05                   |         |
| Microbiológicos                      | Coliformes totales         | NMP/100ml                    | 19                       | 50      |
|                                      | Coliformes termotolerantes | NMP/100ml                    | 5.7                      | 20      |
|                                      | Escherichia coli           | NMP/100ml                    | 0                        | 0       |
|                                      | Bacterias hetrotroficas    | UFC/ml                       | 46                       | 500     |

Fuente: - INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO, Estudio de hidrogeología de la cuenca de los ríos Jequetepeque (13774) y Chamán (137752) regiones Cajamarca, La Libertad y Lambayeque, 2015, p.268.

Figura 28. Estudio de calidad de la fuente de captación – INGEMMET 2015

Fuente: Elaboración propia.

## ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS

|   |                       |           |         |                 |   |       |                  |   |           |                     |   |           |  |
|---|-----------------------|-----------|---------|-----------------|---|-------|------------------|---|-----------|---------------------|---|-----------|--|
| <p><b>JVC Consultoría Geotecnia S.A.C.</b> RUC: 20606092297</p> <p><b>INFORME TECNICO</b></p> <p><b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS CON FINES DE CLASIFICACIÓN Y CIMENTACIÓN</b></p> <p><b>PROYECTO:</b><br/>DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA RED DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN EL CENTRO POBLADO PAY PAY, YONÁN, CONTUMAZÁ, CAJAMARCA</p> <p><b>SOLICITANTE:</b><br/>PLASENCIA ANGULO, JORGE ANTONIO<br/>TEJADA CERNA, MAGALY GABRIELA</p> <p><b>UBICACIÓN :</b></p> <table><tr><td><b>CENTRO POBLADO</b></td><td>:</td><td>PAY PAY</td></tr><tr><td><b>DISTRITO</b></td><td>:</td><td>YONÁN</td></tr><tr><td><b>PROVINCIA</b></td><td>:</td><td>CONTUMAZÁ</td></tr><tr><td><b>DEPARTAMENTO</b></td><td>:</td><td>CAJAMARCA</td></tr></table> <p><b>JUNIO - 2020</b></p> <p><b>JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.</b><br/>Ing. Placencia de los Angeles Agustin Diaz<br/>GERENTE GENERAL</p> <p><b>Juanathan Yzagola Pajino</b><br/>ING. CIVIL<br/>R. C.P. N° 195965</p> <p>Av. Los Laureles #725 - 9 de octubre - Chiclayo<br/>consultoriageotecniajvc@gmail.com</p> | <b>CENTRO POBLADO</b> | :         | PAY PAY | <b>DISTRITO</b> | : | YONÁN | <b>PROVINCIA</b> | : | CONTUMAZÁ | <b>DEPARTAMENTO</b> | : | CAJAMARCA | <p><b>JVC Consultoría Geotecnia S.A.C.</b> RUC: 20606092297</p> <p><b>ÍNDICE</b></p> <p><b>ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>I.- GENERALIDADES<ul style="list-style-type: none"><li>1. INTRODUCCION</li><li>2. OBJETIVO DEL ESTUDIO</li><li>3. ASPECTO GEOTECNICO</li><li>4. SISMICIDAD</li></ul></li><li>II.- INVESTIGACION DE CAMPO</li><li>III.- ENSAYO DE LABORATORIO</li><li>IV.- CALICATAS</li><li>V.- CLASIFICACIÓN DE SUELO DEL TERRENO DE FUNDACIÓN</li><li>VI.- CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA Y DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN</li><li>VII.- ANÁLISIS Y PARÁMETROS SISMO RESISTENTES</li><li>VIII.- PERFIL ESTRATIGRAFICO</li><li>IX.- CONCLUSIONES</li><li>X.- RESULTADOS DE LABORATORIO</li></ul> <p><b>JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.</b><br/>Ing. Placencia de los Angeles Agustin Diaz<br/>GERENTE GENERAL</p> <p><b>Juanathan Yzagola Pajino</b><br/>ING. CIVIL<br/>R. C.P. N° 195965</p> |
| <b>CENTRO POBLADO</b>   | :                     | PAY PAY   |         |                 |   |       |                  |   |           |                     |   |           |  |
| <b>DISTRITO</b>   | :                     | YONÁN     |         |                 |   |       |                  |   |           |                     |   |           |  |
| <b>PROVINCIA</b>  | :                     | CONTUMAZÁ |         |                 |   |       |                  |   |           |                     |   |           |  |
| <b>DEPARTAMENTO</b>   | :                     | CAJAMARCA |         |                 |   |       |                  |   |           |                     |   |           |  |

Figura 29. Datos del estudio de mecánica de suelos

Fuente: Elaboración propia.

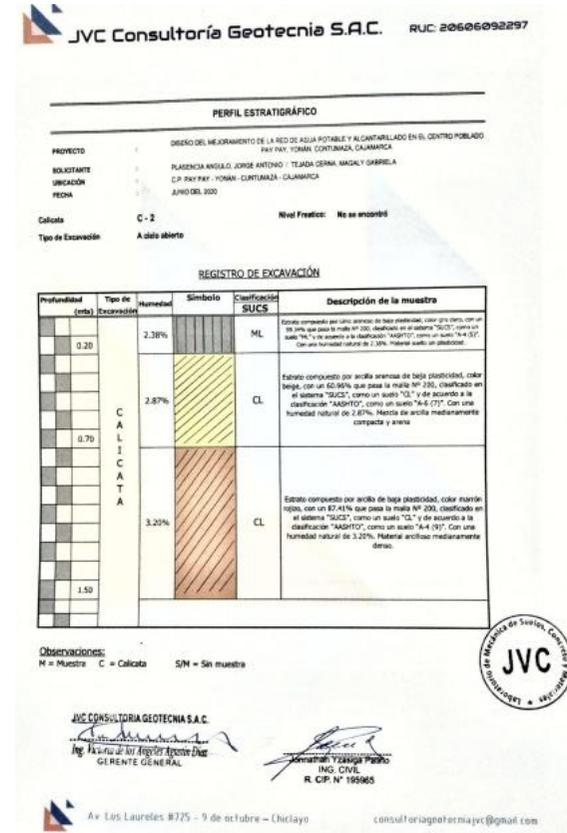
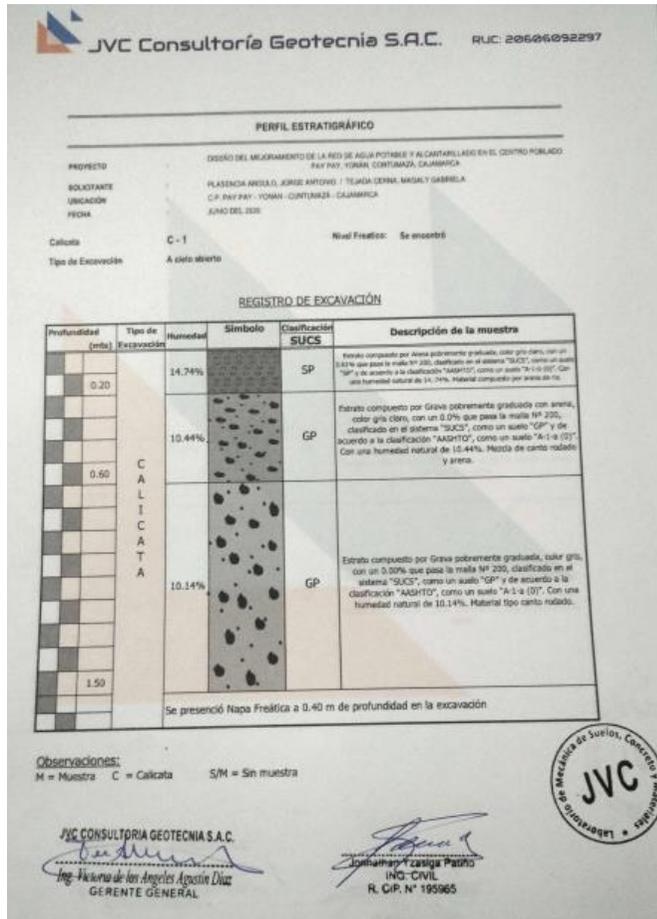


Figura 30. Perfil estratigráfico de C-1 y C-2

Fuente: Elaboración propia.



Figura 31. Perfil estratigráfico de C-3 y C-4

Fuente: Elaboración propia.

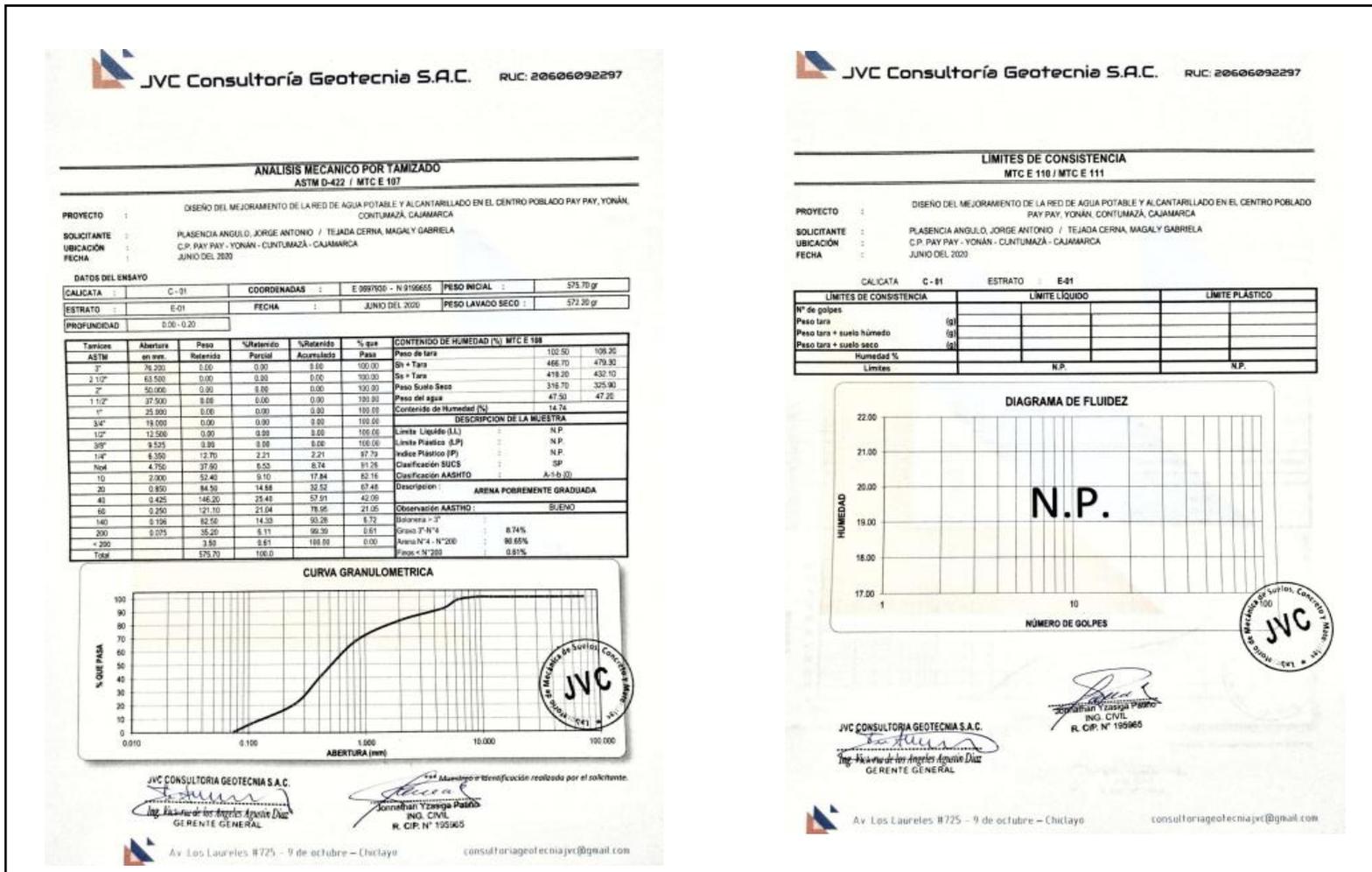


Figura 32. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-1, E-1

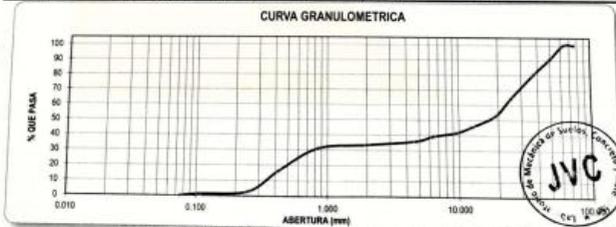
Fuente: Elaboración propia.

**ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO**  
ASTM D-422 / MTC E 107

PROYECTO : DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA RED DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN EL CENTRO POBLADO PAY PAY, YONÁN, CONTUMAZA, CAJAMARCA  
 SOLICITANTE : PLASENCIA ANGLUO, JORGE ANTONIO / TEJADA CERNA, MAGALY GABRIELA  
 UBICACIÓN : C.P. PAY PAY - YONÁN - CONTUMAZA - CAJAMARCA  
 FECHA : JUNIO DEL 2020

|                  |             |             |  |
|------------------|-------------|-------------|--|
| DATOS DEL ENSAYO |             |             |  |
| CALICATA         | C-01        | COORDENADAS | E 087930 - N 915855 PESO INICIAL : 837.00 gr |
| ESTRATO          | E-02        | FECHA       | JUNIO DEL 2020 PESO LAVADO SECO : 837.00 gr  |
| PROFUNDIDAD      | 0.20 - 0.60 |             |  |

| Tamices | Abertura | Peso Retenido | Partes | Acumuladas | % que  | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) MTC E 108 |
|---------|----------|---------------|--------|------------|--------|------------------------------------|
| ASTM    | en mm    | Retenido      | Partes | Acumuladas | % que  | Peso de tara : 96.90 107.90        |
| 2"      | 76.200   | 0.00          | 0.00   | 100.00     | 100.00 | Sa + Tara : 580.50 592.80          |
| 2 1/2"  | 63.500   | 0.00          | 0.00   | 100.00     | 100.00 | Sa + Tara : 535.10 546.40          |
| 2"      | 50.800   | 78.70         | 9.40   | 90.60      | 92.60  | Peso Bulto Seco : 438.90 438.90    |
| 1 1/2"  | 37.500   | 85.40         | 10.20  | 78.61      | 80.39  | Peso del agua : 45.60 48.25        |
| 1"      | 25.000   | 134.20        | 18.00  | 35.84      | 64.38  | Contenido de Humedad (%) : 10.44   |
| 3/4"    | 18.750   | 96.50         | 11.53  | 47.17      | 52.83  |                                    |
| 1/2"    | 12.500   | 62.40         | 7.48   | 54.62      | 45.38  |                                    |
| 3/8"    | 9.525    | 32.40         | 3.87   | 58.49      | 41.51  |                                    |
| 1/4"    | 6.350    | 19.80         | 2.37   | 65.88      | 34.14  |                                    |
| Nº6     | 4.750    | 26.90         | 3.21   | 64.07      | 35.63  |                                    |
| 10      | 2.000    | 21.40         | 2.56   | 66.63      | 33.37  |                                    |
| 20      | 0.850    | 18.50         | 2.33   | 68.96      | 31.04  |                                    |
| 40      | 0.425    | 12.40         | 1.74   | 83.70      | 16.30  |                                    |
| 80      | 0.250    | 12.70         | 1.48   | 87.17      | 2.83   |                                    |
| 140     | 0.106    | 13.40         | 1.80   | 88.77      | 1.23   |                                    |
| 200     | 0.075    | 10.20         | 1.23   | 100.00     | 0.00   |                                    |
| < 200   | 0.00     | 0.00          | 0.00   | 100.00     | 0.00   |                                    |
| Total   |          | 837.00        | 990.0  |            |        |                                    |

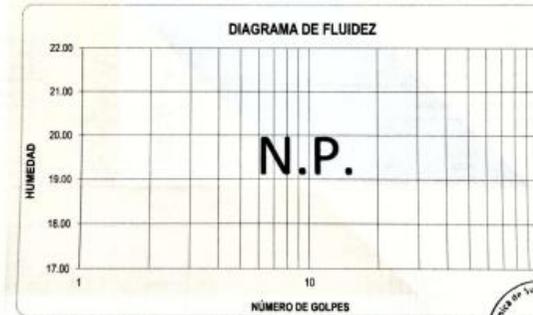


JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.  
 Ing. Placencia de los Angeles Agustin Diaz  
 GERENTE GENERAL  
 Av. Los Laureles #125 - 9 de octubre - Chiclayo  
 consultoriageotecniajvc@gmail.com

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**  
MTC E 110 / MTC E 111

PROYECTO : DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA RED DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN EL CENTRO POBLADO PAY PAY, YONÁN, CONTUMAZA, CAJAMARCA  
 SOLICITANTE : PLASENCIA ANGLUO, JORGE ANTONIO / TEJADA CERNA, MAGALY GABRIELA  
 UBICACIÓN : C.P. PAY PAY - YONÁN - CONTUMAZA - CAJAMARCA  
 FECHA : JUNIO DEL 2020

|                          |      |                |                 |
|--------------------------|------|----------------|-----------------|
| CALICATA                 | C-01 | ESTRATO        | E-02            |
| LÍMITES DE CONSISTENCIA  |      | LÍMITE LÍQUIDO | LÍMITE PLÁSTICO |
| Nº de golpes             |      |                |                 |
| Peso tara                | (g)  |                |                 |
| Peso tara + suelo húmedo | (g)  |                |                 |
| Peso tara + suelo seco   | (g)  |                |                 |
| Humedad %                |      |                |                 |
| Límites                  |      | N.P.           | N.P.            |



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.  
 Ing. Placencia de los Angeles Agustin Diaz  
 GERENTE GENERAL  
 Av. Los Laureles #125 - 9 de octubre - Chiclayo  
 consultoriageotecniajvc@gmail.com

Figura 33. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-1, E-2

Fuente: Elaboración propia.

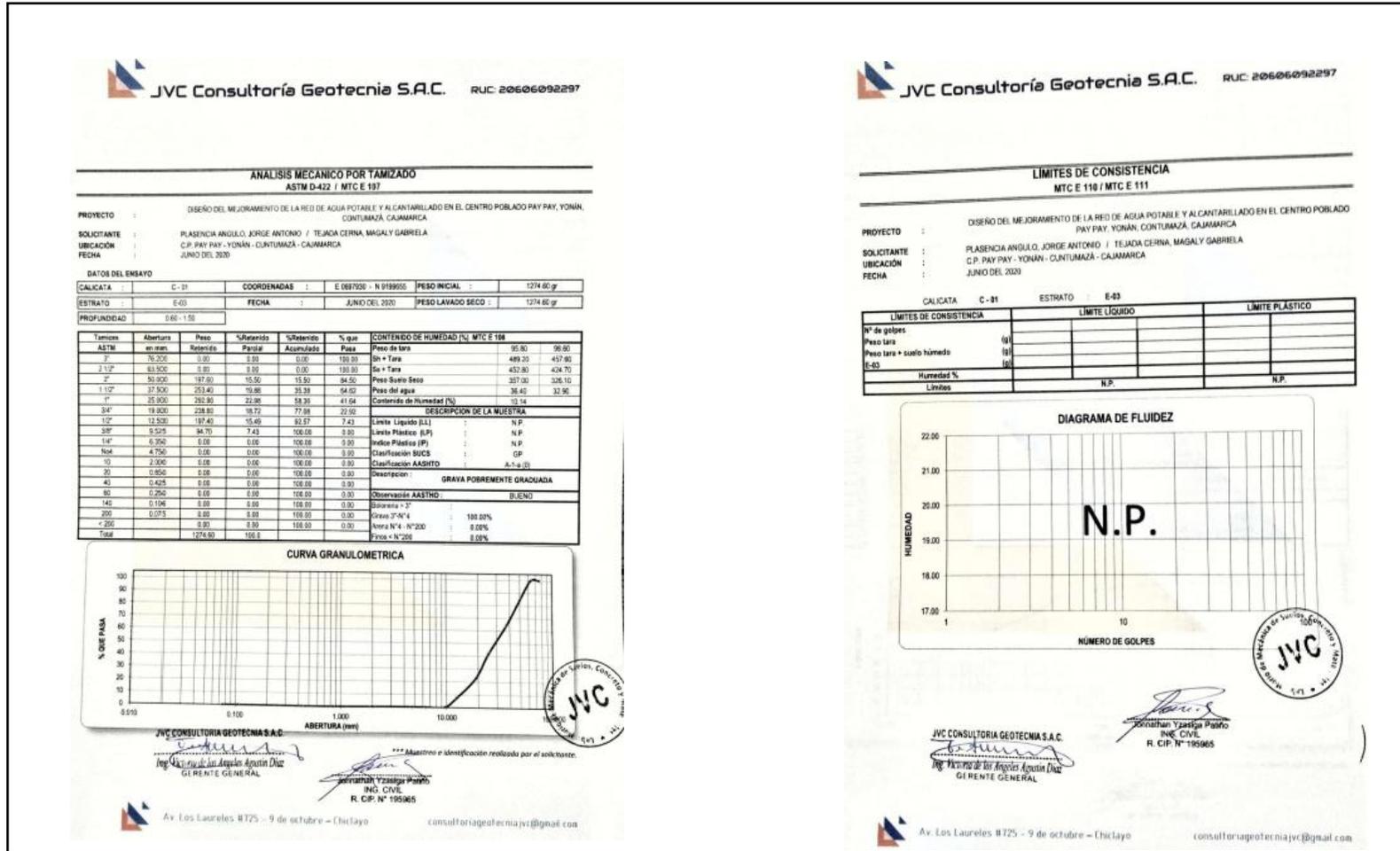


Figura 34. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-1, E-3

Fuente: Elaboración propia.

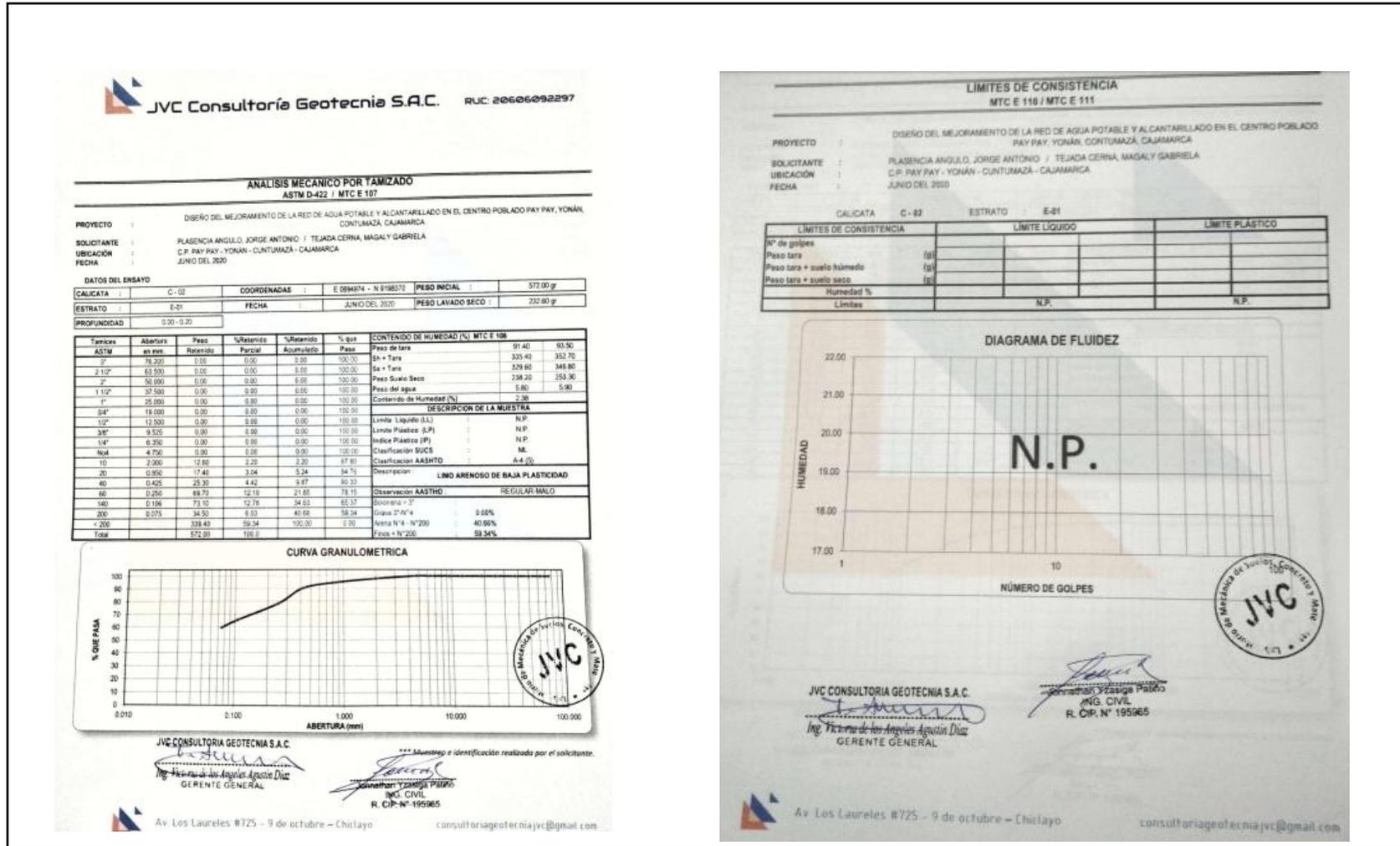


Figura 35. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-2, E-1

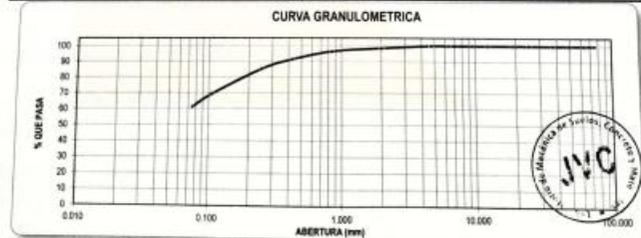
Fuente: Elaboración propia.

**ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO**  
ASTM D-422 / MTC E 107

PROYECTO : DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA RED DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN EL CENTRO POBLADO PAY PAY, YONAN, CONTUMAZÁ, CAJAMARCA  
 SOLICITANTE : PLASENCIA ANGLUO, JORGE ANTONIO / TEJADA CERNA, MAGALY GABRIELA  
 UBICACIÓN : C.P. PAY PAY - YONAN - CONTUMAZÁ - CAJAMARCA  
 FECHA : JUNIO DEL 2020

|                  |             |               |                       |                    |           |
|------------------|-------------|---------------|-----------------------|--------------------|-----------|
| DATOS DEL ENSAYO |             |               |                       |                    |           |
| CALICATA :       | C-02        | COORDENADAS : | E 0894074 - N 9198370 | PESO INICIAL :     | 571.90 gr |
| ESTRATO :        | E-02        | FECHA :       | JUNIO DEL 2020        | PESO LAVADO SECO : | 222.90 gr |
| PROFUNDIDAD :    | 0.25 - 0.70 |               |                       |                    |           |

| Tamices | Abertura en mm. | Peso Retenido | %Retenido | %Retenido Parcial | %Retenido Acumulado | % que Pasa                     | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) MTC E 108  |
|---------|-----------------|---------------|-----------|-------------------|---------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| ASTM    |                 |               |           |                   |                     |                                |                                     |
| 7"      | 75.200          | 0.00          | 0.00      | 0.00              | 100.00              | 54.30                          | 50.50                               |
| 2 1/2"  | 63.500          | 0.00          | 0.00      | 0.00              | 100.00              | 301.30                         | 310.90                              |
| 2"      | 50.800          | 0.00          | 0.00      | 0.00              | 100.00              | 215.10                         | 304.30                              |
| 1 1/2"  | 37.500          | 0.00          | 0.00      | 0.00              | 100.00              | 230.80                         | 211.80                              |
| 1"      | 25.000          | 0.00          | 0.00      | 0.00              | 100.00              | 6.10                           | 6.30                                |
| 3/4"    | 19.000          | 0.00          | 0.00      | 0.00              | 100.00              | CONTENIDO DE HUMEDAD (%)       |                                     |
| 1/2"    | 12.500          | 0.00          | 0.00      | 0.00              | 100.00              | 2.87                           |                                     |
| 3/8"    | 9.525           | 0.00          | 0.00      | 0.00              | 100.00              | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA      |                                     |
| 5/16"   | 6.350           | 0.00          | 0.00      | 0.00              | 100.00              | Límite Líquido (LL)            | 26.39                               |
| No#1    | 4.750           | 0.00          | 0.00      | 0.00              | 100.00              | Límite Plástico (LP)           | 12.64                               |
| 10      | 2.000           | 8.50          | 1.49      | 1.49              | 98.51               | Índice Plastico (IP)           | 13.7                                |
| 20      | 0.850           | 12.30         | 2.15      | 3.64              | 96.36               | Clasificación SUCS             | CL                                  |
| 40      | 0.425           | 29.20         | 5.11      | 8.76              | 91.24               | Clasificación AASHTO           | A-6 (7)                             |
| 60      | 0.250           | 34.60         | 6.06      | 14.82             | 85.18               | Descripción                    | ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD |
| 140     | 0.106           | 93.50         | 16.35     | 30.67             | 69.33               | Observación AASTHO             | NAPO                                |
| 200     | 0.075           | 47.80         | 8.37      | 39.04             | 60.96               | Coeficiente de uniformidad > 3 |                                     |
| +200    |                 | 348.10        | 60.96     | 100.00            | 0.00                | Grava 3" N"4                   | 0.00%                               |
| Total   |                 | 571.90        | 100.0     |                   |                     | Arena N"4 - N"200              | 38.04%                              |
|         |                 |               |           |                   |                     | Fines < N"200                  | 60.96%                              |



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Placido de los Angeles Aguilar Diaz  
GERENTE GENERAL

\*\*\* Muestreo e identificación realizados por el solicitante.  
 Ing. Cristian Yzagala Poma  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 195965



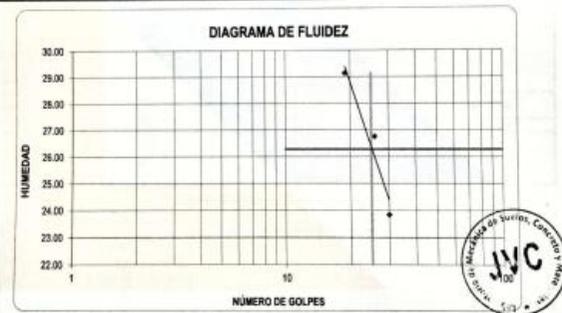
Av. Los Laureles #725 - 9 de octubre - Chiclayo

consultoriageotecniajvc@gmail.com

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**  
MTC E 110 / MTC E 111

PROYECTO : DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA RED DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN EL CENTRO POBLADO PAY PAY, YONAN, CONTUMAZÁ, CAJAMARCA  
 SOLICITANTE : PLASENCIA ANGLUO, JORGE ANTONIO / TEJADA CERNA, MAGALY GABRIELA  
 UBICACIÓN : C.P. PAY PAY - YONAN - CONTUMAZÁ - CAJAMARCA  
 FECHA : JUNIO DEL 2020

| CALICATA                 | C-02  | ESTRATO        | E-02  |                 |       |
|--------------------------|-------|----------------|-------|-----------------|-------|
| LÍMITES DE CONSISTENCIA  |       | LÍMITE LÍQUIDO |       | LÍMITE PLÁSTICO |       |
| Nº de golpes             | 19    | 25             | 30    | -               | -     |
| Peso tara                | 11.43 | 10.22          | 12.60 | 7.30            | 7.16  |
| Peso tara + suelo húmedo | 43.16 | 49.53          | 61.00 | 8.30            | 8.06  |
| Peso tara + suelo seco   | 35.00 | 41.23          | 51.66 | 8.20            | 7.95  |
| Humedad %                | 29.14 | 26.77          | 23.85 | 11.36           | 13.92 |
| Límites                  | 26.39 |                | 12.64 |                 |       |



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.

Ing. Placido de los Angeles Aguilar Diaz  
GERENTE GENERAL



Av. Los Laureles #725 - 9 de octubre - Chiclayo

consultoriageotecniajvc@gmail.com

Figura 36. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-2, E-02

Fuente: Elaboración propia.

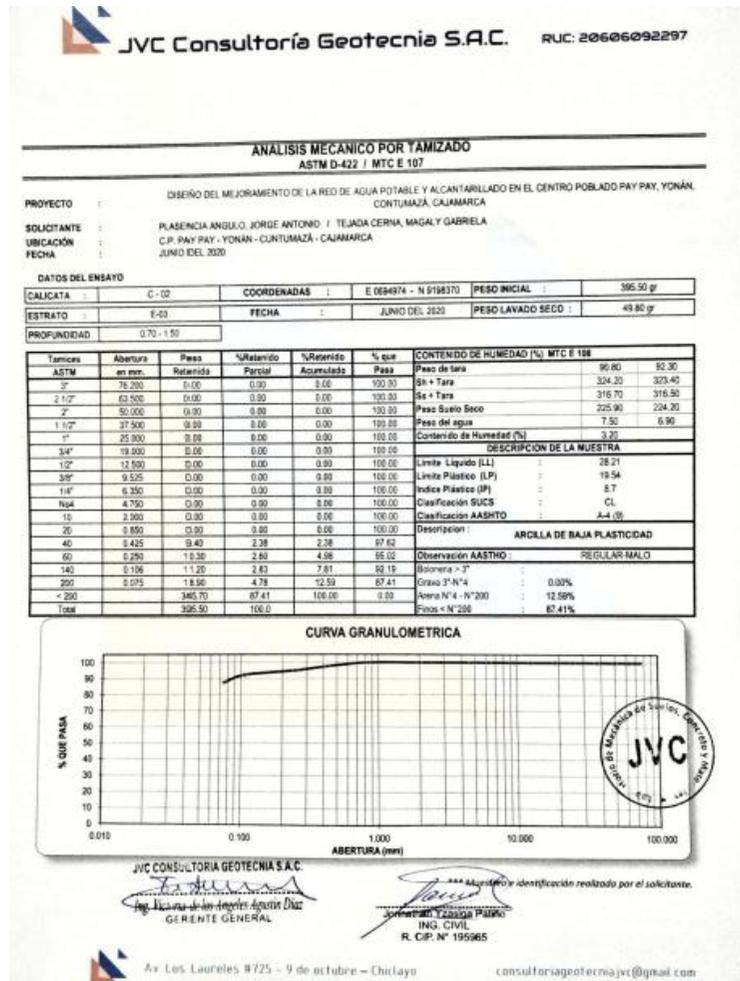


Figura 37. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-2, E-03  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 38. Peso específico fino y Peso unitaria volumétrica - C-2

Fuente: Elaboración propia.

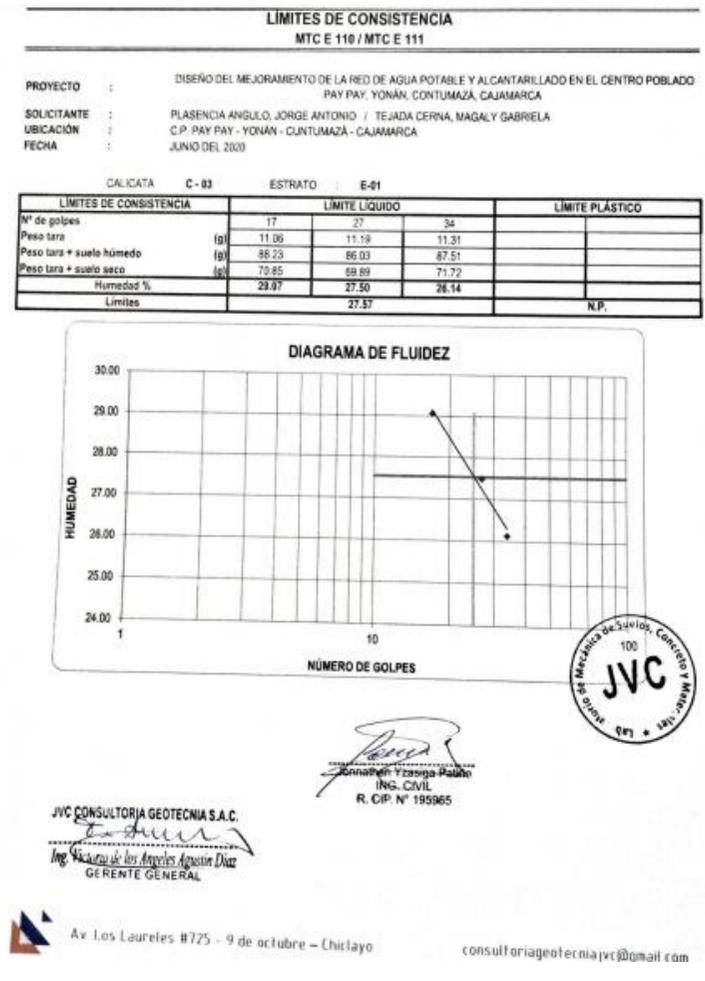
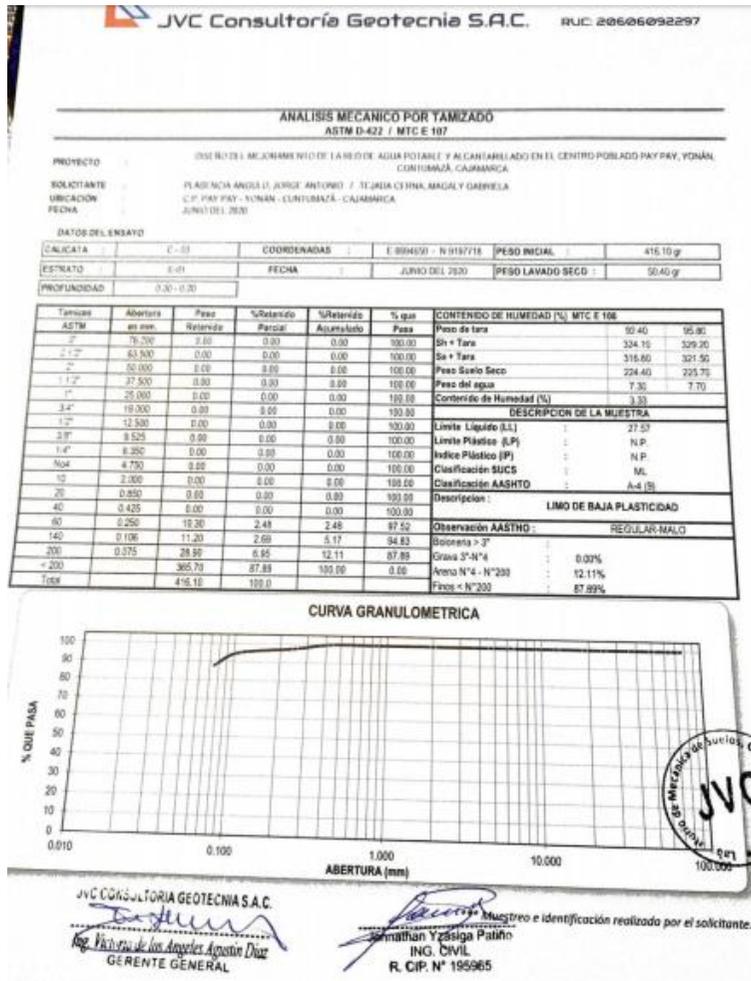


Figura 39. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-3, E-01

Fuente: Elaboración propia.

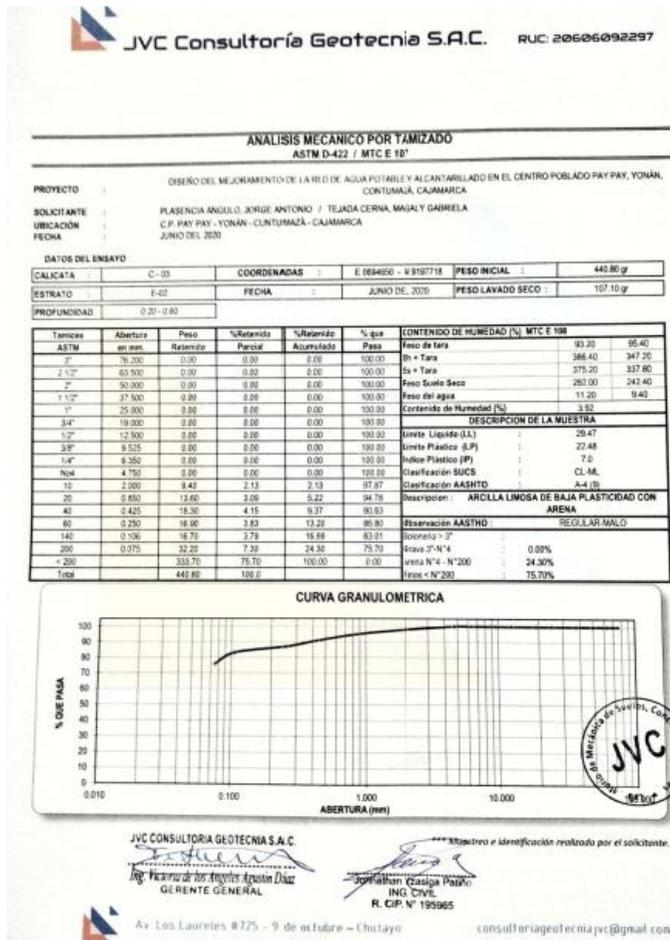


Figura 40. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-3, E-02

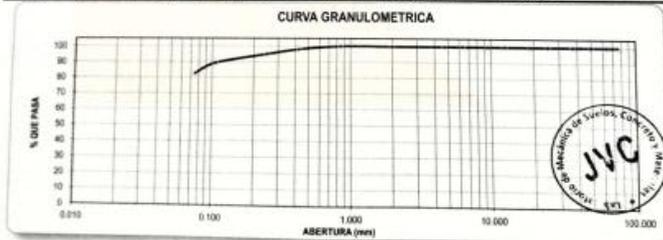
Fuente: Elaboración propia.

**ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO**  
ASTM D-422 / MTC E-137

PROYECTO : DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA RED DE AGUA POTABLE Y AL CANTARILLADO EN EL CENTRO POBLADO PAY PAY, YONAN, CONTUMAZA, CAJAMARCA  
 SOLICITANTE : PLASENCIA ANGLUO, JORGE ANTONIO / TEJADA CERNA, MAGALY GABRIELA  
 UBICACIÓN : C.P. PAY PAY - YONAN - CONTUMAZA - CAJAMARCA  
 FECHA : JUNIO DEL 2020

|                  |             |             |                     |                  |           |
|------------------|-------------|-------------|---------------------|------------------|-----------|
| DATOS DEL ENSAYO |             |             |                     |                  |           |
| CALICATA         | C-03        | COORDENADAS | E 084626 - N 919718 | PESO INICIAL     | 417.90 gr |
| ESTRATO          | E-03        | FECHA       | JUNIO DEL 2020      | PESO LAVADO SECO | 73.20 gr  |
| PROFUNDIDAD      | 0.80 - 1.50 |             |                     |                  |           |

| Tamizaje | Abertura en mm | Peso Retenido | % Retenido | % Acumulado | % que Pasa | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) MTC E 138 |
|----------|----------------|---------------|------------|-------------|------------|------------------------------------|
| ASTM #2  | 75.00          | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     | Peso de tara 35.20 91.30           |
| #4       | 4.75           | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     | Sh + Tara 382.40 385.70            |
| #10      | 2.00           | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     | Sh + Tara 355.20 358.60            |
| #20      | 0.85           | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     | Peso Suelo Seco 262.00 267.30      |
| #40      | 0.425          | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     | Peso del agua 27.20 27.10          |
| #60      | 0.250          | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     | Contenido de Humedad (%) 13.26     |
| #80      | 0.180          | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     |                                    |
| #100     | 0.150          | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     |                                    |
| #150     | 0.106          | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     |                                    |
| #200     | 0.075          | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     |                                    |
| #250     | 0.063          | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     |                                    |
| #300     | 0.050          | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     |                                    |
| #350     | 0.043          | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     |                                    |
| #400     | 0.038          | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     |                                    |
| #450     | 0.033          | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     |                                    |
| #500     | 0.030          | 0.00          | 0.00       | 0.00        | 100.00     |                                    |
| Total    |                | 417.00        | 100.0      |             |            |                                    |

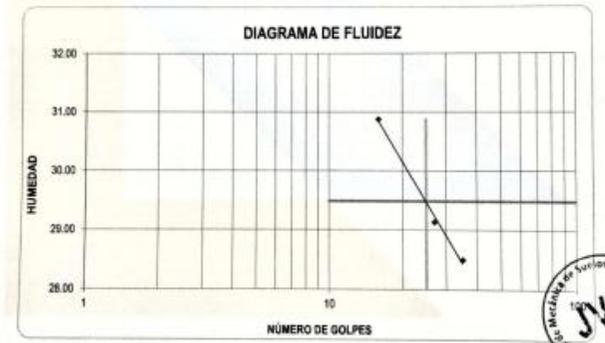


JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.  
 Ing. Jonathan Yzagola Pasión  
 GERENTE GENERAL  
 R. CIP. N° 195965

**LÍMITES DE CONSISTENCIA**  
MTC E 110 / MTC E 111

PROYECTO : DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA RED DE AGUA POTABLE Y AL CANTARILLADO EN EL CENTRO POBLADO PAY PAY, YONAN, CONTUMAZA, CAJAMARCA  
 SOLICITANTE : PLASENCIA ANGLUO, JORGE ANTONIO / TEJADA CERNA, MAGALY GABRIELA  
 UBICACIÓN : C.P. PAY PAY - YONAN - CONTUMAZA - CAJAMARCA  
 FECHA : JUNIO DEL 2020

| LÍMITES DE CONSISTENCIA      | CALICATA C-03 |       | ESTRATO E-03 |       |
|------------------------------|---------------|-------|--------------|-------|
|                              | 16            | 27    | 35           | -     |
| N° de golpes                 | 16            | 27    | 35           | -     |
| Peso tara (g)                | 11.25         | 10.51 | 10.71        | 10.37 |
| Peso tara + suelo húmedo (g) | 87.63         | 86.57 | 88.21        | 11.62 |
| Peso tara + suelo seco (g)   | 69.61         | 69.41 | 71.02        | 11.46 |
| Humedad %                    | 30.88         | 29.13 | 28.50        | 14.66 |
| Límites                      | 29.47         |       |              | 14.60 |



JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.  
 Ing. Jonathan Yzagola Pasión  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. N° 195965

Ing. Placencia Angulo Aguirre Díaz  
 GERENTE GENERAL

Av. Los Laureles #725 - 9 de octubre - Chiclayo  
 consultoriageotecniajvc@gmail.com

Figura 41. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-3, E-03

Fuente: Elaboración propia.

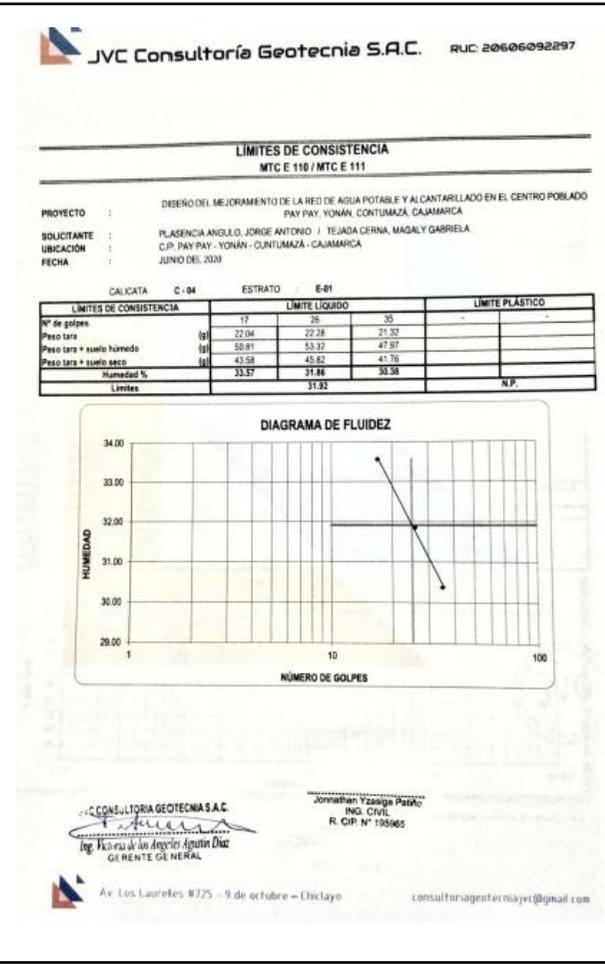
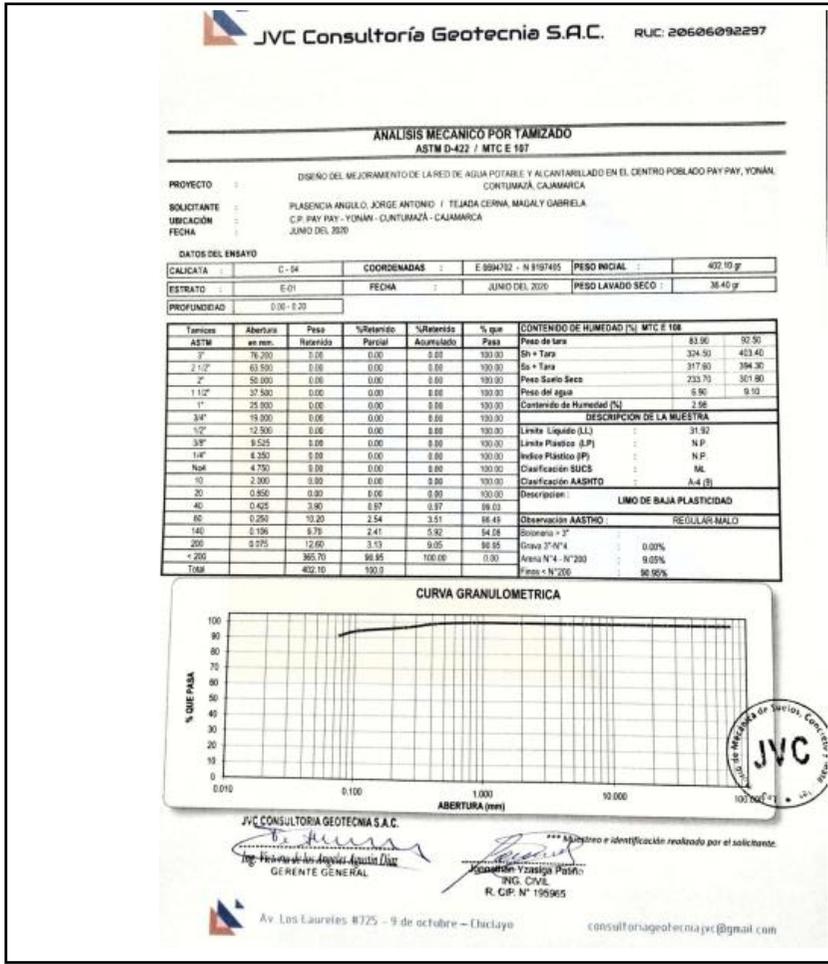


Figura 42. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-4, E-01

Fuente: Elaboración propia.

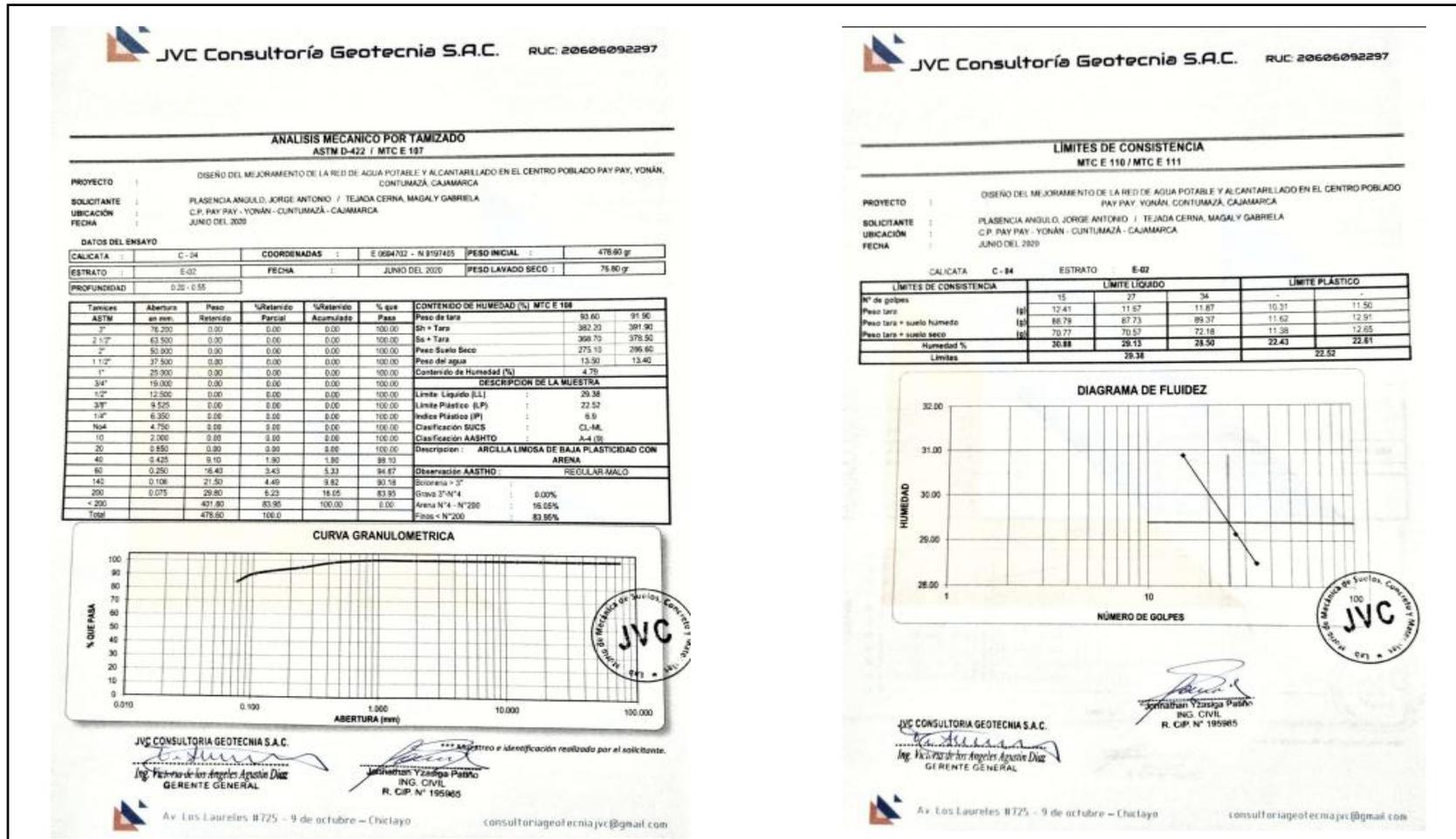


Figura 43. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-4, E-02

Fuente: Elaboración propia.

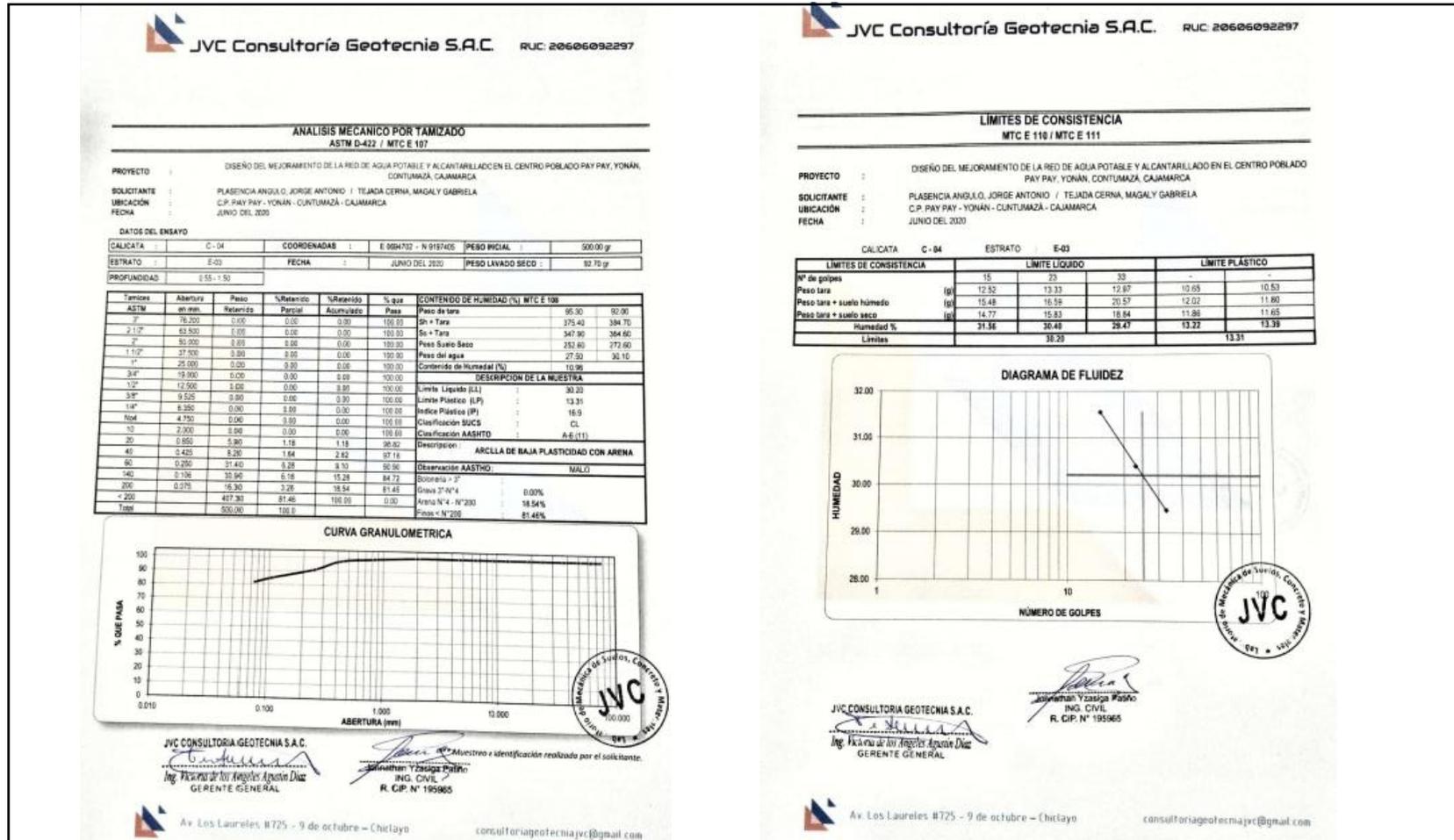


Figura 44. Análisis mecánico por tamizado - Límites de consistencia C-4, E-03

Fuente: Elaboración propia.



Figura 45. Cimentación aislada y capacidad portante C-2

Fuente: Elaboración propia.

**JVC Consultoría Geotecnia S.A.C.** RUC: 20606092297

---

**CAPACIDAD PORTANTE**

---

PROYECTO: DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA RED DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN EL CENTRO POBLADO PAY PAY, YONÁN, CONTUMAZA, CAJAMARCA

SOLICITANTE: PLASENCIA ANGULO, JORGE ANTONIO / TEJADA CERNA, MAGALY GABRIELA

UBICACIÓN: C.P. PAY PAY - YONÁN - CONTUMAZA - CAJAMARCA

FECHA: JUNIO DEL 2020

C - 2    M-3    1.50 m

**CIMENTACION CONTINUA**

**CAPACIDAD PORTANTE (FALLA LOCAL)**

$q_u = (2/3)C \cdot N_c + Y \cdot D_f \cdot N_q + 0.5 \cdot Y \cdot B \cdot N_y$

Donde:

- $q_u$  = Capacidad de Carga limite en  $T/m^2$
- C = Cohesión del suelo en  $T/m^2$
- Y = Peso volumétrico del suelo en  $T/m^3$
- $D_f$  = Profundidad de desplante de la cimentación en metros
- B = Ancho de la zapata, en metros
- $N_c, N_q, N_y$  = Factores de carga obtenidos del gráfico

|        |              |                       |
|--------|--------------|-----------------------|
| DATOS: | $S = 7.97$   | $q_u = 21.28 T/m^2$   |
|        | $C = 0.37$   | $q_c = 2.13 Kgl/cm^2$ |
|        | $Y = 1.60$   |                       |
|        | $D_f = 1$    |                       |
|        | $B = 1.20$   |                       |
|        | $N_c = 7.46$ |                       |
|        | $N_q = 1.70$ |                       |
|        | $N_y = 0.16$ |                       |

\* Factor de seguridad (FS=3)

**PRESION ADMISIBLE**

$q_a = 0.71 Kgl/cm^2$

**JVC**  
Laboratorio de Suelos, Control y Muestreo

Ing. Jonathan Yzasega Patino  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 195965

**JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.**  
Ing. Victor de los Angeles Aguilar Diaz  
GERENTE GENERAL

Av. Los Laureles #725 - 9 de octubre - Chiclayo    consultoriageotecniajvc@gmail.com

**CALCULO DE ASENTAMIENTOS CIMENTACION**

---

PROYECTO: DISEÑO DEL MEJORAMIENTO DE LA RED DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN EL CENTRO POBLADO PAY PAY, YONÁN, CONTUMAZA, CAJAMARCA

SOLICITANTE: PLASENCIA ANGULO, JORGE ANTONIO / TEJADA CERNA, MAGALY GABRIELA

UBICACIÓN: C.P. PAY PAY - YONÁN - CONTUMAZA - CAJAMARCA

FECHA: JUNIO DEL 2020

C - 2    M-3    1.50 m

Datos:

|                |      |
|----------------|------|
| $q_{adm}$      | 0.88 |
| B              | 1.20 |
| $E_s$          | 1800 |
| $\mu$          | 0.24 |
| L <sub>u</sub> | 0.30 |

**CALCULO DE ASENTAMIENTOS (CIMENTACION)**

$S = q_s \cdot B \cdot (1 - \mu^2) \cdot I_f$

Donde:

- S = asentamiento (cm)
- $q_s$  = esfuerzo neto transmisible ( $Kg/cm^2$ )
- B = ancho de cimentación (cm)
- $E_s$  = módulo de elasticidad ( $Kg/cm^2$ )
- $\mu$  = relación de poisson
- $I_f$  = factor de influencia que depende de la forma de rigidez de la cimentación

$S = 0.11 \text{ cm}$

**JVC**  
Laboratorio de Suelos, Control y Muestreo

Ing. Jonathan Yzasega Patino  
ING. CIVIL  
R. CIP. N° 195965

**JVC CONSULTORIA GEOTECNIA S.A.C.**  
Ing. Victor de los Angeles Aguilar Diaz  
GERENTE GENERAL

Figura 46. Capacidad Portante C-2 y Cálculo de asentamiento C-2  
Fuente: Elaboración propia.

## ANEXO 4

### CÁLCULOS DE DISEÑO

#### Cálculo estructural de la captación

➤ Cámara húmeda:

Datos:

|  |  |
|--|--|
| Altura de la caja para cámara húmeda   | Ht = 1.30m                               |
| Altura del suelo                       | Hs = 1.00m                               |
| Ancho de pantalla                      | b = 2.30m                                |
| Espesor de muro                        | e <sub>m</sub> =0.15m                    |
| Peso específico del suelo              | gs = 1600 kg/m <sup>3</sup>              |
| Ángulo de rozamiento interno del suelo | Ø= 7.97°                                 |
| Coefficiente de fricción               | m = 0.42                                 |
| Peso específico del concreto           | gc = 2400 kg/m <sup>3</sup>              |
| Capacidad de carga del suelo           | s <sub>t</sub> = 0.89 kg/cm <sup>2</sup> |

Empuje del suelo sobre el muro (P):

Coefficiente de empuje  $C_{ah} = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \Rightarrow C_{ah} = 0.7565$

Empuje sobre el muro  $P = \frac{C_{ah} \cdot \gamma_s \cdot (H_s + e_b)^2}{2} \Rightarrow P = 605.17 \text{kg}$

$Y = \left(\frac{H_s}{3}\right) \Rightarrow Y = 0.33$

Momento de vuelco (Mo):  $Mo = P \times Y \Rightarrow Mo = 201.72 \text{ Kg.m}$

Momento de estabilización (Mr) y el peso W:

$$M_r = W \cdot X$$

Dónde:

W = peso de la estructura

X = distancia al centro de gravedad

$$W_1 = em.Ht.\gamma_c$$

$$W_1 = 468\text{kg}$$

$$X_1 = \left(\frac{b}{2} + \frac{em}{2}\right)$$

$$X_1 = 1.23\text{m}$$

$$M_{r1} = W_1.X_1$$

$$M_{r1} = 573.30\text{Kg.m}$$

Para verificar si el momento resultante pasa por el tercio central se aplica la siguiente expresión:

$$a = \frac{M_r + M_o}{W}$$

Dónde:

$$M_r = M_{r1} = 573.30 \text{ Kg.m}$$

$$M_o = 201.72 \text{ Kg.m}$$

Reemplazando los valores en la expresión se calculó que el valor de "a" es de 0.79m.

Chequeo por volteo:

$$C_{dv} = \frac{M_r}{M_o} > 1.6$$

$$C_{dv} = 2.8422 > 1.6 \text{ ¡Cumple!}$$

Chequeo por deslizamiento:

$$F = \mu.W \Rightarrow F = 196.56; F = 0.1966$$

$$C_{dd} = \frac{F}{P} \Rightarrow C_{dd} = 0.32 > 0.199 \text{ ¡Cumple!}$$

Chequeo para la max. carga unitaria:

$$L = \frac{b}{2} + em \Rightarrow L = 1.30\text{m}$$

$$P_1 = (4L - 6a) \frac{W}{L^2} \Rightarrow P_1 = 0.01 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_1 = (6a - 2L) \frac{W}{L^2} \Rightarrow P_1 = 0.06 \text{ Kg/cm}^2$$

El mayor valor que resulte de los  $P_1 \leq S_t$

$$0.06 \text{ Kg/cm}^2 \leq 0.89 \text{ Kg/cm}^2 \text{ ¡Cumple!}$$

Acero horizontal en muros:

Datos de Entrada

Altura (Hp) = 1.30m

P.E. Suelo(W) = 1.60Tn/m<sup>3</sup>

F'c = 280 Kg/cm<sup>2</sup>

Fy = 4200 Kg/cm<sup>2</sup>

Capacidad del terreno (Qt) = 0.89Kg/cm<sup>2</sup>

Ángulo de fricción  $\phi = 7.97^\circ$

S/C = 300Kg/cm<sup>2</sup>

Luz libre (LL) = 2.30m

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \phi / 2) \Rightarrow K_a = 0.755$$

Calculamos  $P_t$  para (7/8) H de la base

$$P_t = K_a * w * H_p \Rightarrow P_t = 1.37 \text{ Tn/m}^2 \text{ Empuje del terreno}$$

$$E = 75\% P_t \Rightarrow E = 1.03 \text{ Tn/m}^2 \text{ Sismo}$$

$$P_u = 1.0 * E + 1.6 * H \Rightarrow P_u = 3.23 \text{ Tn/m}^2$$

Asumimos espesor de muro:

$$E_m = 0.15\text{m}; \quad d = 9.37 \text{ cm}$$

$$M(+)= \frac{P_t * L^2}{16} \quad M (+) = 1.07 \text{ Tn.m}$$

$$M(-)= \frac{P_t * L^2}{12} \quad M (-) = 1.42 \text{ Tn.m}$$

Cálculo del Acero de Refuerzo  $A_s$ :

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y (d - a / 2)} \quad a = \frac{A_s * F_y}{0.85 f'_c b}$$

Datos

$$M_u = 1.42 \text{ Tn.m}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$F'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$d = 9.37 \text{ cm}$$

Cálculo del Acero de Refuerzo:

Acero mínimo

$$A_{s_{\min}} = 0.0018 * b * d \quad A_{s_{\min}} = 1.69 \text{ cm}^2$$

Se realizaron ocho iteraciones donde se encontró en la iteración número ocho que el valor de  $A_s = 4.19 \text{ cm}^2$ , para dicha área se empleará acero de refuerzo de  $\varnothing 3/8" @ 0.15 \text{ m}$  en ambas caras

#### Acero vertical en muros tipo m4

Datos de Entrada

$$\text{Altura (Hp)} = 1.30 \text{ m}$$

$$\text{P.E. Suelo (W)} = 1.60 \text{ Tn/m}^3$$

$$F'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Capacidad del terreno (Qt)} = 0.89 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Ángulo de fricción } \varnothing = 7.97^\circ$$

$$S/C = 300 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Luz libre (LL)} = 2.30 \text{ m}$$

Cálculo de momentos (+) y (-):

$$M(-) = 1.70 * 0.03 * (K_a * w) * H_p * H_p * (LL)$$

$$M(-) = 0.24 \text{ Tn.m}$$

$$M(+) = (M-)/4$$

$$M(+) = 0.06 \text{ Tn.m}$$

Incluyendo carga de sismo igual al 75.0% de la carga de empuje del terreno.

Los nuevos momentos (+) y (-) serán:

$$M(-) = 0.42 \text{ Tn.m}$$

$$M(+) = 0.10 \text{ Tn.m}$$

Dónde:

$$Mu = 0.42 \text{ Tn.m}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Fy = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$d = 9.37 \text{ cm}$$

Cálculo del Acero de Refuerzo:

$$A_{s\min} = 0.0018 * b * d$$

Se realizaron cinco iteraciones donde se encontró en la iteración número cinco que el valor de  $A_s = 1.69 \text{ cm}^2$ , para dicha área se empleará acero de refuerzo de  $\varnothing 3/8" @ 0.15 \text{ m}$  en ambas caras

➤ Cámara seca:

Datos:

|  |                              |
|--|------------------------------|
| Altura de la caja para cámara seca     | Ht = 0.90m                   |
| Altura del suelo                       | Hs = 0.70m                   |
| Ancho de pantalla                      | b = 1.05m                    |
| Espesor de muro                        | $e_m = 0.15 \text{ m}$       |
| Peso específico del suelo              | $g_s = 1600 \text{ kg/m}^3$  |
| Ángulo de rozamiento interno del suelo | $\phi = 7.97^\circ$          |
| Coefficiente de fricción               | m = 0.42                     |
| Peso específico del concreto           | $g_c = 2400 \text{ kg/m}^3$  |
| Capacidad de carga del suelo           | $s_t = 0.89 \text{ kg/cm}^2$ |

Empuje del suelo sobre el muro (P):

$$\text{Coeficiente de empuje} \quad C_{ah} = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \quad \Rightarrow \quad C_{ah} = 0.756$$

$$\text{Empuje sobre el muro} \quad P = \frac{C_{ah} \cdot \gamma_s \cdot (H_s + e_b)^2}{2} \quad \Rightarrow \quad P = 296.53 \text{ kg}$$

$$Y = \left(\frac{Hs}{3}\right) \Rightarrow Y = 0.23\text{m}$$

Momento de vuelco (Mo):  $Mo = P \times Y \Rightarrow Mo = 69.19 \text{ Kg.m}$

Momento de estabilización (Mr) y el peso W:

$$M_r = W \cdot X$$

Dónde:

W = peso de la estructura

X = distancia al centro de gravedad

$$W_1 = em \cdot Ht \cdot \gamma c$$

$$W_1 = 324\text{kg}$$

$$X_1 = \left(\frac{b}{2} + \frac{em}{2}\right)$$

$$X_1 = 0.60\text{m}$$

$$M_{r1} = W_1 \cdot X_1$$

$$M_{r1} = 194.40\text{Kg.m}$$

Para verificar si el momento resultante pasa por el tercio central se aplica la siguiente expresión:

$$a = \frac{M_r + M_o}{W}$$

Dónde:

$$M_r = M_{r1} = 573.30 \text{ Kg.m}$$

$$M_o = 201.72 \text{ Kg.m}$$

Reemplazando los valores en la expresión se calculó que el valor de "a" es de 0.39m.

Chequeo por volteo:

$$C_{dv} = \frac{M_r}{M_o} > 1.6$$

$$C_{dv} = 0.46 > 1.6 \text{ ¡Cumple!}$$

Chequeo por deslizamiento:

$$F = \mu \cdot W \Rightarrow F = 136.10; F = 0.136$$

$$C_{dd} = \frac{F}{P} \Rightarrow C_{dd} = 0.46 > 0.136 \text{ ¡Cumple!}$$

Chequeo para la máx. carga unitaria:

$$L = \frac{b}{2} + em \quad \Rightarrow \quad L = 0.68m$$

$$P_1 = (4L - 6a) \frac{W}{L^2} \quad \Rightarrow \quad P_1 = 0.03 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_1 = (6a - 2L) \frac{W}{L^2} \quad \Rightarrow \quad P_1 = 0.07 \text{ Kg/cm}^2$$

El mayor valor que resulte de los  $P_1 \leq S_t$

$$0.07 \text{ Kg/cm}^2 \leq 0.89 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{¡Cumple!}$$

Acero horizontal en muros:

Datos de Entrada

Altura ( $H_p$ ) = 0.90m

P.E. Suelo( $W$ ) = 1.60Tn/m<sup>3</sup>

$F'c$  = 210 Kg/cm<sup>2</sup>

$F_y$  = 4200 Kg/cm<sup>2</sup>

Capacidad del terreno ( $Q_t$ ) = 0.89Kg/cm<sup>2</sup>

Ángulo de fricción  $\emptyset = 7.97^\circ$

S/C = 300Kg/cm<sup>2</sup>

Luz libre (LL) = 1.05m

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \emptyset / 2) \quad \Rightarrow \quad K_a = 0.755$$

Calculamos  $P_t$  para (7/8) H de la base

$$P_t = K_a * w * H_p \quad \Rightarrow \quad P_t = 0.95 \text{ Tn/m}^2 \quad \text{Empuje del terreno}$$

$$E = 75\% P_t \quad \Rightarrow \quad E = 0.71 \text{ Tn/m}^2 \quad \text{Sismo}$$

$$P_u = 1.0 * E + 1.6 * H \quad \Rightarrow \quad P_u = 2.24 \text{ Tn/m}^2$$

Asumimos espesor de muro:

$$E_m = 0.15\text{m}; \quad d = 9.37 \text{ cm}$$

$$M(+)=\frac{P_t * L^2}{16} \quad M (+)=0.15 \text{ Tn.m}$$

$$M(-)=\frac{P_t * L^2}{12} \quad M (-)=0.21 \text{ Tn.m}$$

Cálculo del Acero de Refuerzo  $A_s$ :

$$A_s = \frac{M_u}{\phi F_y (d - a/2)} \quad a = \frac{A_s * F_y}{0.85 f'_c b}$$

Datos

$$M_u = 0.21 \text{ Tn.m}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$F'_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$d = 9.37 \text{ cm}$$

Cálculo del Acero de Refuerzo

Acero mínimo

$$A_{s \text{ min}} = 0.0018 * b * d \quad A_{s \text{ min}} = 1.69 \text{ cm}^2$$

Se realizaron ocho iteraciones donde se encontró en la iteración número ocho que el valor de  $A_s = 4.19 \text{ cm}^2$ , para dicha área se empleará acero de refuerzo de  $\emptyset 3/8" @ 0.15 \text{ m}$  en ambas caras.

Acero vertical en muros tipo m4

Datos de Entrada

$$\text{Altura (Hp)} = 0.90 \text{ m}$$

$$\text{P.E. Suelo (W)} = 1.60 \text{ Tn/m}^3$$

$$F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Capacidad del terreno (Qt)} = 0.89 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Ángulo de fricción } \emptyset = 7.97^\circ$$

$$S/C = 300\text{Kg/cm}^2$$

$$\text{Luz libre (LL)} = 1.05\text{m}$$

Cálculo de momentos (+) y (-):

$$M(-) = 1.70 \cdot 0.03 \cdot (K_a \cdot w) \cdot H_p \cdot H_p \cdot (LL)$$

$$M(-) = 0.05 \text{ Tn.m}$$

$$M(+) = (M-)/4$$

$$M(+)=0.01 \text{ Tn.m}$$

Incluyendo carga de sismo igual al 75.0% de la carga de empuje del terreno.

Los nuevos momentos (+) y (-) serán:

$$M(-) = 0.09 \text{ Tn.m}$$

$$M(+) = 0.02 \text{ Tn.m}$$

Dónde:

$$M_u = 0.09 \text{ Tn.m}$$

$$b = 100 \text{ cm}$$

$$F'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$d = 9.37 \text{ cm}$$

Cálculo del Acero de Refuerzo:

$$A_{s_{\min}} = 0.0018 \cdot b \cdot d$$

Se realizaron cinco iteraciones donde se encontró en la iteración número cinco que el valor de  $A_s = 1.69 \text{ cm}^2$ , para dicha área se empleará acero de refuerzo de  $\emptyset 3/8" @ 0.15 \text{ m}$  en ambas caras.

Diseño de la losa de fondo:

Datos de Entrada

$$\text{Altura (H)} = 0.150\text{m}$$

$$\text{Ancho (A)} = 0.90\text{m}$$

$$\text{Largo (L)} = 1.05\text{m}$$

$$\text{P.E. Concreto (Wc)} = 2.40\text{Tn/m}^3$$

P.E. Agua ( $W_w$ ) =  $1.00 \text{ Tn/m}^3$

Altura de agua ( $H_a$ ) =  $0.00 \text{ m}$

Capacidad del terreno ( $Q_t$ ) =  $0.89 \text{ Kg/cm}^2$

Peso de la estructura:

- Losa =  $0.3402 \text{ Tn}$

- Muros =  $1.5048 \text{ Tn}$

Peso del agua:  $0 \text{ Tn}$

Peso total de la estructura ( $P_t$ ) =  $1.845 \text{ Tn}$

Área de la losa =  $6.3 \text{ m}^2$

Reacción neta del terreno =  $1.2 * P_t / \text{Área} = 0.35 \text{ Tn/m}^2$

$Q_{\text{neto}} = (\text{Reacción neta del terreno} / 10) = 0.035 \text{ Kg/cm}^2$

Verificar que se cumpla la siguiente expresión:  $Q_{\text{neto}} < Q_t$

$0.035 \text{ Kg/cm}^2 < 0.89 \text{ Kg/cm}^2$  ¡Cumple!

La altura de la losa ( $H$ ) es de  $0.15 \text{ m}$ , para la cual se usará acero de refuerzo con un  $A_{\text{min}}$  de  $2.574 \text{ cm}^2$ , el acero de refuerzo que se aplicará es de  $\text{Ø}3/8" @ 0.25$  ambos sentidos.

## Diseño estructural de los pases aéreos

- Pase aéreo  $L = 30$  m
  - Longitud = 30 m
  - Diámetro de la tubería de agua = 2"
  - Material de la tubería de agua = HDPE
  - Separación entre péndolas = 1 m
  - Velocidad del viento = 10Km/hr
  - Factor de Zona sísmica = 0.35 (Zona 3)
  - $f'c = 210\text{Kg/cm}^2$
  - $F'y = 4200\text{Kg/cm}^2$
  - Recubrimiento de la Zapata = 7cm
  - Capacidad portante del suelo =  $0.89\text{Kg/cm}^2$
  - $\gamma_s$  Suelo =  $1600\text{Kg/m}^3$
  - $\gamma_C^\circ$  Concreto Armado =  $2400\text{Kg/cm}^3$
  - $\gamma_C^\circ$  Concreto Simple =  $2300\text{Kg/cm}^3$
  - Angulo fricción interna suelo ( $\phi$ ) =  $7.97^\circ$

### Flecha de cable:

$$F_{c1} = LP/11 \quad F_{c1} = 2.7\text{m} \quad \text{Considerar } F_c = 3.3\text{m}$$

$$F_{c2} = LP/9 \quad F_{c2} = 3.3\text{m}$$

### Altura de la torre de suspensión:

Altura debajo de la Tubería = 0.5m

Altura Mínima de la Tubería a la Péndula = 0.5m

Altura de Profundización Para Cimentación = 1.20m

Altura de Columna = 5.1m

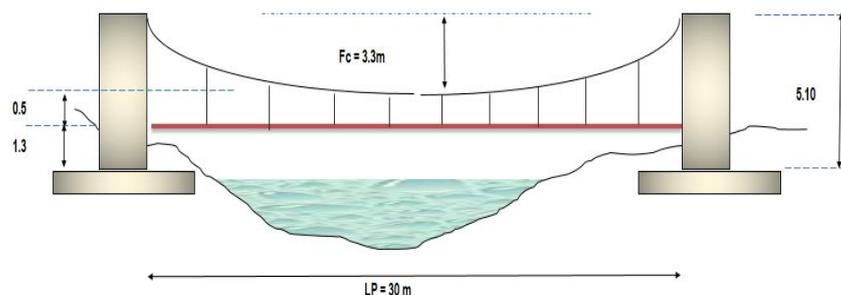


Figura 47. Detalle de pase aéreo de 30 metros

Fuente: Elaboración propia.

## A. Diseño de péndolas y cable principal

Carga Muerta (WD) = 7.7Kg/m

- Peso de tubería = 0.72Kg/m
- Peso del agua = 2Kg/m
- Peso accesorio (grapas, otros) = 5.0Kg/m

Carga Viva (WL) = 15Kg/m

- Peso de una persona por tubería = 15Kg/m

Carga de Viento (WV) = 0.04Kg/m

- Velocidad del viento a 20 m de altura = 10.9Kg/m
- Presión del viento = 0.72Kg/m

Carga última (Wu)

Carga Ultima (Wu) =  $0.75 \cdot (1.4w_d + 1.7w_l + 1.7w_v) = 28\text{Kg/m}$

Factores de Seguridad

- Factor de seguridad para el diseño de Péndolas = 5
- Factor de seguridad para el diseño del cable principal = 5

### A.1.- Diseño de péndolas

Peso total de la péndola = 28Kg

Factor de seguridad a la tensión (3 - 5) = 5

Tensión de la péndola = 0.14Tn

Se adopta Cable Tipo Boa (6x19) para péndolas de = ¼"

Tensión a la rotura = 2.67Tn

Cantidad de péndolas = 29 unidades

Longitud total de péndolas = 43.77m

### A.2.- Diseño de cables principales

Asumimos diámetro = ½"

Carga Muerta (WD) = 8.6 Kg/m

- Carga Muerta de la péndola (WDp) = 7.7 Kg/m
- Peso de cable péndola = 0.2Kg/m
- Peso de cable Principal = 0.7Kg/m

Carga Viva (WL)

- Peso de una persona por tubería = 15Kg/m

Carga de Viento (WV) = 0.04 Kg/m

Carga Ultima (WU) = WD+WL+WV = 29Kg/m

Tensiones

- Tensión Horizontal (TH) = 988.64Kg
- Tensión Máxima Servicio (T max.ser) = 1080.1Kg
- Tensión Vertical (TV) = 1464.3Kg

Diseño de Cable

- Factor de seguridad a la tensión (2 -5) = 5
- $T_{max.rotr} = T_{max.ser} \times F_s = 5.4T_n$

Se adoptará para el diseño de los cables principales el cable tipo Boa 6 x 19 de  $\varnothing \frac{1}{2}$ "

B. Diseño de la cámara de anclaje

- Capacidad portante admisible del terreno = 0.89Kg/cm<sup>2</sup>
- Peso unitario del terreno  $P_u = 1600 \text{ Kg/m}^3$
- Calidad del concreto (cámara de anclaje)  $f'_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$
- Angulo de fricción interna "  $\phi$  " = 7.97
- Angulo de salida del cable principal = 45°
- $E_t$  (Empuje del estrato de tierra)  
 $E_t = P_u \cdot H^2 \cdot \text{prof} \cdot (\tan(45 - \phi/2))^2 / 2 = 1.0$
- $T_{max.ser} \cdot \text{SEN}(\phi) = 0.76T_n/m$
- $T_{max.ser} \cdot \text{COS}(\phi) = 0.76T_n/m$
- $W_p$  (peso propio de la cámara de anclaje)

$$W_p = P \cdot u \text{ concreto} \cdot H \cdot b \cdot \text{prof} = 3.9 \text{ Tn}$$

- $d = (\text{suma de momentos}) / (\text{suma de fuerzas verticales})$

$$d = 0.662 \text{ m} = 0.7 \text{ m}$$

- $e$  (excentricidad de la resultante de fuerzas)

$$e = -0.012 \quad ; \quad b/3 = 0.4 \quad ; \quad e < b/3 \quad \text{¡Cumple!}$$

- $q$  (presión con que actúa la estructura sobre el terreno)

$$q = (\text{suma Fzas. verticales} / \text{Área}) \cdot (1 \pm 6 \cdot e / b)$$

$$q_1 = [(W_p - T_{\text{max.ser}} \cdot \text{SEN}(\alpha)) / (b \cdot \text{prof})] \cdot (1 + 6 \cdot e / b)$$

$$q_1 = 0.2267 < q_{\text{portante}} = 0.89 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{¡Cumple!}$$

$$q_2 = [(W_p - T_{\text{max.ser}} \cdot \text{SEN}(\alpha)) / (b \cdot \text{prof})] \cdot (1 - 6 \cdot e / b) = 0.2538$$

$$q_2 = 0.2538 < q_{\text{portante}} = 0.89 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{¡Cumple!}$$

(verificar in situ)

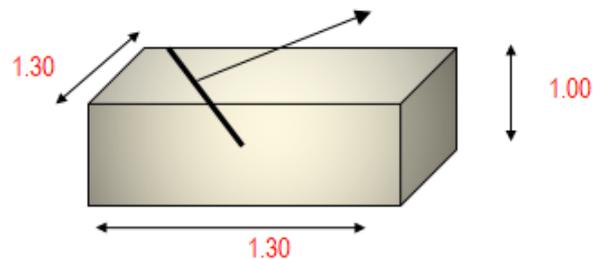


Figura 48. Diseño de la cámara de anclaje

Fuente: Elaboración propia

Análisis de los factores de seguridad

F.S.D (Factor de seguridad al deslizamiento)

F.S.D = (Fzas. estabilizadoras / Fzas. desestabilizadoras)

$$F.S.D = [(W_p - T_{\text{max.ser}} \cdot \text{SEN}(\alpha)) \cdot U] / [T_{\text{max.ser}} \cdot \text{COS}(\alpha)]$$

$$F.S.D = 3.1 > 1.75 \quad \text{¡Cumple!}$$

F.S.V (Factor de seguridad al volteo)

F.S.V = (Momentos estabilizadores / Momentos desestabilizadores)

$$F.S.V = (W_p \cdot b/2) / (T_{\text{max.ser}} \cdot \text{SEN}(\alpha) \cdot X_1 + T_{\text{max.ser}} \cdot \text{COS}(\alpha) \cdot Y_1)$$

$$F.S.V = 5.5 > 2 \quad \text{¡Cumple!}$$

C. Cimentación

Dimensionamiento

- Sobre carga piso =  $1700 \text{ Kg/cm}^2$

- Profundidad de desplante (Df) = 1.20m
- Diámetro de Acero Columna=5/8"
- Cálculo del peralte (ld)=14.49cm
- Altura de Zapata teórica=22.12cm
- Altura de Zapata Asumida (hc)=0.40m
- ht=0.80m
- Cálculo de Presión de suelo (qm)  
 $q_m = q_a - g_t \times h_t - g_c \times h_c - s/c = 0.85 \text{Kg/cm}^2$
- Tensión Vertical =  $T_H \cdot \text{Sen}(\theta) = 988.64 \text{Kg}$
- Peso de la Columna (Ps) = 2478.6Kg
- Peso sobre la columna (Ps) = 3467.24Kg
- Cálculo de Área de Zapata  
 $A_z = P_s / q_m = A_z = 4079.10 \text{cm}^2$
- $T = \sqrt{A_z \cdot 5} + ((t - b) / 2) = T = 64 \text{cm}$
- $B = \sqrt{A_z \cdot 5} - ((t - b) / 2) = B = 64 \text{cm}$

Dimensiones a Usar:

T = 230cm

B = 150cm

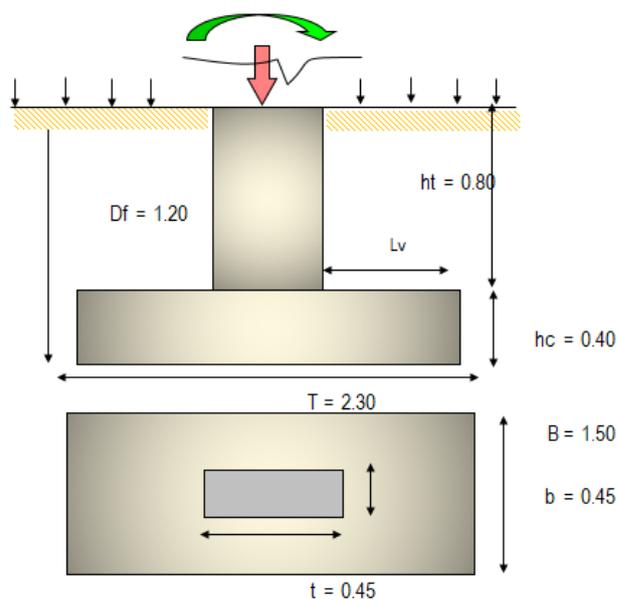


Figura 49. Cimentación del pase aéreo 30m

Fuente: Elaboración propia.

### Verificación por corte ( $\phi = 0.85$ )

Verificación de la reacción amplificada ( $q_{mu}$ ) = 0.14Kg/cm<sup>2</sup>

Por flexión

- Diámetro de Acero Zapata = 1/2"
- Peralte de la zapata ( $d_z$ ) = 31.73cm

$$L_v = (T - t) / 2 = 92.50\text{cm}$$

$$V_u = q_{mu} * B * (L_v - d_z) = 16.46$$

$$V_u \leq \phi v_c \text{ ¡Cumple!}$$

Por punzonamiento

- $V_u = P_u - q_{mu} * m * n = 4025.76\text{Kg}$
  - $b_o = 2 x_m + 2 x_{dz} = 306.92\text{cm}$
  - $b_c = t/b = 1.00$
  - $V_c = 0.27 x (2 + 4/b_c) x \sqrt{f'c} x b_o x d_z = 228623.00\text{Kg}$   
 $\phi v_c = 194329.55\text{Kg}$
  - $V_c = 1.1 x \sqrt{f'c} x b_o x d_z = 155237.84\text{Kg}$   
 $\phi v_c = 13195.16\text{Kg}$
- $$V_u \leq \phi v_c \text{ ¡Cumple!}$$

### Cálculo del refuerzo ( $\phi = 0.90$ )

Dirección longitudinal

- $L_v = (T - t) / 2 = 92.50\text{cm}$
- $M_u = q_{mu} x B x L_v^2 / 2 = 90289.47\text{Kg.cm}$
- $A_s = M_u / (\phi x f_y x (d_z - a/2)) = 0.75\text{cm}$
- $a = A_s x f_y / (0.85 x f'c x B) = 0.12\text{cm}$
- $A_{s \text{ mín}} = 0.0018 x B x d = 8.57\text{cm}^2$

Se usará diámetro de  $\phi 1/2$ ", un total de 8 varillas cada 0.15m, se contará con  $A_s$  total de 10.16cm<sup>2</sup>.

Dirección transversal:

- $L_v = (T - t) / 2 = 52.50\text{cm}$
- $M_u = q_{mu} x B x L_v^2 / 2 = 44597.33\text{Kg.cm}$
- $A_s = M_u / (\phi x f_y x (d_z - a/2)) = 0.37\text{cm}$
- $a = A_s x f_y / (0.85 x f'c x B) = 0.04\text{cm}$

- $A_s \text{ mín} = 0.0018 \times B \times d = 13.14 \text{cm}^2$
- $A_s \text{ transversal} = 13.14 \text{cm}^2$

Se usará diámetro de  $\varnothing 1/2''$ , un total de 12 varillas cada 0.15m, se contará con  $A_s$  total de  $15.24 \text{cm}^2$ .

Verificación de la conexión columna - zapata ( $\phi = 0.70$ ) :

- Resistencia al Aplastamiento Sobre la Columna

$$P_u = (1.4 \cdot P_D + 1.7 \cdot P_L) = 4854.13 \text{Kg}$$

$$P_n = P_u / \phi = 6934.47 \text{Kg}$$

$$A_c = t \times b = 2025 \text{cm}^2$$

$$P_{nb} = 0.85 \times f'_c \times A_c = 361462.50 \text{Kg}$$

- Resistencia en el Concreto de la Cimentación

$$P_n = P_u / \phi = 6934.47 \text{Kg}$$

$$A_2 = T^2 \times b/t = 46575000.00 \text{cm}^2$$

$$A_o = \sqrt{(A_2/A_c)} \times A_c =$$

$$A_o \leq 2 \times A_c = 2.00 A_c$$

$$P_{nb} = 0.85 \times f'_c \times A_o = 722925.00 \text{Kg}$$

$$P_n < P_{nb} \text{ ¡Cumple!}$$

- Refuerzo Adicional Mínimo

$$A_s = (P_u - \phi P_n) / \phi f_y = 0.00 \text{cm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 0.005 \times A_c = 10.13 \text{cm}^2$$

$A_{sc}$  = área de acero de la columna

$$A_{sc} = 4 \varnothing 1/2'' = 5.16 \text{cm}^2; \text{ se usará el } A_s \text{ min.}$$

#### D. Diseño de la torre de suspensión

##### Cálculo de las fuerzas sísmicas por reglamento

- Factor de importancia (U) = 1.50
- Factor de suelo (S) = 1.20
- Coeficiente sísmico (C) = 2.50
- Factor de ductilidad (Rd) = 8.00
- Factor de Zona (Z) = 0.35
- Angulo de salida del cable Torre-cámara = 45°

- Angulo de salida del cable Torre-Puente =15°

### Dimensionamiento del torreón

- Fs (Fuerza sísmica en la base)  
Fs= (S.U.C.Z / Rd) \*Peso de toda la estructura = 0.49Tn

### Análisis de estabilidad

- Tmax.ser\*SEN(o2)= 0.3Tn.m
- Tmax.ser\*COS(o2)=1.0Tn.m
- Tmax.ser\*SEN(o)=0.8Tn.m
- Tmax.ser\*COS(o)= 0.8Tn.m
- Wp (peso propio de la torre-zapata)  
Wp=P.u concreto\*volumen total ; Wp= 2.5Tn ; Wz=3.3Tn
- d=( suma de momentos)/(suma de fuerzas verticales) d = 0.8m
- e (excentricidad de la resultante de fuerzas) e=0.342<  
b/3=0.8¡Cumple!
- q ( presión con que actúa la estructura sobre el terreno)

$$q_1=[(W_p+W_z+T_{\max.ser*SEN(o_2)}+T_{\max.ser*SEN(o)})/(b*prof)]*(1+6*e/b)=0.40$$

$$q_2=[(W_p+W_z+T_{\max.ser*SEN(o_2)}+T_{\max.ser*SEN(o)})/(b*prof)]*(1-6*e/b)=0.02$$

$$q_1 \text{ y } q_2 < q_{\text{portante}} \text{ ¡Cumple!}$$

### Análisis de los factores de seguridad

- F.S.D (Factor de seguridad al deslizamiento)  
F.S.D =[ (Wp+Wz +Tmax.ser\*SEN(o2)+Tmax.ser\*SEN(o))\*U ]  
F.S.D = 4.4>1.5 ¡Cumple!
- F.S.V (Factor de seguridad al volteo)  
F.S.V=(Momentos estabilizadores/ Momentos desestabilizadores)  
F.S.V = 2.5>1.75 ¡Cumple!

### Diseño por método a la rotura

- Por columna y voladizo  
Tmax.ser =1.08Tn.m  
Tmax.rot =1.62Tn.m

$$M_u = 3.02 \text{ Tn.m}$$

### Diseño de la columna a flexión

- $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
- $b = 45 \text{ cm}$
- $\varnothing \text{ Asum.} = 5/8''$
- Rec. Colm. = 3 cm
- $d = 41.21 \text{ cm}$
- $M_U = 3.02 \text{ Tn.m}$
- $w = 0.02$
- $A_s(\text{cm}^2) = 1.96 \text{ cm}^2$
- $A_s \text{ min} = 6.18 \text{ cm}^2$
- $A_s \text{ principal(+)} = 6.18 \text{ cm}^2$

Con el cálculo realizado se determinó que el número de varillas que usarán son 3 varillas en ambas de  $\varnothing 3/8''$ .

### Diseño de la columna a compresión

- $P_n(\text{max})$  [carga axial máxima resistente]  
$$P_n(\text{max}) = 0.80 * (0.85 * f'_c * (b * h - A_{st}) + A_{st} * f_y) = 309 \text{ Tn}$$
- $P_u$  [carga axial última actuante]  
$$P_u = W_p + T_{\text{max.rot}} * \text{SEN}(\alpha_2) + T_{\text{max.rot}} * \text{SEN}(\alpha) = 5.1 \text{ Tn}$$
$$P_u < P_n(\text{max}) \quad \text{¡Cumple!}$$

### Diseño de la columna por corte

- $V_U$  (cortante último)  
$$V_u = T_{\text{max.rot}} * \text{COS}(\alpha_2) - T_{\text{max.rot}} * \text{COS}(\alpha) + F_{s3} + F_{s2} + F_{s1} = 0.9 \text{ Tn}$$
- $V_{\text{con}} = f_i * (0.5 * (f'_c)^{0.5} + 175 * \frac{V_u * d}{M_u}) = 12 \text{ Tn}$
- $V$  que absorbe acero =  $V_{\text{ace}} = V_u - V_{\text{con}} = -11.1 \text{ Tn}$   
Los estribos presentan un  $\varnothing 3/8''$  y se ubicarán a 0.25m de separación.

### Resultados de diseño

- Diseño de péndolas:  
  
Peso Total de la Péndola = 28 Kg

Cable Adoptado = 1/4" Tipo Boa 6x19

Separación de Péndolas = 1.0m

Cantidad de Péndolas = 29 unidades

Longitud Total de Péndolas = 43.77m

- Diseño de cables principales:

Tensión Máxima en Cable = 5.40Tn

Cable Adoptado = 1/2" Tipo Boa 6x19

Tensión Máxima Admisible de Cable = 12.60Tn

- Diseño de cámara de anclaje:

Concreto Hidráulico  $f'c = 175 \text{Kg/cm}^2$

Angulo de salida del cable principal =  $45^\circ$

Distancia de Anclaje a la Columna = 5.10

Angulo de salida del cable =  $12.58^\circ$

- Diseño de torre y cimentación:

Concreto Hidráulico  $f'c = 210 \text{Kg/cm}^2$

Acero Grado 60 ( $F'y$ ) =  $4200 \text{Kg/cm}^2$

Largo de la torre = 0.45m

Ancho de la torre = 0.45m

Altura Total de Torre = 5.10m

Largo de la cimentación = 2.30m

Ancho de la cimentación = 1.50m

Altura de la cimentación = 0.40m

Profundidad de desplante = 1.20m

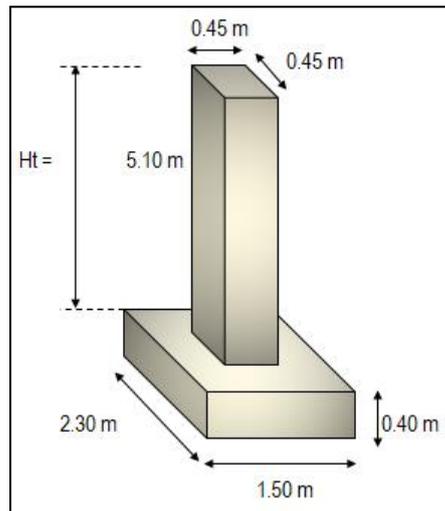


Figura 50. Diseño de torre y cimentación Pase Aéreo 30m

Fuente: Elaboración propia

- Detalle de armado de acero:

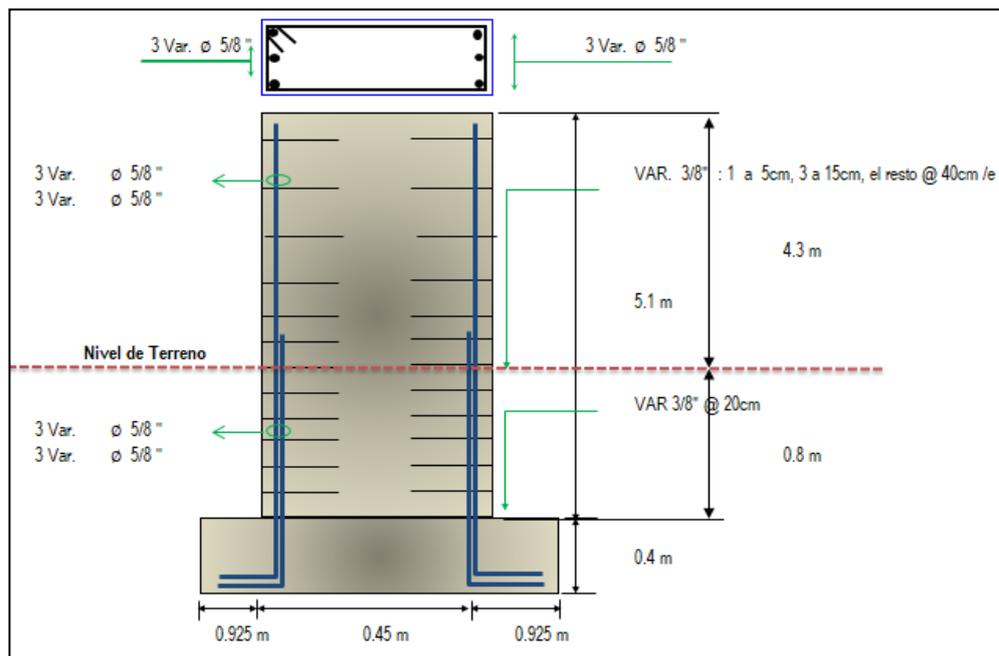


Figura 51. Diseño de armado de acero del Pase Aéreo 30m

Fuente: Elaboración propia.

➤ Pase aéreo L = 100 m

Datos:

Longitud = 100 m

Diámetro de la tubería de agua = 2"

Material de la tubería de agua = HDPE

Separación entre péndolas = 1m

Velocidad del viento = 10Km/hr

Factor de Zona sísmica = 0.35 (Zona 3)

$f'c = 210\text{Kg/cm}^2$

$F'y = 4200\text{Kg/cm}^2$

Recubrimiento de columna = 3cm

Recubrimiento de la Zapata = 7cm

Capacidad portante del suelo =  $0.89\text{Kg/cm}^2$

$\gamma_s \text{ Suelo} = 1600\text{Kg/m}^3$

$\gamma_C^\circ \text{ Concreto Armado} = 2400\text{Kg/cm}^3$

$\gamma_C^\circ \text{ Concreto Simple} = 2300\text{Kg/cm}^3$

Angulo fricción interna suelo ( $\phi$ ) =  $7.97^\circ$

Flecha de cable:

$Fc1 = LP/11$        $Fc1 = 2.7\text{m}$       Considerar  $Fc = 3.3\text{m}$

$Fc2 = LP/9$        $Fc2 = 3.3\text{m}$

Altura de la torre de suspensión:

Altura debajo de la Tubería = 0.5m

Altura Mínima de la Tubería a la Péndula = 0.5m

Altura de Profundización Para Cimentación = 2.20m

Altura de Columna = 13.40m

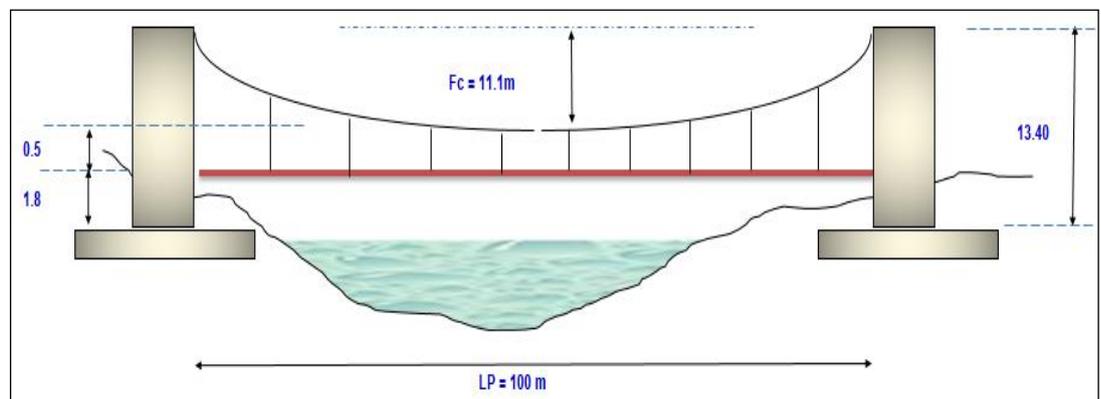


Figura 52. Detalle de pase aéreo de 100 metros

Fuente: Elaboración propia.

## A. Diseño de péndolas y cable principal

Carga Muerta (WD) = 7.7Kg/m

- Peso de tubería = 0.72Kg/m
- Peso del agua = 2Kg/m
- Peso accesorio (grapas, otros) = 5.0Kg/m

Carga Viva (WL) = 15Kg/m

- Peso de una persona por tubería = 15Kg/m

Carga de Viento (WV) = 0.04Kg/m

- Velocidad del viento a 20 m de altura = 10.9Kg/m
- Presión del viento = 0.72Kg/m

Carga última (Wu) =  $0.75*(1.4wd+1.7wl+1.7wv) = 28Kg/m$

Factores de Seguridad

- Factor de seguridad para el diseño de Péndolas =5
- Factor de seguridad para el diseño del cable principal = 5

A.1.- Diseño de péndolas

Peso total de la péndola = 28Kg

Factor de seguridad a la tensión (3 - 5) = 5

Tensión de la péndola = 0.14Tn

Se adopta Cable Tipo Boa (6x19) para péndolas de = ¼"

Tensión a la rotura = 2.67Tn

Cantidad de péndolas = 99 unidades

Longitud total de péndolas = 408.97m

A.2.- Diseño de cables principales

Asumimos diámetro = 1"

Carga Muerta (WD) = 8.6 Kg/m

- Carga Muerta de la péndola (WDp)= 7.7 Kg/m
- Peso de cable péndola = 0.2Kg/m
- Peso de cable Principal = 2.8Kg/m

#### Carga Viva (WL)

- Peso de una persona por tubería = 15Kg/m

Carga de Viento (WV) = 0.04 Kg/m

Carga Ultima (WU) = WD+WL+WV = 31Kg/m

#### Tensiones

- Tensión Horizontal (TH) = 3490.99Kg
- Tensión Máxima Servicio (T max.ser) =3819.6Kg
- Tensión Vertical (TV) = 5174.6Kg

#### Diseño de Cable

- Factor de seguridad a la tensión (2 -5) =5
- Tmax.rotr = Tmax.ser x Fs = 19.1Tn

Se adoptará para el diseño de los cables principales el cable tipo Boa 6 x 19 de Ø 1"

#### B. Diseño de la cámara de anclaje

- Capacidad portante admisible del terreno = 0.89Kg/cm<sup>2</sup>
- Peso unitario del terreno Pu= 1600 Kg/m<sup>3</sup>
- Calidad del concreto (cámara de anclaje) f'c= 175Kg/cm<sup>2</sup>
- Angulo de fricción interna " Ø " = 7.97
- Angulo de salida del cable principal = 35°
- Et (Empuje del estrato de tierra)  
Et= P.u\*H<sup>2</sup>\*prof\*\* $(\text{Tan}(45-\text{Ø}/2))^2 / 2 = 2.6$
- Tmax.ser\*SEN(o) = 2.19Tn/m
- Tmax.ser\*COS(o) = 2.19Tn/m
- Wp (peso propio de la cámara de anclaje)  
Wp = P.u concreto\*H\*b\*prof = 10.9Tn
- d= (suma de momentos) /(suma de fuerzas verticales)

$$d=1.007\text{m}= 1.00\text{m}$$

- e (excentricidad de la resultante de fuerzas)

$$e= -0.082 \quad ; \quad b/3= 0.6 \quad ; \quad e < b/3 \quad \text{¡Cumple!}$$

- q (presión con que actúa la estructura sobre el terreno)

$$q = (\text{suma Fzas. verticales} / \text{Área}) * (1 \pm 6 * e / b)$$

$$q_1 = [(W_p - T_{\text{max}} \cdot \text{ser} * \text{SEN}(\alpha)) / (b * \text{prof})] * (1 + 6 * e / b)$$

$$q_1 = 0.2288 < q_{\text{portante}} = 0.89 \text{Kg/cm}^2 \quad \text{¡Cumple!}$$

$$q_2 = [(W_p - T_{\text{max}} \cdot \text{ser} * \text{SEN}(\alpha)) / (b * \text{prof})] * (1 - 6 * e / b) = 0.2538$$

$$q_2 = 0.3953 < q_{\text{portante}} = 0.89 \text{Kg/cm}^2 \quad \text{¡Cumple!}$$

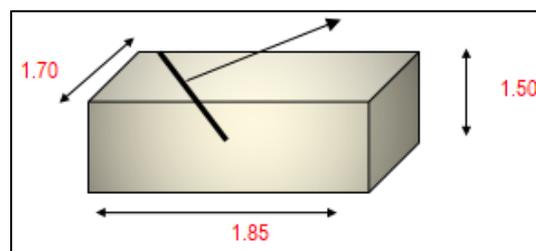


Figura 53. Diseño de la cámara de anclaje para el Pase Aéreo 100m

Fuente: Elaboración propia

Análisis de los factores de seguridad

F.S.D (Factor de seguridad al deslizamiento)

F.S.D=(Fzas. estabilizadoras/ Fzas.desestabilizadoras)

$$F.S.D = [ (W_p - T_{\text{max}} \cdot \text{ser} * \text{SEN}(\alpha)) * U ] / [ T_{\text{max}} \cdot \text{ser} * \text{COS}(\alpha) ]$$

$$F.S.D = 3.0 > 1.75 \quad \text{¡Cumple!}$$

F.S.V (Factor de seguridad al volteo)

F.S.V=(Momentos estabilizadores/ Momentos desestabilizadores)

$$F.S.V = (W_p * b/2) / ( T_{\text{max}} \cdot \text{ser} * \text{SEN}(\alpha) * X_1 + T_{\text{max}} \cdot \text{ser} * \text{COS}(\alpha) * Y_1 )$$

$$F.S.V = 7.6 > 2 \quad \text{¡Cumple!}$$

C. Cimentación

Dimensionamiento

- Sobre carga piso = 1700Kg/cm<sup>2</sup>
- Profundidad de desplante (Df) = 2.20m
- Diámetro de Acero Columna=1"
- Cálculo del peralte (ld)=23.19cm

- Altura de Zapata teórica=31.19cm
- Altura de Zapata Asumida (hc)=0.90m
- ht=1.30m
- Cálculo de Presión de suelo (qm)  
 $q_m = q_a - g_t x h_t - g_c x h_c - s/c = 0.83 \text{Kg/cm}^2$
- Tensión Vertical =  $T_H \cdot \text{Sen}(\theta) = 2444.42 \text{Kg}$
- Peso de la Columna (Ps) = 32160Kg
- Peso sobre la columna (Ps) = 34604.42Kg
- Cálculo de Área de Zapata  
 $A'z = P_s / q_m = A'z = 41692.07 \text{m}^2$
- $T = \sqrt{A'z \cdot 5} + ((t - b) / 2) = T = 204 \text{cm}$
- $B = \sqrt{A'z \cdot 5} - ((t - b) / 2) = B = 204 \text{cm}$

Dimensiones a Usar:

$$T = 620 \text{cm}$$

$$B = 600 \text{cm}$$

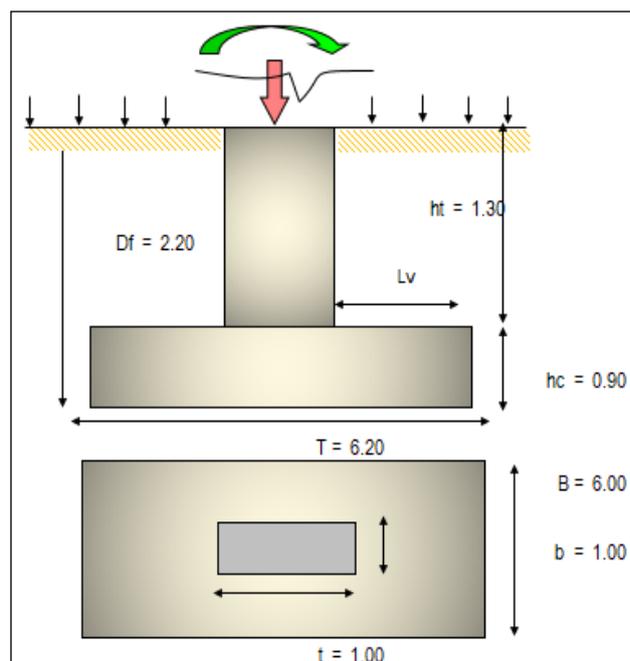


Figura 54. Cimentación del pase aéreo 100m

Fuente: Elaboración propia.

Verificación por corte ( $\phi = 0.85$ )

Verificación de la reacción amplificada ( $q_{mu}$ ) =  $0.13 \text{Kg/cm}^2$

Por flexión

- Diámetro de Acero Zapata = 1/2"
- Peralte de la zapata (dz) = 81.73cm

$$L_v = (T - t) / 2 = 260.00\text{cm}$$

$$V_u = q_{mu} * B * (L_v - dz) = 185.04$$

$$V_u \leq \phi v_c \text{ ¡Cumple!}$$

Por punzonamiento

- $V_u = P_u - q_{mu} * m * n = 44145.18\text{Kg}$
- $b_o = 2 x_m + 2 x_{dz} = 726.92\text{cm}$
- $b_c = t/b = 1.00$
- $V_c = 0.27 x (2 + 4/b_c) x \sqrt{f'c} x b_o x dz = 1394738.47\text{Kg}$   
 $\phi v_c = 1185527.70\text{Kg}$
- $V_c = 1.1 x \sqrt{f'c} x b_o x dz = 947044.64\text{Kg}$   
 $\phi v_c = 804987.94\text{Kg}$
- $V_u \leq \phi v_c \text{ ¡Cumple!}$

Cálculo del refuerzo ( $\phi = 0.90$ )

Dirección longitudinal

- $L_v = (T - t) / 2 = 260\text{cm}$
- $M_u = q_{mu} x B x L_v^2 / 2 = 2641098.50\text{Kg.cm}$
- $A_s = M_u / (\phi x f_y x (dz - a/2)) = 8.57\text{cm}$
- $a = A_s x f_y / (0.85 x f'c x B) = 0.34\text{cm}$
- $A_s \text{ mín} = 0.0018 x B x d = 88.27\text{cm}^2$

Se usará diámetro de  $\phi 3/4$ ", un total de 16 varillas en ambas direcciones cada 0.35m, se contará con  $A_s$  total de  $91.52\text{cm}^2$ .

Dirección transversal:

- $L_v = (T - t) / 2 = 250\text{cm}$
- $M_u = q_{mu} x B x L_v^2 / 2 = 2523238.83\text{Kg.cm}$
- $A_s = M_u / (\phi x f_y x (dz - a/2)) = 8.18\text{cm}$
- $a = A_s x f_y / (0.85 x f'c x B) = 0.31\text{cm}$
- $A_s \text{ mín} = 0.0018 x B x d = 91.21\text{cm}^2$

- $A_s \text{ transversal} = 91.21 \text{cm}^2$

Se usará diámetro de  $\varnothing 3/4''$ , un total de 16 varillas en ambas direcciones cada 0.40m, se contará con  $A_s$  total de  $91.52 \text{cm}^2$ .

Verificación de la conexión columna - zapata ( $\phi = 0.70$ ) :

- Resistencia al Aplastamiento Sobre la Columna

$$P_u = (1.4 \cdot P_D + 1.7 \cdot P_L) = 48446.19 \text{Kg}$$

$$P_n = P_u / \phi = 69208.84 \text{Kg}$$

$$A_c = t \times b = 10000 \text{cm}^2$$

$$P_{nb} = 0.85 \times f'_c \times A_c = 1785000 \text{Kg}$$

- Resistencia en el Concreto de la Cimentación

$$P_n = P_u / \phi = 69208.84 \text{Kg}$$

$$A_2 = T^2 \times b/t = 620000000.00 \text{cm}^2$$

$$A_o = \sqrt{(A_2 / A_c)} \times A_c = 249.00$$

$$A_o \leq 2 \times A_{co} = 2.00 A_c$$

$$P_{nb} = 0.85 \times f'_c \times A_o = 3570000.00 \text{Kg}$$

$$P_n < P_{nb} \text{ ¡Cumple!}$$

- Refuerzo Adicional Mínimo

$$A_s = (P_u - \phi P_n) / \phi f_y = 0.00 \text{cm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.005 \times A_c = 50.00 \text{cm}^2$$

$A_{sc}$  = área de acero de la columna

$$A_{sc} = 40.64 \text{cm}^2$$

$$4 \varnothing 1'' = 5.16 \text{cm}^2$$

$$4 \varnothing 1'' = 5.16 \text{cm}^2$$

Por lo tanto, se usará el  $A_s$  min.

#### D. Diseño de la torre de suspensión

##### Cálculo de las fuerzas sísmicas por reglamento

- Factor de importancia (U) = 1.50
- Factor de suelo (S) = 1.20
- Coeficiente sísmico (C) = 2.50
- Factor de ductilidad (Rd) = 8.00

- Factor de Zona (Z) =0.35
- Angulo de salida del cable Torre-cámara =35°
- Angulo de salida del cable Torre-Puente =15°

### Dimensionamiento del torreón

- Fs (Fuerza sísmica en la base)  
 $F_s = (S.U.C.Z / R_d) * \text{Peso de toda la estructura} = 6.33\text{Tn}$

### Análisis de estabilidad

- $T_{\max.ser} * \text{SEN}(\alpha) = 1.0\text{Tn.m}$
- $T_{\max.ser} * \text{COS}(\alpha) = 3.7\text{Tn.m}$
- $T_{\max.ser} * \text{SEN}(\alpha) = 2.2\text{Tn.m}$
- $T_{\max.ser} * \text{COS}(\alpha) = 3.1\text{Tn.m}$
- Wp (peso propio de la torre-zapata)  
 $W_p = P.u \text{ concreto} * \text{volumen total} ; W_p = 32.2\text{Tn} ; W_z = 80.4\text{Tn}$
- $d = (\text{suma de momentos}) / (\text{suma de fuerzas verticales}) d = 2.7\text{m}$
- e (excentricidad de la resultante de fuerzas)  $e = 0.374 < b/3 = 2.1$  ¡Cumple!
- q (presión con que actúa la estructura sobre el terreno)

$$q_1 = [(W_p + W_z + T_{\max.ser} * \text{SEN}(\alpha) + T_{\max.ser} * \text{SEN}(\alpha))] / (b * \text{prof}) * (1 + 6 * e / b) = 0.40$$

$$q_2 = [(W_p + W_z + T_{\max.ser} * \text{SEN}(\alpha) + T_{\max.ser} * \text{SEN}(\alpha))] / (b * \text{prof}) * (1 - 6 * e / b) = 0.20$$

$$q_1 \text{ y } q_2 < q_{\text{portante}} \text{ ¡Cumple!}$$

### Análisis de los factores de seguridad

- F.S.D (Factor de seguridad al deslizamiento)  
 $F.S.D = [(W_p + W_z + T_{\max.ser} * \text{SEN}(\alpha) + T_{\max.ser} * \text{SEN}(\alpha)) * U]$   
 $F.S.D = 8.4 > 1.5$  ¡Cumple!
- F.S.V (Factor de seguridad al volteo)  
 $F.S.V = (\text{Momentos estabilizadores} / \text{Momentos desestabilizadores})$   
 $F.S.V = 5.0 > 1.75$  ¡Cumple!

### Diseño por método a la rotura

- Por columna y voladizo  
 $T_{\max.ser} = 1.08\text{Tn.m}$

$$T_{\max.\text{rot}} = 1.62 \text{ Tn.m}$$

$$M_u = 71.70 \text{ Tn.m}$$

### Diseño de la columna a flexión

- $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
- $b = 100 \text{ cm}$
- $\emptyset \text{ Asum.} = 1''$
- Rec. Colm. = 3cm
- $d = 95.73 \text{ cm}$
- $M_U = 71.70 \text{ Tn.m}$
- $w = 0.04$
- $A_s(\text{cm}^2) = 20.32 \text{ cm}^2$
- $A_s \text{ min} = 31.91 \text{ cm}^2$
- $A_s \text{ principal}(+) = 31.91 \text{ cm}^2$

Con el cálculo realizado se determinó que el número de varillas que usarán son 8 varillas de  $\emptyset 1''$ .

### Diseño de la columna a compresión

- $P_n(\text{max})$  [carga axial máxima resistente]  
$$P_n(\text{max}) = 0.80 * (0.85 * f'_c * (b * h - A_{st}) + A_{st} * f_y) = 1531 \text{ Tn}$$
- $P_u$  [carga axial última actuante]  
$$P_u = W_p + T_{\max.\text{rot}} * \text{SEN}(\alpha_2) + T_{\max.\text{rot}} * \text{SEN}(\alpha) = 40.3 \text{ Tn}$$
$$P_u < P_n(\text{max}) \quad \text{¡Cumple!}$$

### Diseño de la columna por corte

- $V_u$  (cortante último)  
$$V_u = T_{\max.\text{rot}} * \text{COS}(\alpha_2) - T_{\max.\text{rot}} * \text{COS}(\alpha) + F_{s3} + F_{s2} + F_{s1} = 7.2 \text{ Tn}$$
- $V_{\text{con}} = f_i * (0.5 * (f'_c)^{0.5} + 175 * \frac{V_u * d}{M_u}) = 62 \text{ Tn}$
- $V$  que absorbe acero =  $V_{\text{ace}} = V_u - V_{\text{con}} = -55.3 \text{ Tn}$   
Los estribos presentan un  $\emptyset 1/2''$  y se ubicarán a 0.25m de separación.

### Resultados de diseño

- Diseño de péndolas:

Peso Total de la Péndola =28Kg

Cable Adoptado =1/4" Tipo Boa 6x19

Separación de Péndolas = 1.0m

Cantidad de Péndolas =99unidades

Longitud Total de Péndolas =408.97m

- Diseño de cables principales:

Tensión Máxima en Cable = 19.10Tn

Cable Adoptado = 1" Tipo Boa 6x19

Tensión Máxima Admisible de Cable = 50.30Tn

- Diseño de cámara de anclaje:

Concreto Hidráulico  $f'c=175\text{Kg/cm}^2$

Angulo de salida del cable principal =35°

Distancia de Anclaje a la Columna =10.40

Angulo de salida del cable =12.70°

- Diseño de torre y cimentación:

Concreto Hidráulico  $f'c= 210\text{Kg/cm}^2$

Acero Grado 60 ( $F'y$ ) = 4200Kg/cm<sup>2</sup>

Largo de la torre =1.00m

Ancho de la torre =1.00m

Altura Total de Torre =13.40m

Largo de la cimentación = 6.20m

Ancho de la cimentación = 6.00m

Altura de la cimentación = 0.90m

Profundidad de desplante =2.20m

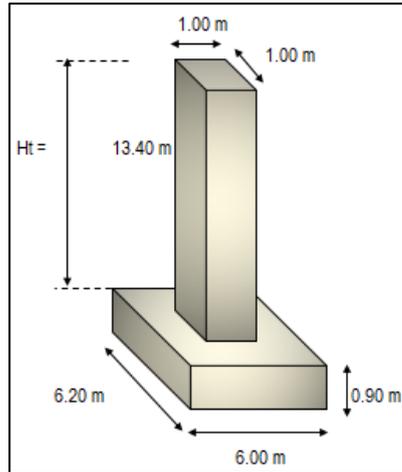


Figura 55. Diseño de torre y cimentación Pase Aéreo 100m

Fuente: Elaboración propia

- Detalle de armado de acero:

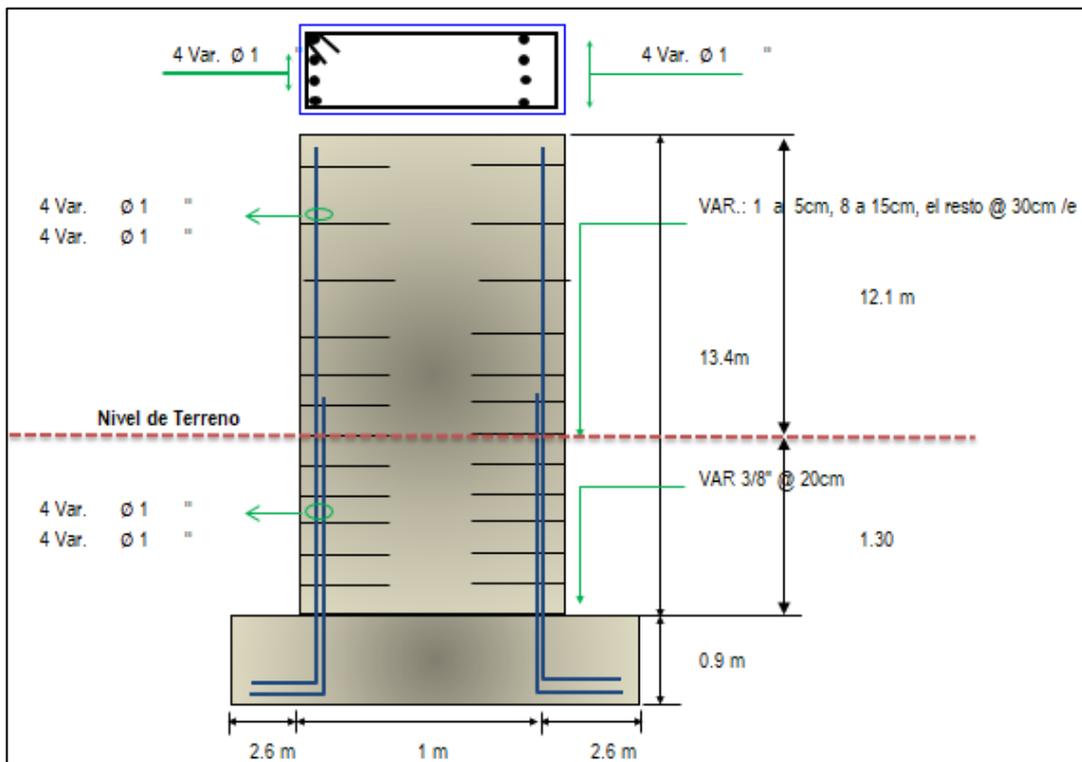


Figura 56. Diseño de armado de acero del Pase Aéreo 100m

Fuente: Elaboración propia.

➤ Pase aéreo  $L = 20 \text{ m}$

Datos:

Longitud = 20 m

Diámetro de la tubería de agua = 2"

Material de la tubería de agua = HDPE

Separación entre péndolas = 1m

Velocidad del viento = 10Km/hr

Factor de Zona sísmica = 0.35 (Zona 3)

$f'c = 210\text{Kg/cm}^2$

$F'y = 4200\text{Kg/cm}^2$

Recubrimiento de columna = 3cm

Recubrimiento de la Zapata = 7cm

Capacidad portante del suelo =  $0.89\text{Kg/cm}^2$

$\gamma_s \text{ Suelo} = 1600\text{Kg/m}^3$

$\gamma^{\circ} \text{ Concreto Armado} = 2400\text{Kg/cm}^3$

$\gamma^{\circ} \text{ Concreto Simple} = 2300\text{Kg/cm}^3$

Ángulo fricción interna suelo ( $\phi$ ) =  $7.97^{\circ}$

Flecha de cable:

$Fc1 = LP/11$

$Fc1 = 1.8\text{m}$

Considerar  $Fc = 2.2\text{m}$

$Fc2 = LP/9$

$Fc2 = 2.2\text{m}$

Altura de la torre de suspensión:

Altura debajo de la Tubería = 0.5m

Altura Mínima de la Tubería a la Péndula = 0.5m

Altura de Profundización Para Cimentación = 1.20m

Altura de Columna = 4.00m

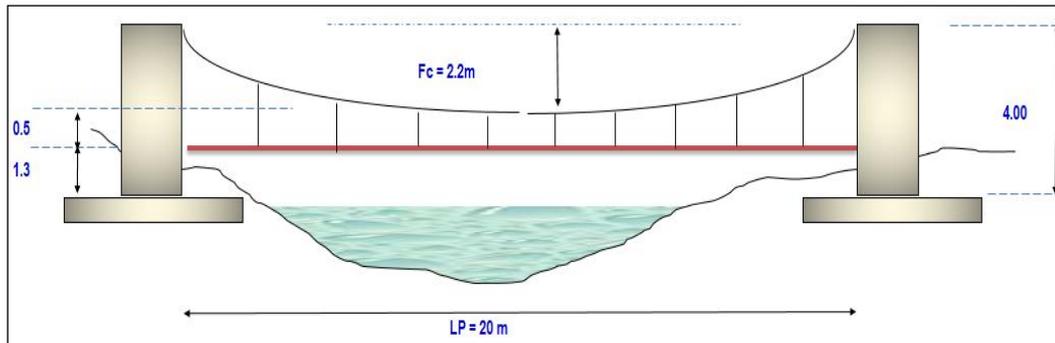


Figura 57. Detalle de pase aéreo de 20 metros

Fuente: Elaboración propia.

#### A. Diseño de péndolas y cable principal

Carga Muerta (WD) = 7.70Kg/m

- Peso de tubería = 0.72Kg/m
- Peso del agua = 2Kg/m
- Peso accesorio (grapas, otros) = 5.0Kg/m

Carga Viva (WL) = 15Kg/m

- Peso de una persona por tubería = 15Kg/m

Carga de Viento (WV) = 0.04Kg/m

- Velocidad del viento a 20 m de altura = 10.9Kg/m
- Presión del viento = 0.72Kg/m

Carga última (Wu) =  $0.75 \cdot (1.4w_d + 1.7w_l + 1.7w_v) = 28\text{Kg/m}$

Factores de Seguridad

- Factor de seguridad para el diseño de Péndolas = 5
- Factor de seguridad para el diseño del cable principal = 5

##### A.1.- Diseño de péndolas

Peso total de la péndola = 28Kg

Factor de seguridad a la tensión (3 - 5) = 5

Tensión de la péndola = 0.14Tn

Se adopta Cable Tipo Boa (6x19) para péndolas de = 1/4"

Tensión a la rotura = 2.67Tn

Cantidad de péndolas = 19 unidades

Longitud total de péndolas = 21.54m

A.2.- Diseño de cables principales

Asumimos diámetro = 1/2"

Carga Muerta (WD) = 8.6 Kg/m

- Carga Muerta de la péndola (WDp)= 7.7 Kg/m
- Peso de cable péndola = 0.2Kg/m
- Peso de cable Principal = 0.7Kg/m

Carga Viva (WL)

- Peso de una persona por tubería = 15Kg/m

Carga de Viento (WV) = 0.04 Kg/m

Carga Ultima (WU) = WD+WL+WV = 29Kg/m

Tensiones

- Tensión Horizontal (TH) = 659.09Kg
- Tensión Máxima Servicio (T max.ser) =720.1Kg
- Tensión Vertical (TV) = 976.20Kg

Diseño de Cable

- Factor de seguridad a la tensión (2 -5) =5
- Tmax.rotr = Tmax.ser x Fs = 3.6Tn

Se adoptará para el diseño de los cables principales el cable tipo Boa 6 x 19 de Ø 1/2"

B. Diseño de la cámara de anclaje

- Capacidad portante admisible del terreno = 0.89Kg/cm<sup>2</sup>
- Peso unitario del terreno Pu= 1600 Kg/m<sup>3</sup>
- Calidad del concreto (cámara de anclaje) f'c= 175Kg/cm<sup>2</sup>
- Angulo de fricción interna " Ø " = 7.97

- Angulo de salida del cable principal = 45°
- Et (Empuje del estrato de tierra)  
 $Et = P \cdot u \cdot H^2 \cdot \text{prof} \cdot (\tan(45 - \phi/2))^2 / 2 = 0.7$
- $T_{\max} \cdot \text{ser} \cdot \text{SEN}(\alpha) = 0.51 T_n / m$
- $T_{\max} \cdot \text{ser} \cdot \text{COS}(\alpha) = 0.51 T_n / m$
- Wp (peso propio de la cámara de anclaje)  
 $W_p = P \cdot u \cdot \text{concreto} \cdot H \cdot b \cdot \text{prof} = 2.6 T_n$
- $d = (\text{suma de momentos}) / (\text{suma de fuerzas verticales})$   
 $d = 0.538 m = 0.5 m$
- e (excentricidad de la resultante de fuerzas)  
 $e = 0.012$  ;  $b/3 = 0.4$  ;  $e < b/3$  ¡Cumple!
- q (presión con que actúa la estructura sobre el terreno)  
 $q = (\text{suma Fzas. verticales} / \text{Área}) \cdot (1 \pm 6 \cdot e / b)$   
 $q_1 = [(W_p - T_{\max} \cdot \text{ser} \cdot \text{SEN}(\alpha)) / (b \cdot \text{prof})] \cdot (1 + 6 \cdot e / b)$   
 $q_1 = 0.2176 < q_{\text{portante}} = 0.89 \text{ Kg/cm}^2$  ¡Cumple!  
 $q_2 = [(W_p - T_{\max} \cdot \text{ser} \cdot \text{SEN}(\alpha)) / (b \cdot \text{prof})] \cdot (1 - 6 \cdot e / b) = 0.2538$   
 $q_2 = 0.1910 < q_{\text{portante}} = 0.89 \text{ Kg/cm}^2$  ¡Cumple!

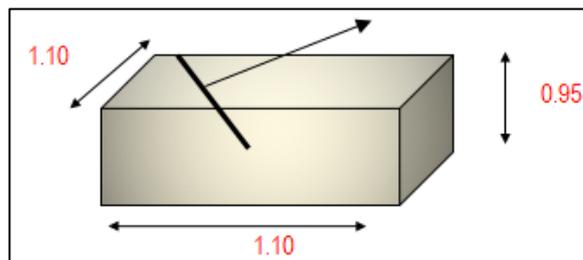


Figura 58. Diseño de la cámara de anclaje para el Pase Aéreo 20m

Fuente: Elaboración propia

Análisis de los factores de seguridad

F.S.D (Factor de seguridad al deslizamiento)

$F.S.D = (\text{Fzas. estabilizadoras} / \text{Fzas. desestabilizadoras})$

$F.S.D = [(W_p - T_{\max} \cdot \text{ser} \cdot \text{SEN}(\alpha)) \cdot U] / [T_{\max} \cdot \text{ser} \cdot \text{COS}(\alpha)]$

$F.S.D = 3.1 > 1.75$  ¡Cumple!

F.S.V (Factor de seguridad al volteo)

$F.S.V = (\text{Momentos estabilizadores} / \text{Momentos desestabilizadores})$

$$F.S.V = (Wp \cdot b/2) / (Tmax.ser \cdot SEN(o) \cdot X1 + Tmax.ser \cdot COS(o) \cdot Y1)$$

$$F.S.V = 4.8 > 2 \text{ ¡Cumple!}$$

### C. Cimentación

#### Dimensionamiento

- Sobre carga piso =  $1700 \text{Kg/cm}^2$
- Profundidad de desplante (Df) = 1.20m
- Diámetro de Acero Columna =  $5/8''$
- Cálculo del peralte (ld) = 14.49cm
- Altura de Zapata teórica = 22.12cm
- Altura de Zapata Asumida (hc) = 0.40m
- ht = 0.80m
- Cálculo de Presión de suelo (qm)  
 $qm = qa - gtxht - gcxhc - s/c = 0.85 \text{Kg/cm}^2$
- Tensión Vertical =  $TH \cdot Sen(o) = 659.09 \text{Kg}$
- Peso de la Columna (Ps) = 1536Kg
- Peso sobre la columna (Ps) = 2195.09Kg
- Cálculo de Área de Zapata  
 $A'z = Ps/qm = A'z = 2582.46 \text{m}^2$
- $T = Az^{.5} + ((t - b)/2) = T = 51 \text{cm}$
- $B = Az^{.5} - ((t - b)/2) = B = 51 \text{cm}$

Dimensiones a Usar:

$$T = 170 \text{cm}$$

$$B = 150 \text{cm}$$

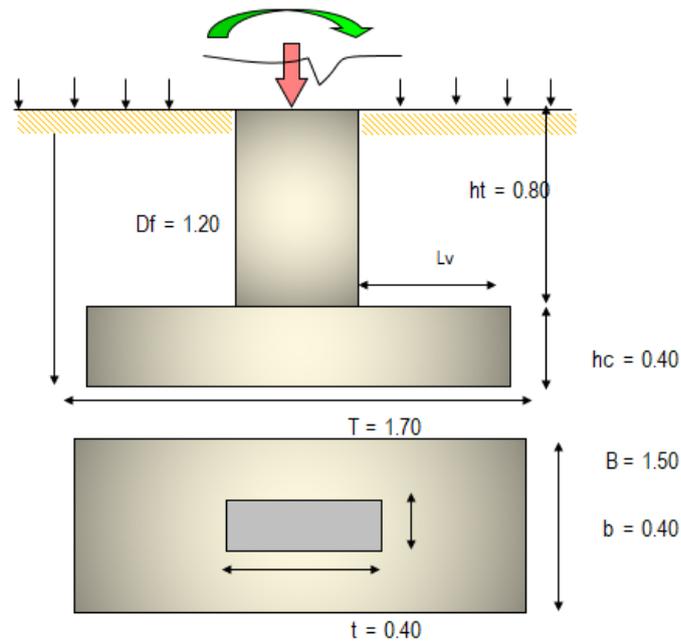


Figura 59. Cimentación del pase aéreo 20m

Fuente: Elaboración propia.

Verificación por corte (  $\phi = 0.85$  )

Verificación de la reacción amplificada ( $q_{mu}$ ) = 0.12Kg/cm<sup>2</sup>

Por flexión

- Diámetro de Acero Zapata = 1/2"
- Peralte de la zapata (dz) = 31.73cm

$$L_v = (T - t) / 2 = 65.00\text{cm}$$

$$V_u = q_{mu} * B * (L_v - dz) = 9.13$$

$$V_u \leq \phi v_c \text{ ¡Cumple!}$$

Por punzonamiento

- $V_u = P_u - q_{mu} * m * n = 2453.06\text{Kg}$
- $b_o = 2 x_m + 2 x_{dz} = 286.92\text{cm}$
- $b_c = t/b = 1.00$
- $V_c = 0.27 x (2 + 4/b_c) x \sqrt{f'c} x b_o x dz = 213725.11\text{Kg}$
- $\phi v_c = 1185527.70\text{Kg}$
- $V_c = 1.1 x \sqrt{f'c} x b_o x dz = 145121.99\text{Kg}$
- $\phi v_c = 123353.69\text{Kg}$
- $V_u \leq \phi v_c \text{ ¡Cumple!}$

### Cálculo del refuerzo ( $\phi = 0.90$ )

Dirección longitudinal

- $L_v = (T - t) / 2 = 65\text{cm}$
- $M_u = q_{mu} \times B \times L_v^2 / 2 = 38188.13\text{Kg.cm}$
- $A_s = M_u / (\phi \times f_y \times (d_z - a/2)) = 0.32\text{cm}^2$
- $a = A_s \times f_y / (0.85 \times f'_c \times B) = 0.05\text{cm}$
- $A_s \text{ mín} = 0.0018 \times B \times d = 8.57\text{cm}^2$

Se usará diámetro de  $\phi 1/2''$ , un total de 08 varillas cada 0.15m, se contará con  $A_s$  total de  $10.16\text{cm}^2$ .

Dirección transversal:

- $L_v = (T - t) / 2 = 55\text{cm}$
- $M_u = q_{mu} \times B \times L_v^2 / 2 = 30987.37\text{Kg.cm}$
- $A_s = M_u / (\phi \times f_y \times (d_z - a/2)) = 0.26\text{cm}^2$
- $a = A_s \times f_y / (0.85 \times f'_c \times B) = 0.04\text{cm}$
- $A_s \text{ mín} = 0.0018 \times B \times d = 9.71\text{cm}^2$
- $A_s \text{ transversal} = 9.71\text{cm}^2$

Se usará diámetro de  $\phi 1/2''$ , un total de 08 varillas cada 0.20m, se contará con  $A_s$  total de  $10.16\text{cm}^2$ .

Verificación de la conexión columna - zapata ( $\phi = 0.70$ ) :

- Resistencia al Aplastamiento Sobre la Columna

$$P_u = (1.4 \cdot P_D + 1.7 \cdot P_L) = 3073.13\text{Kg}$$

$$P_n = P_u / \phi = 4390.18\text{Kg}$$

$$A_c = t \times b = 1600\text{cm}^2$$

$$P_{nb} = 0.85 \times f'_c \times A_c = 285600.00\text{Kg}$$

- Resistencia en el Concreto de la Cimentación

$$P_n = P_u / \phi = 4390.18\text{Kg}$$

$$A_2 = T^2 \times b / t = 27200000.00\text{cm}^2$$

$$A_o = \sqrt{(A_2 / A_c)} \times A_c = 130.38$$

$$A_o \leq 2 \times A_c = 2.00 \times A_c$$

$$P_{nb} = 0.85 \times f'_c \times A_o = 571200.00\text{Kg}$$

$P_n < P_{nb}$  ¡Cumple!

- Refuerzo Adicional Mínimo

$$A_s = (P_u - \phi P_n) / \phi f_y = 0.00 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 0.005 * A_c = 8.00 \text{ cm}^2$$

$A_{sc}$  = area de acero de la columna

$$A_{sc} = 5.16 \text{ cm}^2$$

$$4\phi 1/2" = 5.16 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto, se usará el  $A_{s \text{ min}}$ .

#### D. Diseño de la torre de suspensión

##### Cálculo de las fuerzas sísmicas por reglamento

- Factor de importancia (U) = 1.50
- Factor de suelo (S) = 1.20
- Coeficiente sísmico (C) = 2.50
- Factor de ductilidad ( $R_d$ ) = 8.00
- Factor de Zona (Z) = 0.35
- Angulo de salida del cable Torre-cámara = 45°
- Angulo de salida del cable Torre-Puente = 15°

##### Dimensionamiento del torreón

- $F_s$  (Fuerza sísmica en la base)  
 $F_s = (S.U.C.Z / R_d) * \text{Peso de toda la estructura} = 0.30 \text{ Tn}$

##### Análisis de estabilidad

- $T_{\text{max.ser}} * \text{SEN}(\alpha) = 0.2 \text{ Tn.m}$
- $T_{\text{max.ser}} * \text{COS}(\alpha) = 0.7 \text{ Tn.m}$
- $T_{\text{max.ser}} * \text{SEN}(\alpha) = 0.5 \text{ Tn.m}$
- $T_{\text{max.ser}} * \text{COS}(\alpha) = 0.5 \text{ Tn.m}$
- $W_p$  (peso propio de la torre-zapata)  
 $W_p = P_u \text{ concreto} * \text{volumen total}$  ;  $W_p = 1.5 \text{ Tn}$  ;  $W_z = 2.4 \text{ Tn}$
- $d = (\text{suma de momentos}) / (\text{suma de fuerzas verticales})$   $d = 0.6 \text{ m}$
- $e$  (excentricidad de la resultante de fuerzas)  $e = 0.265 < b/3 = 0.6$  ¡Cumple!
- $q$  (presión con que actúa la estructura sobre el terreno)

$$q_1 = [(W_p + W_z + T_{\text{max.ser}} * \text{SEN}(\alpha) + T_{\text{max.ser}} * \text{SEN}(\alpha))] / (b * \text{prof}) * (1 + 6 * e/b) = 0.40$$

$$q_2 = [(W_p + W_z + T_{\max} \cdot \sin(\alpha_2) + T_{\max} \cdot \sin(\alpha)) / (b \cdot \text{prof})]^{1.6} \cdot e / b = 0.01$$

$$q_1 \text{ y } q_2 < q_{\text{portante}} \text{ ¡Cumple!}$$

### Análisis de los factores de seguridad

- F.S.D (Factor de seguridad al deslizamiento)

$$F.S.D = [(W_p + W_z + T_{\max} \cdot \sin(\alpha_2) + T_{\max} \cdot \sin(\alpha)) \cdot U]$$

$$F.S.D = 4.8 > 1.5 \text{ ¡Cumple!}$$

- F.S.V (Factor de seguridad al volteo)

$$F.S.V = (\text{Momentos estabilizadores} / \text{Momentos desestabilizadores})$$

$$F.S.V = 2.5 > 1.75 \text{ ¡Cumple!}$$

### Diseño por método a la rotura

- Por columna y voladizo

$$T_{\max} \cdot \text{ser} = 0.72 T_n \cdot m$$

$$T_{\max} \cdot \text{rot} = 1.08 T_n \cdot m$$

$$M_u = 1.49 T_n \cdot m$$

### Diseño de la columna a flexión

- $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$
- $F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
- $b = 40 \text{ cm}$
- $\emptyset \text{ Asum.} = 5/8''$
- $\text{Rec. Colm.} = 3 \text{ cm}$
- $d = 36.21 \text{ cm}$
- $M_u = 1.49 T_n \cdot m$
- $w = 0.02$
- $A_s (\text{cm}^2) = 1.10 \text{ cm}^2$
- $A_s \text{ min} = 4.8 \text{ cm}^2$
- $A_s \text{ principal (+)} = 4.83 \text{ cm}^2$

Con el cálculo realizado se determinó que el número de varillas que usarán son 6 varillas en de  $\emptyset 5/8''$ .

### Diseño de la columna a compresión

- $P_n(\text{max})$  [carga axial máxima resistente]  
 $P_n(\text{max}) = 0.80 \cdot (0.85 \cdot f'_c \cdot (b \cdot h - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y) = 244 \text{Tn}$
- $P_u$  [carga axial última actuante]  
 $P_u = W_p + T_{\text{max.rot}} \cdot \text{SEN}(\alpha_2) + T_{\text{max.rot}} \cdot \text{SEN}(\alpha) = 3.3 \text{Tn}$   
 $P_u < P_n(\text{max})$  ¡Cumple!

### Diseño de la columna por corte

- $V_u$  (cortante último)  
 $V_u = T_{\text{max.rot}} \cdot \text{COS}(\alpha_2) - T_{\text{max.rot}} \cdot \text{COS}(\alpha) + F_{s3} + F_{s2} + F_{s1} = 0.6 \text{Tn}$
- $V_{\text{con}} = f_i \cdot (0.5 \cdot (f'_c)^{0.5} + 175) \cdot V_u \cdot d / \mu = 9 \text{Tn}$
- $V$  que absorbe acero =  $V_{\text{ace}} = V_u - V_{\text{con}} = -8.9 \text{Tn}$   
Los estribos presentan un  $\varnothing 3/8$ " y se ubicarán a 0.25m de separación.

### Resultados de diseño

- Diseño de péndolas:  
Peso Total de la Péndola = 28Kg  
Cable Adoptado = 1/4" Tipo Boa 6x19  
Separación de Péndolas = 1.0m  
Cantidad de Péndolas = 19 unidades  
Longitud Total de Péndolas = 21.54m
- Diseño de cables principales:  
Tensión Máxima en Cable = 3.60Tn  
Cable Adoptado = 1/2" Tipo Boa 6x19  
Tensión Máxima Admisible de Cable = 12.60Tn
- Diseño de cámara de anclaje:  
Concreto Hidráulico  $f'_c = 175 \text{Kg/cm}^2$   
Angulo de salida del cable principal =  $45^\circ$   
Distancia de Anclaje a la Columna = 4.00  
Angulo de salida del cable =  $12.58^\circ$

- Diseño de torre y cimentación:

Concreto Hidráulico  $f'c = 210 \text{Kg/cm}^2$

Acero Grado 60 ( $F'y$ ) =  $4200 \text{Kg/cm}^2$

Largo de la torre =  $0.40 \text{m}$

Ancho de la torre =  $0.40 \text{m}$

Altura Total de Torre =  $4.00 \text{m}$

Largo de la cimentación =  $1.70 \text{m}$

Ancho de la cimentación =  $1.50 \text{m}$

Altura de la cimentación =  $0.40 \text{m}$

Profundidad de desplante =  $1.20 \text{m}$

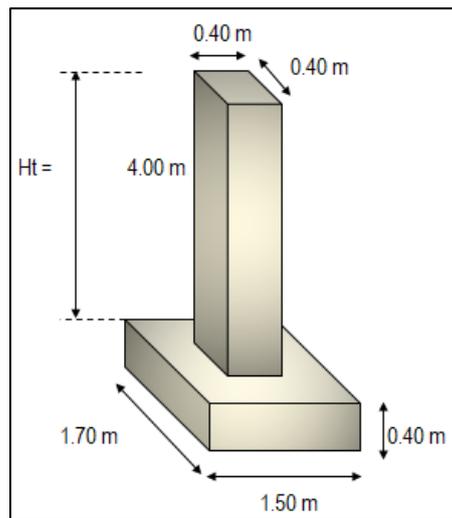


Figura 60. Diseño de torre y cimentación Pase Aéreo 20m

Fuente: Elaboración propia

- Detalle de armado de acero:

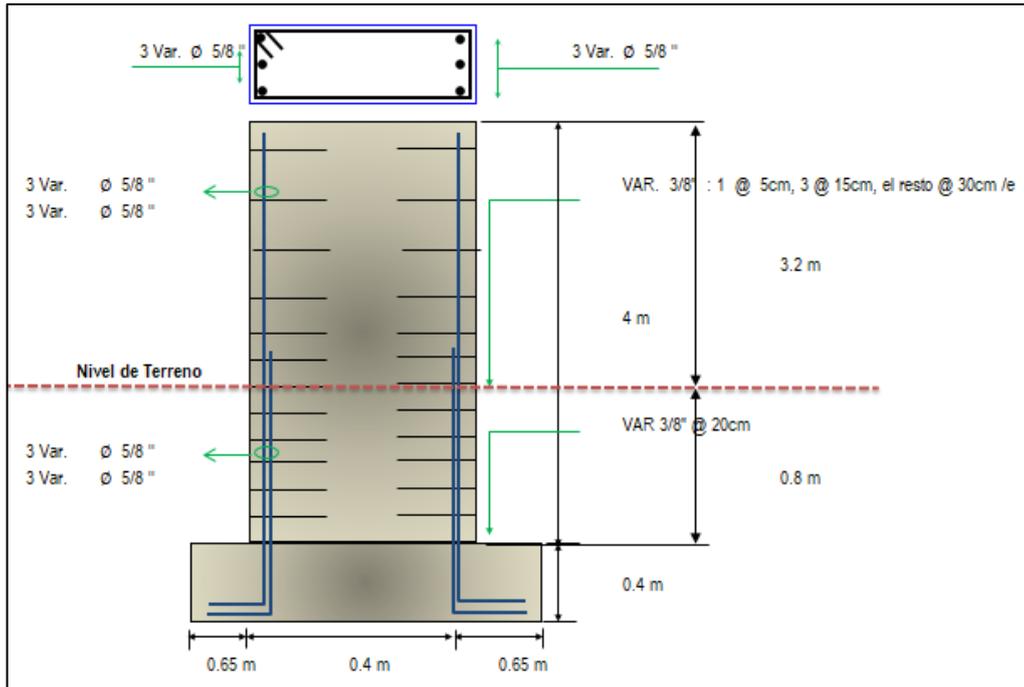


Figura 61. Diseño de armado de acero del Pase Aéreo 20m

Fuente: Elaboración propia.

### Diseño estructural del reservorio

Tabla 41. Dimensionamiento del reservorio

| Descripción   | Valor    |
|---|----------|
| Volumen de Reservorio (m <sup>3</sup> )                       | 40       |
| Borde libre adoptado (m)                                      | 0.30     |
| Altura de agua adoptada HL (m)                                | 1.75     |
| Altura total del reservorio HW (m)                            | 2.05     |
| Relación ancho/altura ( $0.5 \leq X \leq 3$ )                 | 2.85     |
| Volumen Total del líquido (m <sup>3</sup> )                   | 43.75    |
| Espesor de muro $t_w$ (m)                                     | 0.25     |
| Espesor de losa de techo $H_r$ (m)                            | 0.20     |
| Alero de la losa de techo $e$ (m)                             | 0.10     |
| Sobrecarga en la tapa (kg/m <sup>2</sup> )                    | 100.00   |
| Espesor de la losa de fondo $H_s$ (m)                         | 0.20     |
| Espesor de la zapata (m)                                      | 0.45     |
| Alero de la Cimentación (VF)                                  | 0.20     |
| Tipo de Conexión Pared-Base                                   | Flexible |
| Peso Propio del suelo $\gamma_m$ (Tn/m <sup>3</sup> )         | 1.60     |
| Profundidad de cimentación $H_E$ (m)                          | 0.00     |
| Angulo de fricción interna $\phi$ (°)                         | 7.97     |
| Presión admisible de terreno $\sigma_t$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) | 0.89     |
| Resistencia del Concreto $f'_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )         | 280      |
| $E_c$ del concreto (Kg/cm <sup>2</sup> )                      | 252671   |
| $F_y$ del Acero (Kg/cm <sup>2</sup> )                         | 4200     |
| Peso específico del concreto (Kg/m <sup>3</sup> )             | 2400     |
| Peso específico del líquido (Kg/m <sup>3</sup> )              | 1000     |
| Aceleración de la Gravedad $g$ (m/s <sup>2</sup> )            | 9.81     |
| Peso del muro (Kg)  | 25830    |
| Peso de la losa de techo (Kg)                                 | 15595.20 |
| Recubrimiento Muro (m)  | 0.05     |
| Recubrimiento Losa de techo (m)                               | 0.03     |
| Recubrimiento Losa de fondo (m)                               | 0.05     |

|                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| Recubrimiento en Zapata de muro (m) | 0.10 |
|-------------------------------------|------|

Fuente: Elaboración propia

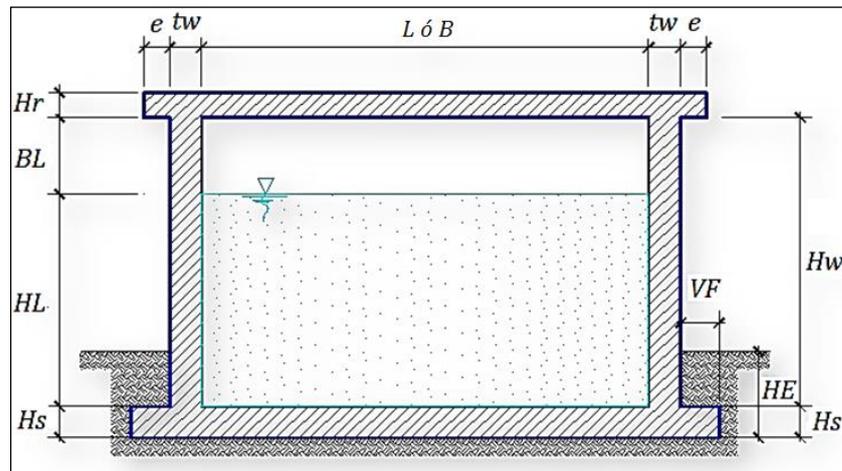


Figura 62. Diseño del reservorio rectangular

Fuente: Elaboración propia.

- Parámetros sísmicos de la zona de estudio

$$Z = 0.35$$

$$U = 1.50$$

$$S = 1.20$$

- Análisis sísmico estático: (ACI 350.3-06)

- Coeficiente de masa efectiva ( $\epsilon$ ):

$$\epsilon = \left[ 0.0151 \left( \frac{L}{H_L} \right)^2 - 0.1908 \left( \frac{L}{H_L} \right) + 1.021 \right] \leq 1.0$$

$$\epsilon = 0.6$$

- Masa equivalente de la aceleración del líquido:

Peso equivalente total del líquido almacenado (WL) = 43750Kg

$$\frac{W_i}{W_L} = \frac{\tan \left[ 0.866 \left( \frac{L}{H_L} \right) \right]}{0.866 \left( \frac{L}{H_L} \right)} \quad \frac{W_c}{W_L} = 0.264 \left( \frac{L}{H_L} \right) \tan \left[ 3.16 \left( \frac{H_L}{L} \right) \right]$$

Peso del líquido (WL) = 43750 Kg

Peso de la pared del reservorio (Ww) = 28530Kg

Peso de la losa de techo (Wr) = 15595Kg

Peso Equivalente de la Componente Impulsiva ( $W_i$ ) = 17433Kg

Peso Equivalente de la Componente Convectiva

$$(W_c) = 26487\text{Kg}$$

Peso efectivo del depósito ( $W_e = \varepsilon * W_w + W_r$ ) = 31093Kg

➤ Propiedades dinámicas:

Frecuencia de vibración natural componente Impulsiva:

$$(\omega_i): 646.56 \text{ rad/s}$$

Masa del muro ( $m_w$ ) = 125Kg.s<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>

Masa impulsiva del líquido ( $m_i$ ) = 178Kg.s<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>

Masa total por unidad de ancho ( $m$ ) = 303Kg.s<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>

Rigidez de la estructura ( $k$ ) = 74288390Kg/m<sup>2</sup>

Altura sobre la base del muro al C.G. del muro ( $h_w$ ) = 1.03m

Altura al C.G. de la componente impulsiva ( $h_i$ ) = 0.66m

Altura al C.G. de la componente impulsiva IBP ( $h'_i$ ) = 1.98m

Altura resultante ( $h$ ) = 0.81m

Altura al C.G. de la componente compulsiva ( $h_c$ ) = 0.95m

Altura al C.G. de la componente compulsiva IBP ( $h'_c$ ) = 2.14m

Frecuencia de vibración natural componente convectiva  
( $\omega_c$ ): 2.23rad/s

Periodo natural de vibración correspondiente a  $T_i$  : 0.01s

Periodo natural de vibración correspondiente a  $T_c$  : 2.82s

Factor de amplificación espectral componente impulsiva  $C_i$ : 2.3

Factor de amplificación espectral componente convectiva  $C_c$ : 0.94

Altura del Centro de Gravedad del Muro de Reservorio  $h_w$  = 1.03m

Altura del Centro de Gravedad de la Losa de Cobertura  $h_r$  = 2.15m

Altura del Centro de Gravedad Componente Impulsiva

$h_i=0.66\text{m}$

Altura del Centro de Gravedad Componente Impulsiva IB

$h'_i =1.98$

Altura del Centro de Gravedad Componente Convectiva

$h_c=0.95\text{m}$

Altura del Centro de Gravedad Componente Convectiva IBP

$h'_c =2.14\text{m}$

➤ Fuerzas laterales dinámicas:

$I = 1.50$

$R_i =2.00$

$R_c =1.00$

$Z =0.35$

$S =1.20$

Fuerza Inercial Lateral por Aceleración del Muro  $P_w=18646.03\text{Kg}$

Fuerza Inercial Lateral por Aceleración de la Losa  $P_r=11257.79\text{Kg}$

Fuerza Lateral Impulsiva  $P_i=12584.29\text{Kg}$

Fuerza Lateral Convectiva  $P_c=15687.79\text{Kg}$

Corte basal total  $V=45291.79\text{Kg}$

➤ Aceleración Vertical:

- Presión hidrostática

$q_h(\text{superior})=0.00\text{Kg/m}^2$

$q_h(\text{fondo})=1750\text{Kg/m}^2$

- Presión por efecto de sismo vertical

$P_h(\text{superior})=0.00\text{Kg/m}^2$

$P_h(\text{fondo})=367.50\text{Kg/m}^2$

➤ Distribución Horizontal de Cargas:

- Presión lateral por sismo vertical ( $P_{hy}$ ) =  $367.5\text{Kg/m}^2$

- Distribución de carga inercial por  $W_w$  ( $P_{wy}$ ) =  $1299.38\text{Kg/m}$

- Distribución de carga impulsiva ( $P_{iy}$ ) = 6245.9 Kg/m
- Distribución de carga convectiva ( $P_{ey}$ ) = 3329.7 Kg/m
- Presión Horizontal de Cargas:
  - $y_{max}$  = 1.75m
  - $y_{min}$  = 0.00m
  - Presión lateral por sismo vertical ( $P_{hy}$ ) = 367.5 Kg/m<sup>2</sup>
  - Presión de carga inercial por  $W_w$  ( $P_{wy}$ ) = 259.9 Kg/m<sup>2</sup>
  - Presión de carga impulsiva ( $P_{iy}$ ) = 1249.2 Kg/m<sup>2</sup>
  - Presión de carga convectiva ( $P_{ey}$ ) = 665.9 Kg/m<sup>2</sup>
- Momento Flexionante en la base del muro (Muro en voladizo):
  - $M_w$  = 19205 Kg.m
  - $M_r$  = 24204 Kg.m
  - $M_i$  = 8306 Kg.m
  - $M_c$  = 14903 Kg.m
  - $M_b$  = 53820 Kg.m
- Momento en la base del muro:
  - $M_w$  = 19205 Kg.m
  - $M_r$  = 24204 Kg.m
  - $M'_i$  = 24881 Kg.m
  - $M_c$  = 33572 Kg.m
  - $M_o$  = 76097 Kg.m
  - Factor de Seguridad al Volteo (FSv):  
 $F_s$  volteo mínimo = 1.5  
 $M_B/M_o > F_s$  3.3 > 1.5 ¡Cumple!  
 $M_L/M_o > F_s$  3.3 > 1.5 ¡Cumple!
- Combinaciones Últimas para Diseño: El Modelamiento se efectuó en el programa de análisis de estructuras SAP2000(\*), para lo cual se consideró las siguientes combinaciones de carga:
  - $U = 1.4D + 1.7L + 1.7F$
  - $U = 1.25D + 1.25L + 1.25F + 1.0E$
  - $U = 0.9D + 1.0E$

Dónde: D (Carga Muerta), L (Carga Viva), F (Empuje de Líquido) y E (Carga por Sismo).

- Modelamiento y resultados mediante Programa SAP2000

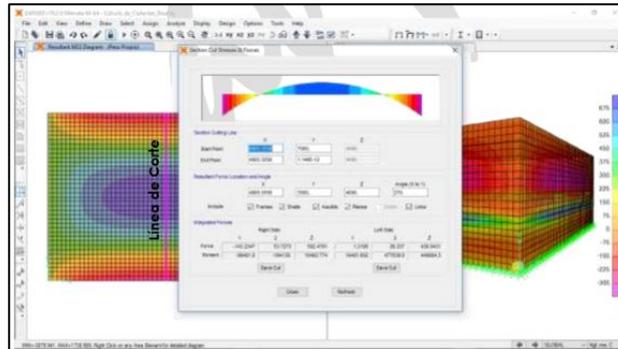


Figura 63.Resultante del Diagrama de Momentos M22 – Max. en la dirección X

Fuente: Elaboración propia.

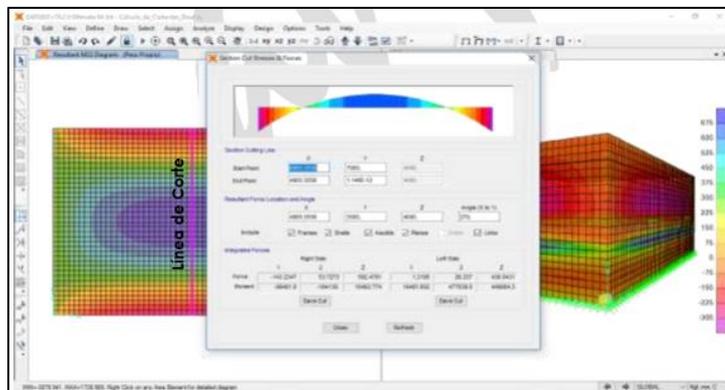


Figura 64.Fuerzas Laterales actuantes por Presión del Agua

Fuente: Elaboración propia.

- Diseño de la estructura

El refuerzo de los elementos del reservorio en contacto con el agua se colocará en doble malla.

➤ Verificación y cálculo de refuerzo del muro

a. Acero de Refuerzo Vertical por Flexión:

Momento máximo ultimo M22 (SAP) =1800Kg.m

$A_s = 2.41\text{cm}^2$  Usando  $\varnothing 3/8''$  Separación =0.30m

$A_{smin} = 4\text{cm}^2$  Usando  $\varnothing 3/8''$  Separación =0.36m

b. Control de agrietamiento

$w = 0.033$  (Rajadura Máxima para control de agrietamiento)

S máx = 26cm

S máx = 27cm

c. Verificación del Cortante Vertical

Fuerza Cortante Máxima (SAP)  $V_{23} = 1500\text{Kg}$

Resistencia del concreto a cortante  $8.87\text{Kg/cm}^2$

Esfuerzo cortante último =  $V/(0.85bd) = 0.88\text{Kg/cm}^2$  ¡Cumple!

d. Verificación por contracción y temperatura

Long. de muro entre juntas (m) ;  $L = 5.50\text{m}$  ;  $B = 5.50\text{m}$

Long. de muro entre juntas (pies) ;  $L = 18.04\text{pies}$  ;  $B = 18.04\text{pies}$

Cuantía de acero de temperatura;  $L = 0.003$  ;  $B = 0.03$

Área de acero por temperatura;  $L = 7.50\text{cm}^2$  ;  $B = 7.50\text{cm}^2$

Se usará  $\varnothing 3/8$ " con una separación de 0.19m.

e. Acero de Refuerzo Horizontal por Flexión:

Momento máximo último  $M_{11}$  (SAP) =  $600\text{Kg.m}$

$A_s = 0.80\text{cm}^2$

Usar  $\varnothing 3/8$ "

Separación 0.89m.

$A_{s\text{ min}} = 3.00\text{cm}^2$

Usar  $\varnothing 3/8$ "

Separación 0.47m

f. Acero de Refuerzo Horizontal por Tensión:

Tensión máxima último  $F_{11}$  (SAP) =  $2600\text{Kg.m}$

$A_s = 0.69\text{cm}^2$

Se usará  $\varnothing 3/8$ " con una separación de 1.03m.

g. Verificación del Cortante Horizontal

Fuerza Cortante Máxima (SAP)  $V_{13} = 3200\text{Kg}$

Resistencia del concreto a cortante =  $8.87\text{Kg/cm}^2$

Esfuerzo cortante último =  $V/(0.85bd) = 1.88\text{Kg/cm}^2$

Verificar que el esfuerzo cortante último < Resistencia del 3 concreto cortante:  $8.87\text{Kg/cm}^2 > 1.88\text{Kg/cm}^2$  ¡Cumple!

➤ Cálculo de acero de refuerzo en losa de techo

La losa de cobertura será una losa maciza armada en dos direcciones, para su diseño se utilizará el Método de Coeficientes.

-  $M_x = C_x W_u L_x^2$  (Momento de flexión en la dirección x)

-  $M_y = C_y W_u L_y^2$  (Momento de flexión en la dirección y)

Para el caso del Reservoirio, se considerará que la losa encuentra apoyada al muro en todo su perímetro, por lo cual se considera una condición de CASO 1.

- Carga Viva Uniformemente Repartida  $W_L = 100\text{Kg/m}^2$

- Carga Muerta Uniformemente Repartida  $W_D = 593\text{Kg/m}^2$

- Luz Libre del tramo en la dirección corta  $L_x = 5\text{m}$

- Luz Libre del tramo en la dirección larga  $L_y = 5\text{m}$

- Relación  $m = L_x/L_y = 1.00$

- Momento + por Carga Muerta Amplificada

$$C_x = 0.036 \quad M_x = 746.8\text{Kg.m}$$

$$C_y = 0.036 \quad M_y = 746.8\text{Kg.m}$$

- Momento + por Carga Viva Amplificada

$$C_x = 0.036 \quad M_x = 153.00\text{Kg.m}$$

$$C_y = 0.036 \quad M_y = 153.00\text{Kg.m}$$

a. Cálculo del acero de refuerzo

Momento máximo positivo (+) =  $900\text{Kg.m}$

Área de acero positivo (inferior) =  $1.37\text{cm}^2$   $\varnothing 3/8"$   $S = 0.52\text{m}$

Área de acero por temperatura =  $6\text{cm}^2$   $\varnothing 3/8"$   $S = 0.24\text{m}$

b. Verificación del Cortante

Fuerza Cortante Máxima =  $2499\text{Kg}$

Resistencia del concreto a cortante =  $8.87\text{Kg/cm}^2$

Esfuerzo cortante último =  $V/(0.85bd) = 1.47\text{Kg/cm}^2$

➤ Cálculo de Acero de Refuerzo en Losa de Fondo

a. Cálculo de la Reacción Amplificada del Suelo

Tabla 42. Cargas del reservorio que se transmitirán al suelo

| Estructura                   | Carga Muerta (Pd) | Carga Viva (PL) | Carga Líquido (PH) |
|------------------------------|-------------------|-----------------|--------------------|
| Peso Muro de Reservorio      | 25830Kg           | _____           | _____              |
| Peso de Losa de Techo + Piso | 32304Kg           | _____           | _____              |
| Peso del líquido             | _____             | _____           | 43750Kg            |
| Sobrecarga de Techo          | _____             | 3249Kg          | _____              |
| <b>Total</b>                 | <b>58134Kg</b>    | <b>3249Kg</b>   | <b>43750Kg</b>     |

Fuente: Elaboración propia.

Capacidad Portante Neta del Suelo  $q_{sn} = 0.84 \text{Kg/cm}^2$

Presión de la estructura sobre terreno  $q_T = 0.31 \text{Kg/cm}^2$

Reacción Amplificada del Suelo  $q_{snu} = 0.47 \text{Kg/cm}^2$

Área en contacto con terreno  $A = 34.81 \text{m}^2$

#### b. Cálculo del acero de refuerzo

El análisis se efectuará considerando la losa de fondo armada en dos sentidos, siguiendo el criterio que la losa mantiene una continuidad con los muros, se tienen momentos finales siguientes por el Método de los Coeficientes:

Luz Libre del tramo en la dirección corta  $L_x = 5 \text{m}$

Luz Libre del tramo en la dirección larga  $L_y = 5 \text{m}$

Momento + por Carga Muerta Amplificada

$C_x = 0.018$   $M_x = 1089 \text{Kg.m}$

$C_y = 0.018$   $M_y = 1089 \text{Kg.m}$

Momento + por Carga Viva Amplificada

$$Cx=0.027 \quad Mx=1549.3\text{Kg.m}$$

$$Cy=0.027 \quad My=1549.3\text{Kg.m}$$

Momento - por Carga Total Amplificada

$$Cx=0.045 \quad Mx=5304.6\text{Kg.m}$$

$$Cy=0.045 \quad My=5304.6\text{Kg.m}$$

Momento máximo positivo (+) = 2638.4Kg.m

Área de acero positivo (Superior) =

$$4.79\text{cm}^2 \quad \text{N}^\circ \text{de varillas} = 2 \quad \text{Ø}3/8'' \quad S=0.30\text{m}$$

Momento máximo negativo (-) = 5305Kg.m

Área de acero negativo (Inf. Zapata) =

$$4.05\text{cm}^2 \quad \text{N}^\circ \text{de varillas} = 1 \quad \text{Ø}5/8'' \quad S=0.49\text{m}$$

Área de acero por temperatura =

$$6.00\text{cm}^2 \quad \text{N}^\circ \text{de varillas} = 1 \quad \text{Ø}3/8'' \quad S=0.24\text{m}$$

c. Verificación del Cortante

Fuerza Cortante Máxima = 11788Kg

Resistencia del concreto a cortante = 8.87Kg/cm<sup>2</sup>

Esfuerzo cortante último =  $V/(0.85bd) = 3.96\text{Kg/cm}^2$

Verificar que se cumpla la siguiente expresión:

Esfuerzo cortante último < resistencia del concreto a cortante

$$3.96\text{Kg/cm}^2 < 8.87 \text{Kg/cm}^2 \quad \text{¡Cumple!}$$

➤ Resumen:

- Acero de Refuerzo en Pantalla Vertical.      Ø3/8" @ 0.175m
- Acero de Refuerzo en Pantalla Horizontal      Ø3/8" @ 0.175m
- Acero en Losa de Techo (inferior)              Ø3/8" @ 0.200m

- Acero en Losa de Techo (superior) Ø3/8" @ 0.200m
- Acero en Losa de Piso (superior) 2 Ø3/8" @ 0.200m
- Acero en Losa de Piso (inferior) Ø3/8" @ 0.200m
- Acero en zapata (inferior) Ø5/8" @ 0.200m

**ANEXO 5**

**PLANOS**

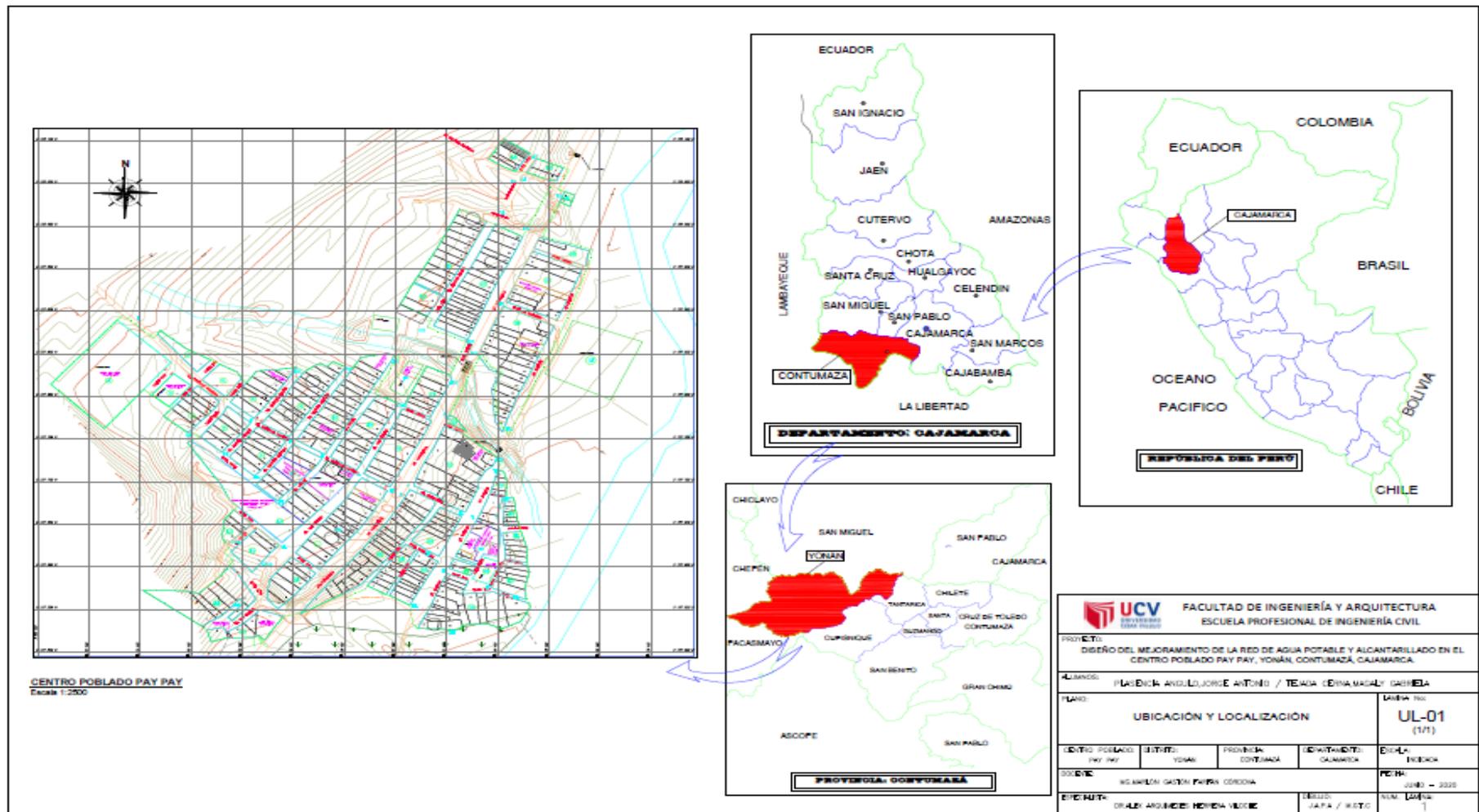


Figura 65. Ubicación y localización del área de estudio

Fuente: Elaboración propia.

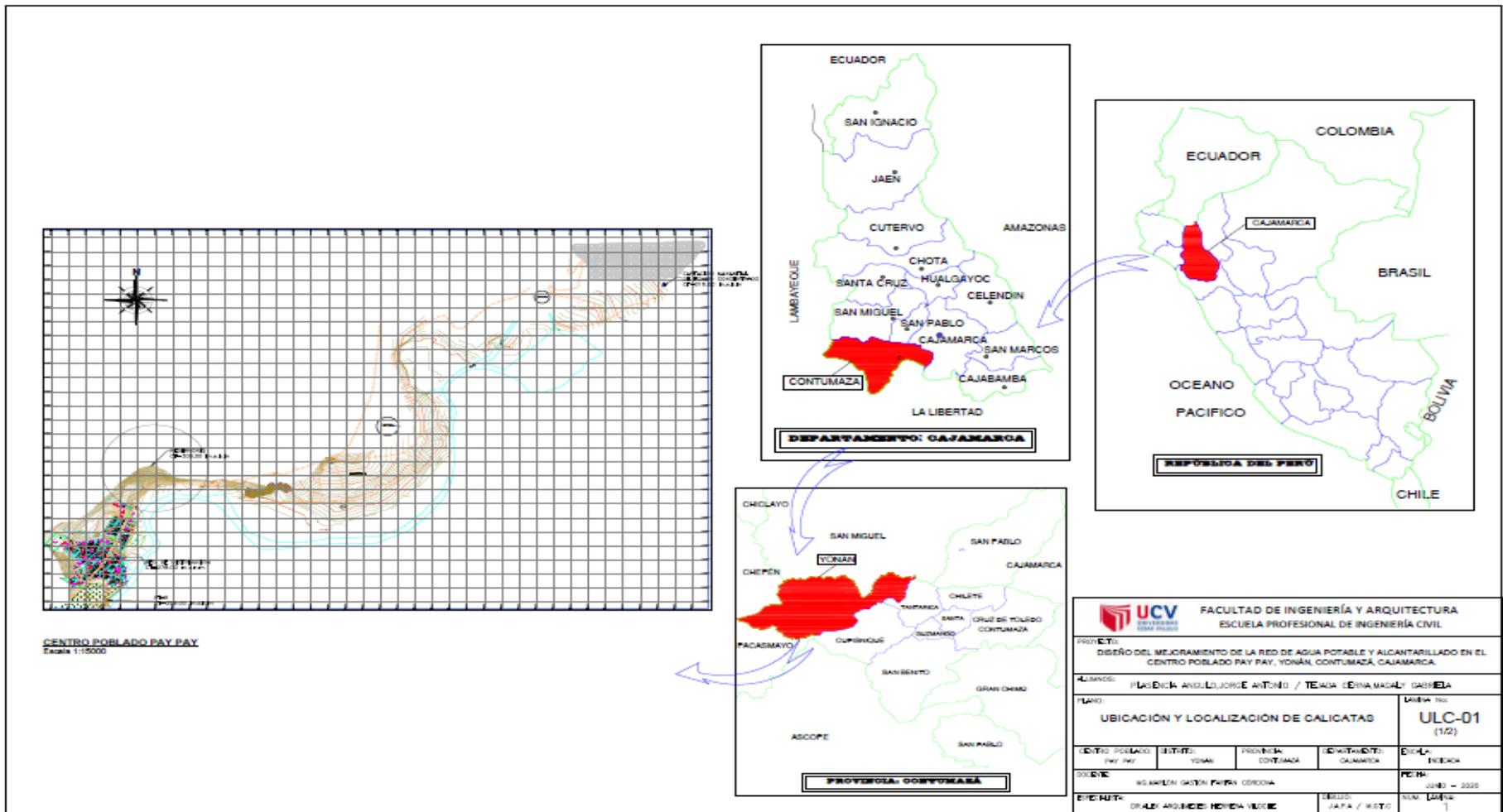


Figura 66. Ubicación y localización de calicatas

Fuente: Elaboración propia.

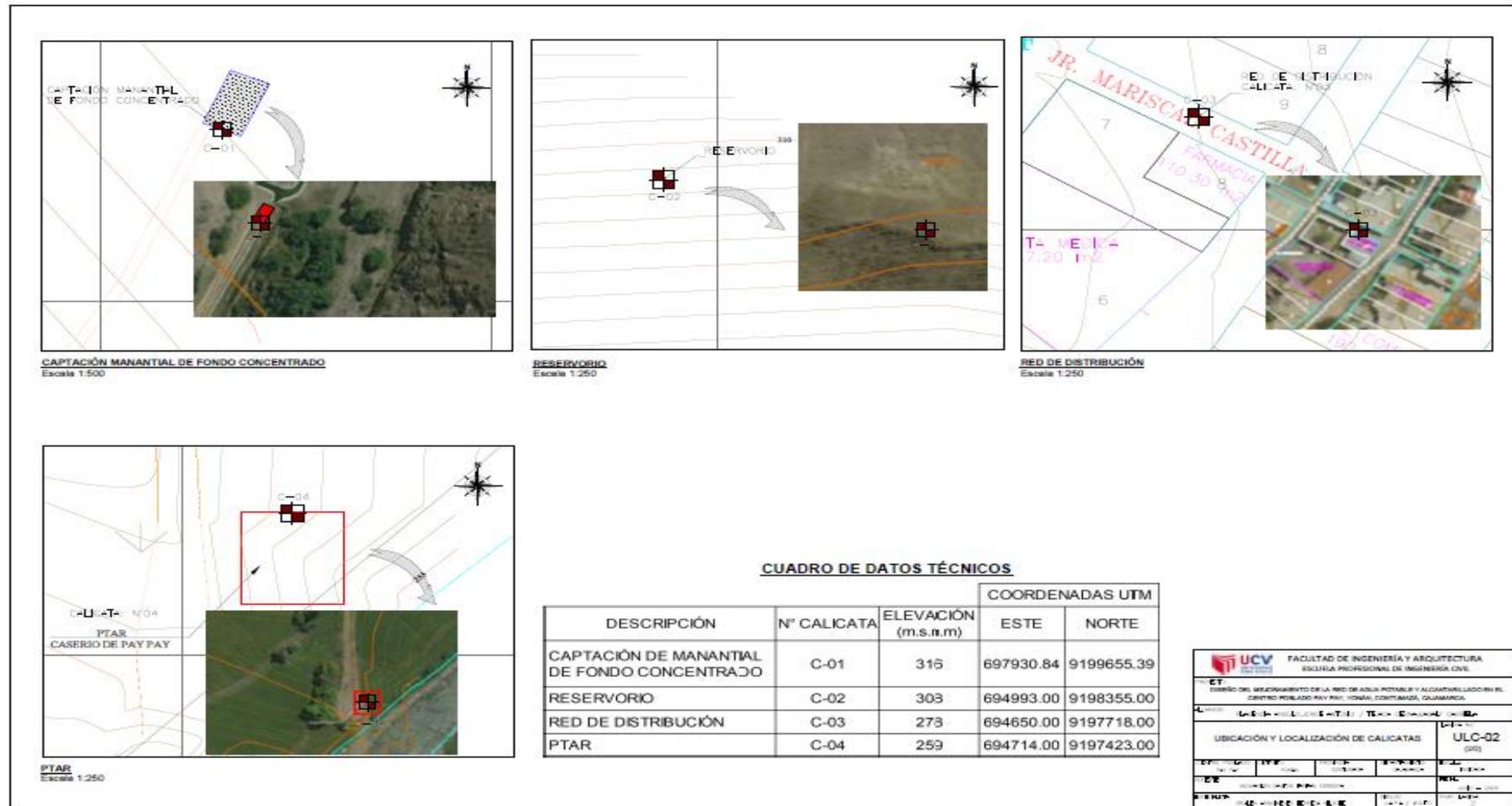


Figura 67. Detalle de ubicación y localización de calicatas

Fuente: Elaboración propia.

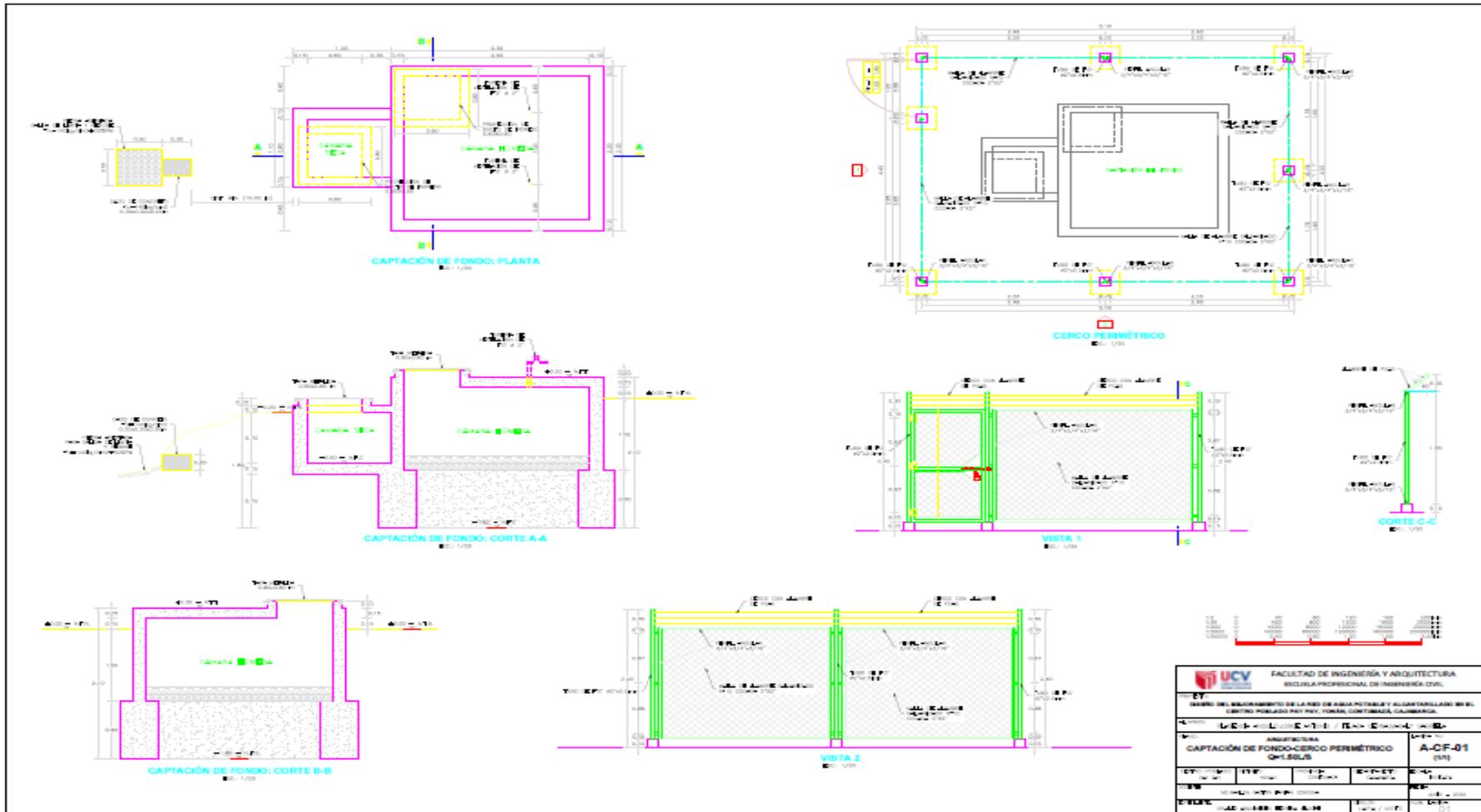


Figura 68. Captación de fondo (Arquitectura)

Fuente: Elaboración propia.

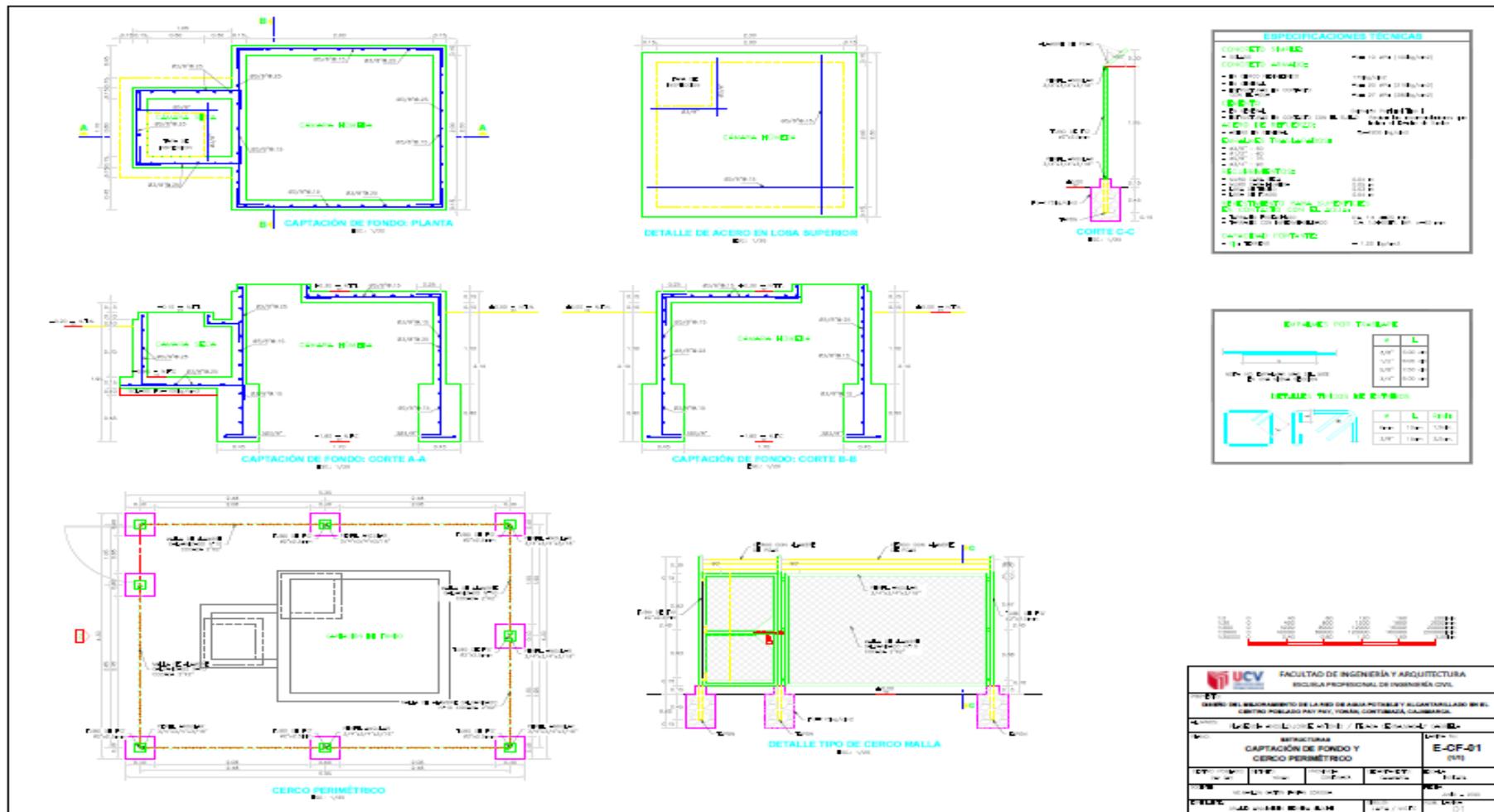


Figura 69. Captación de fondo (Estructura)

Fuente: Elaboración propia.

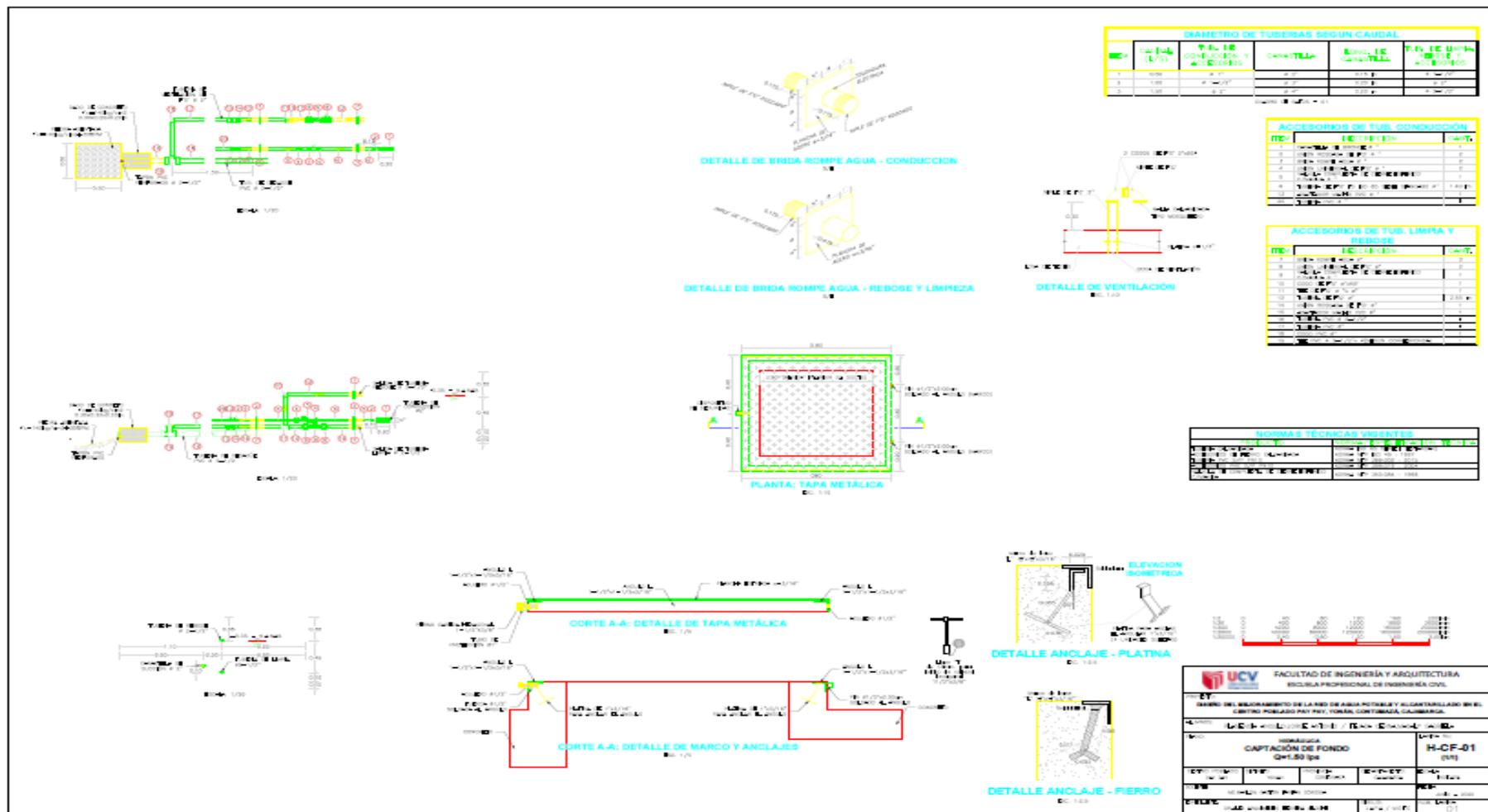


Figura 70. Captación de fondo (Hidráulica)

Fuente: Elaboración propia.

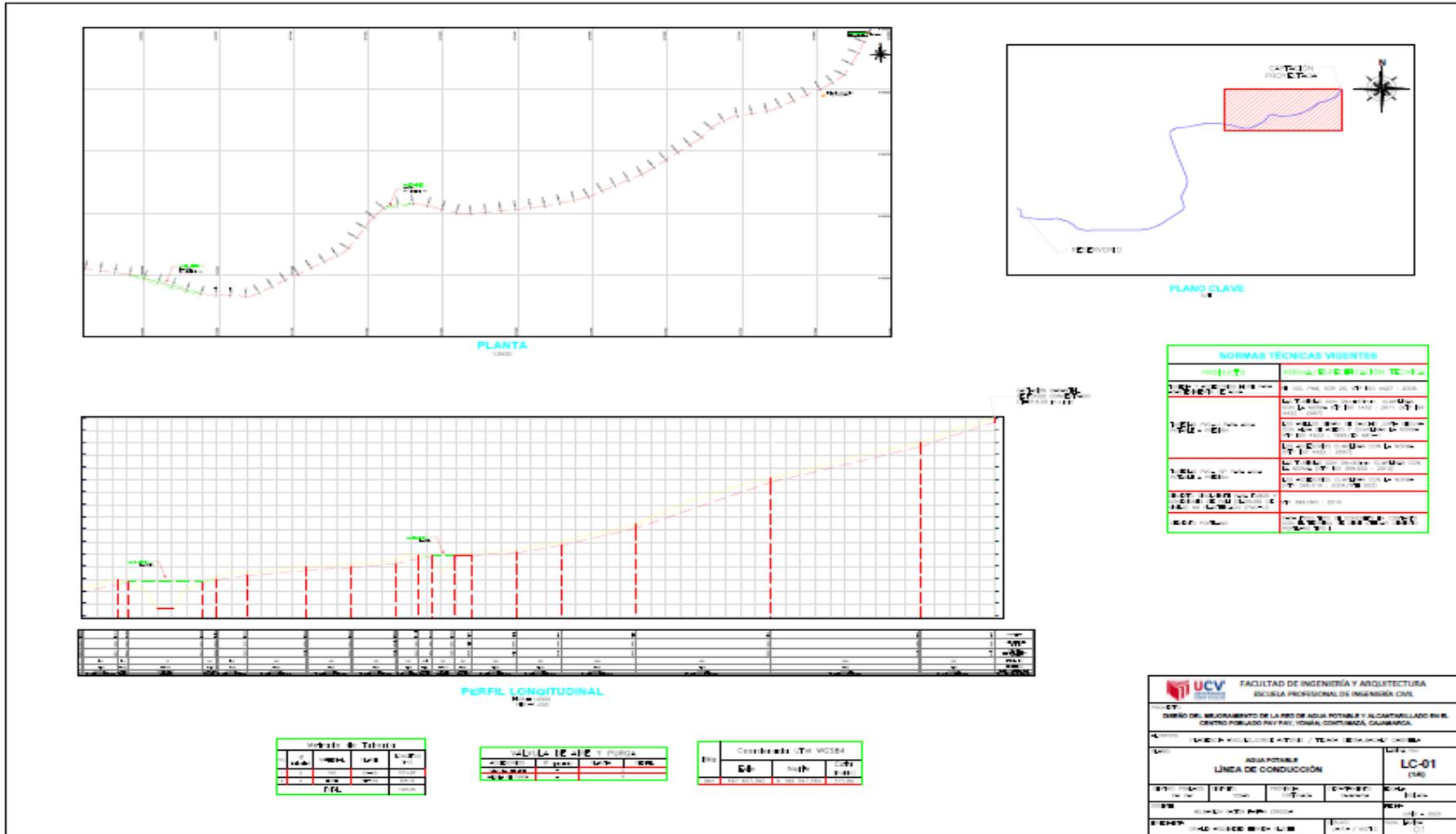


Figura 71. Línea de conducción Km 00 - Km 01+220

Fuente: Elaboración propia.

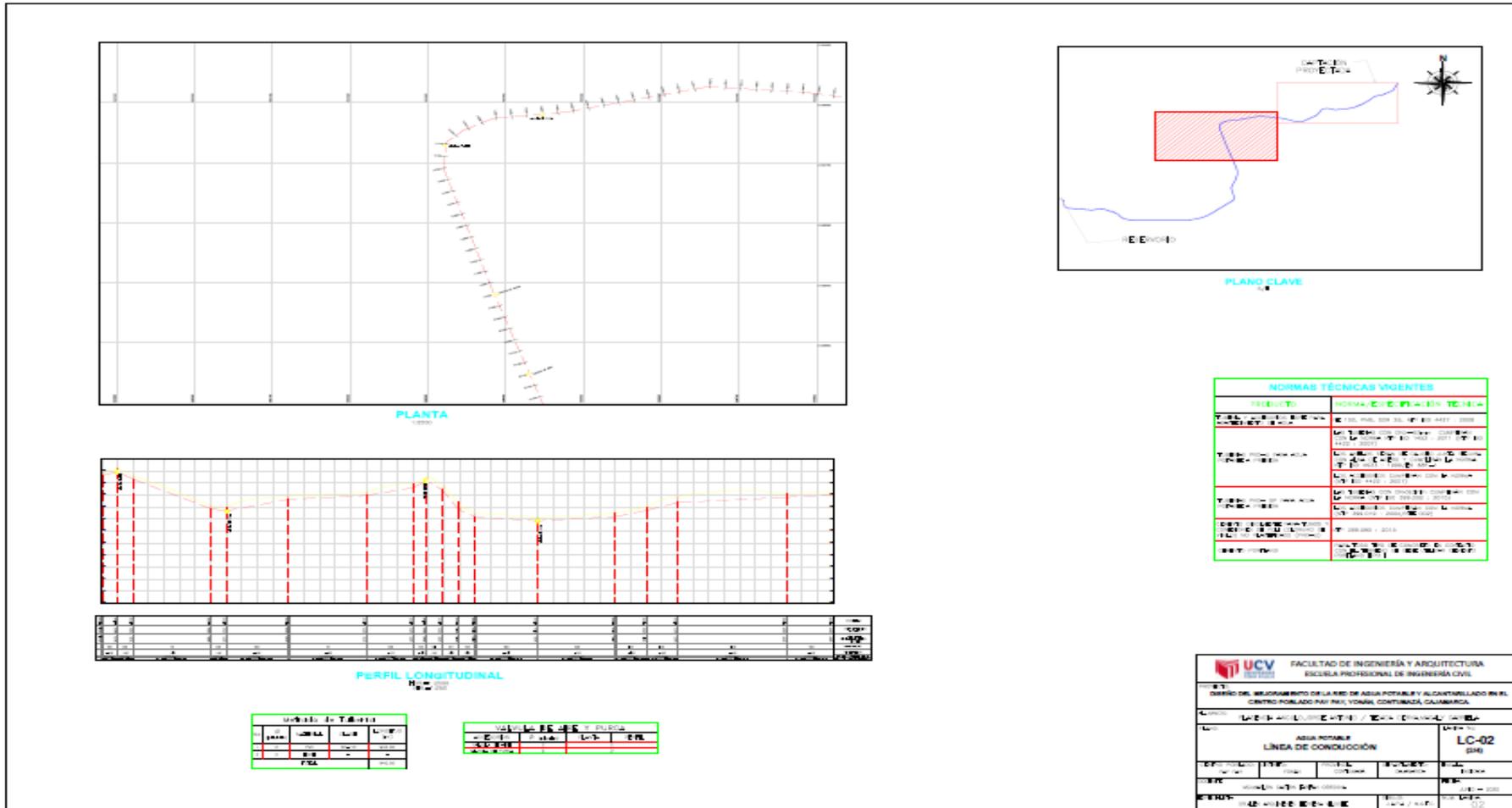


Figura 72. Línea de conducción Km 01+2020 - Km 02+160

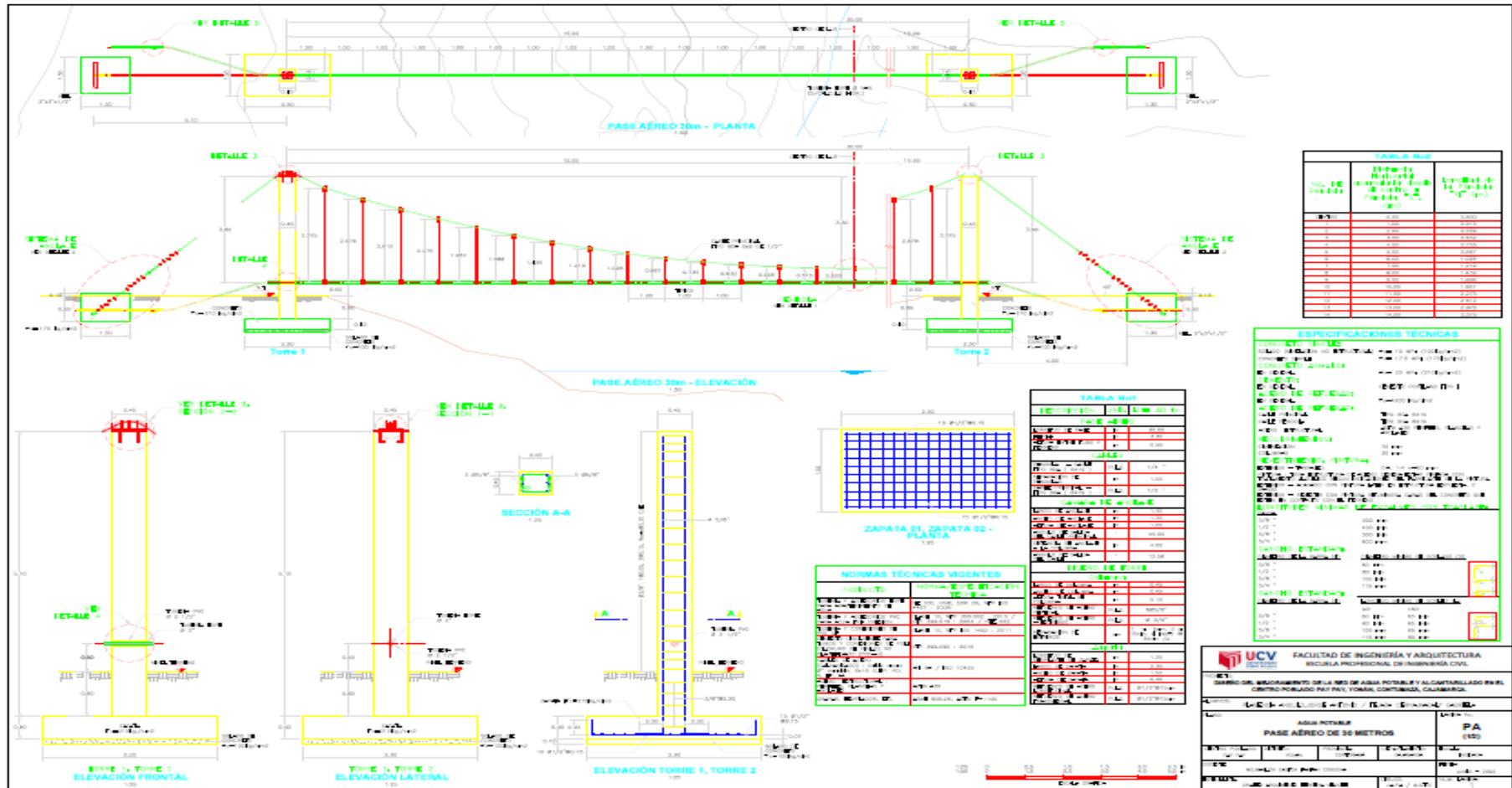
Fuente: Elaboración propia.











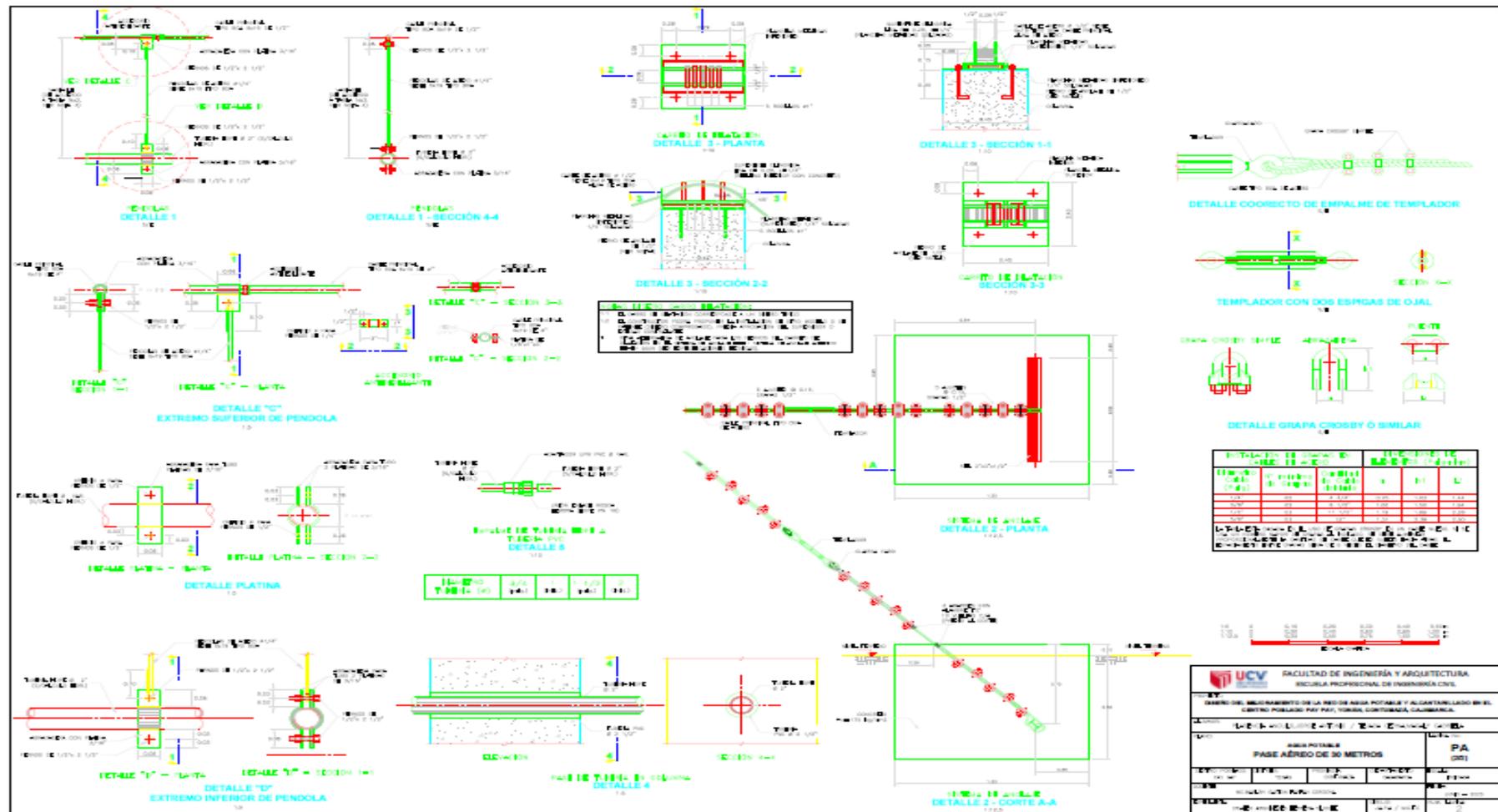


Figura 78. Pase aéreo de 30 m – Tramo N°02

Fuente: Elaboración propia.

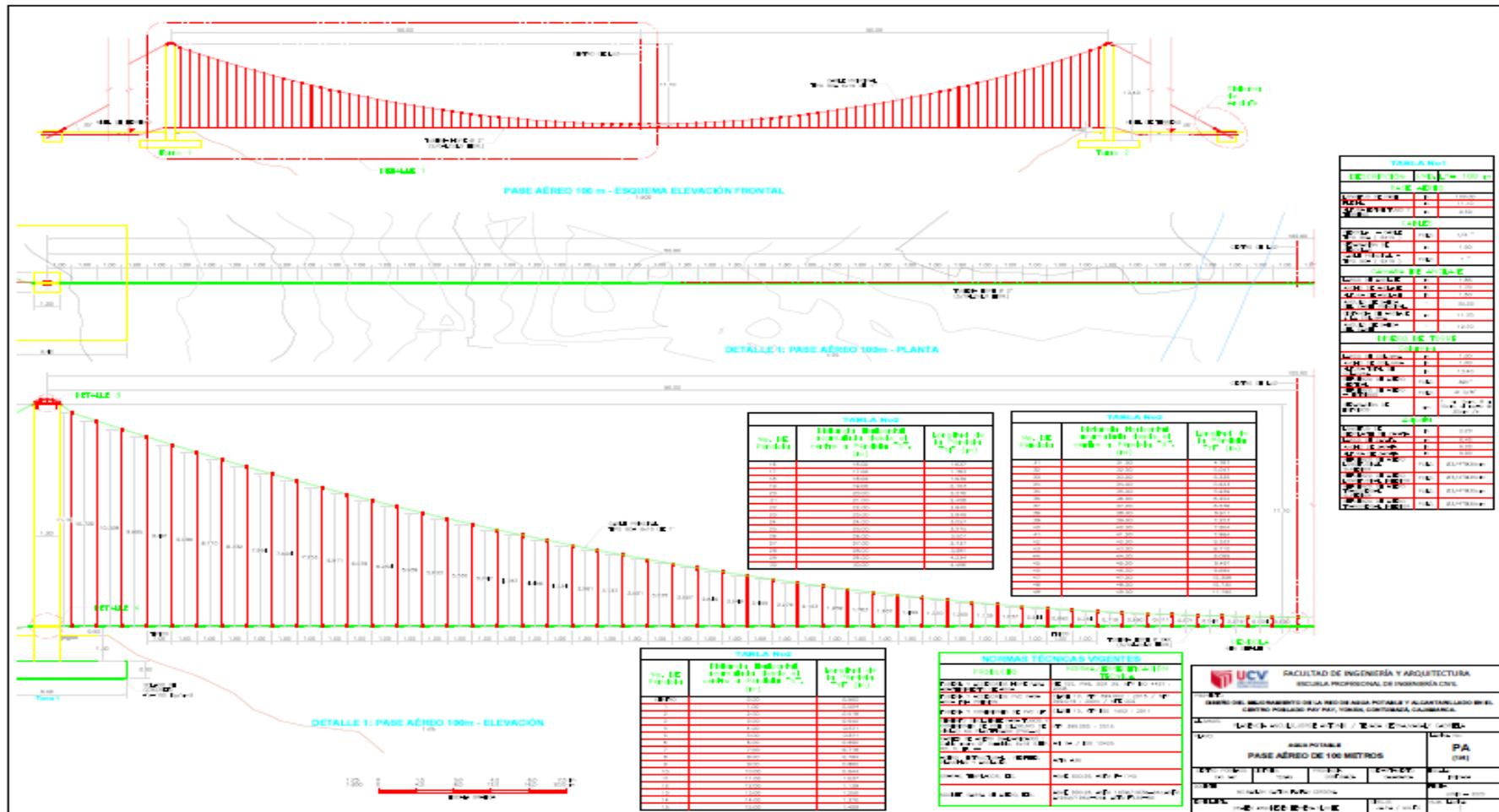


Figura 79. Pase aéreo de 100 m - Tramo N°01

Fuente: Elaboración propia.







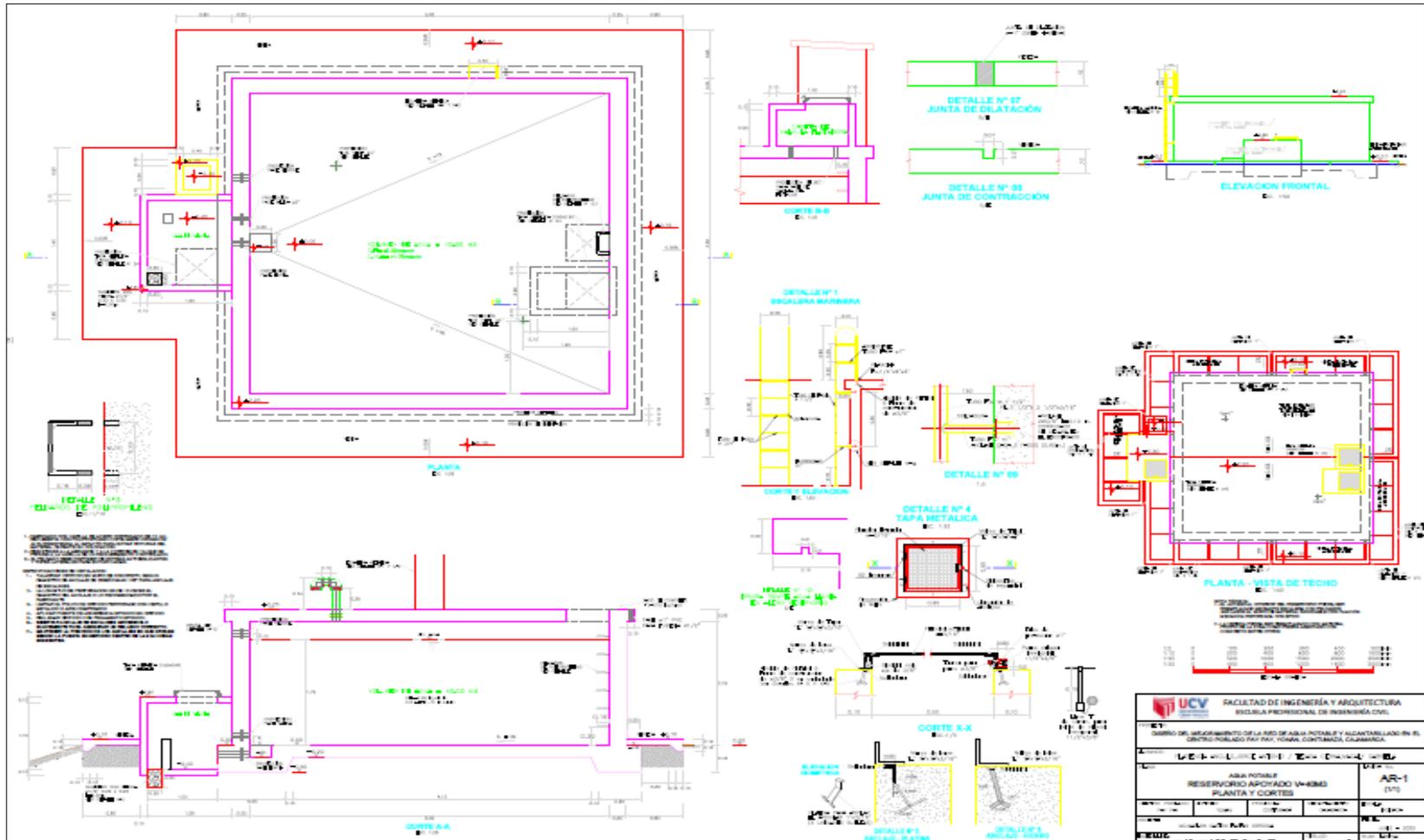


Figura 83. Reservoiro apoyado de 40 m<sup>3</sup> (Arquitectura)  
 Fuente: Elaboración propia.





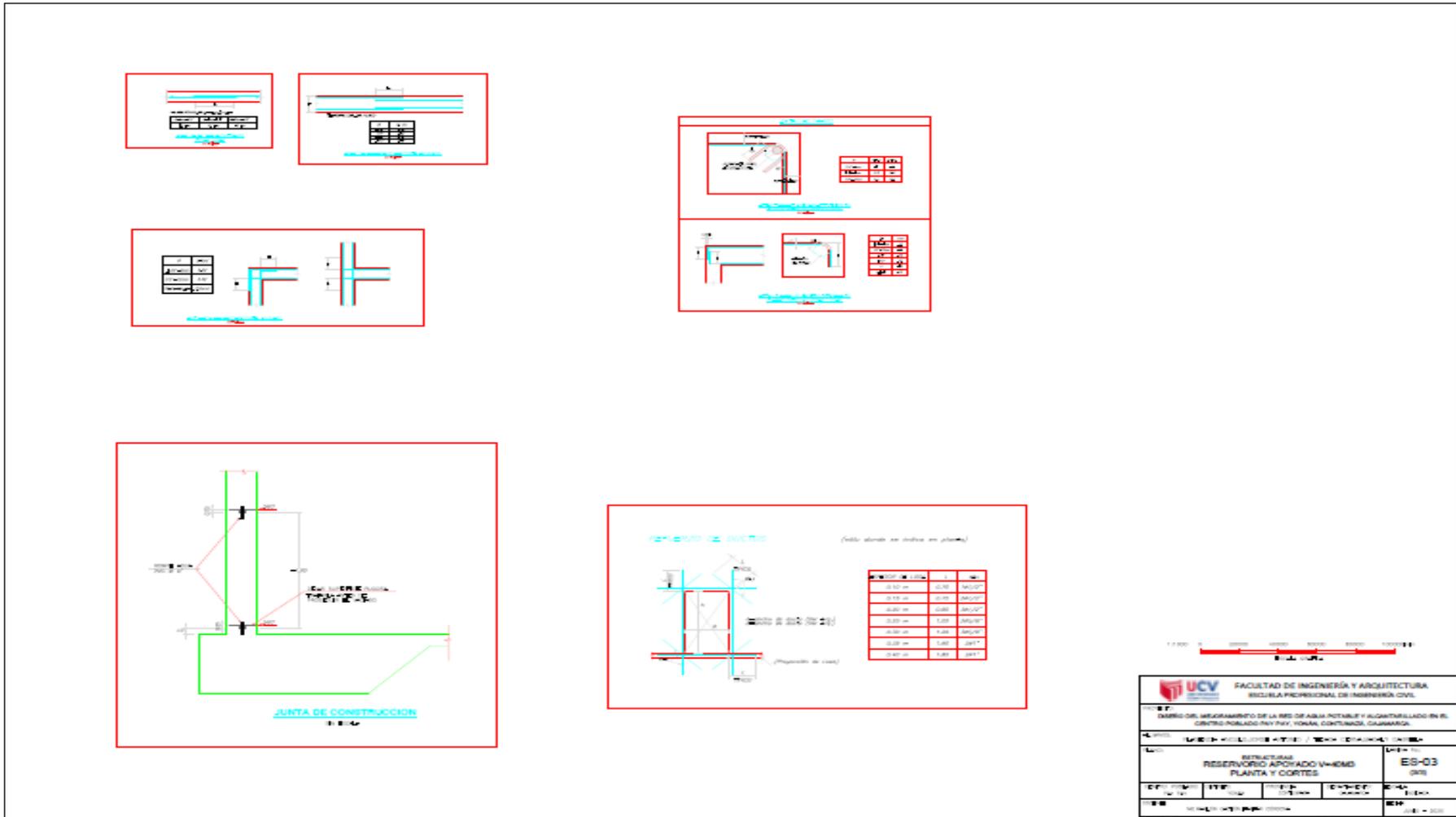


Figura 86. Reservoiro apoyado de 40 m<sup>3</sup> – (Estructuras) parte N°03

Fuente: Elaboración propia.

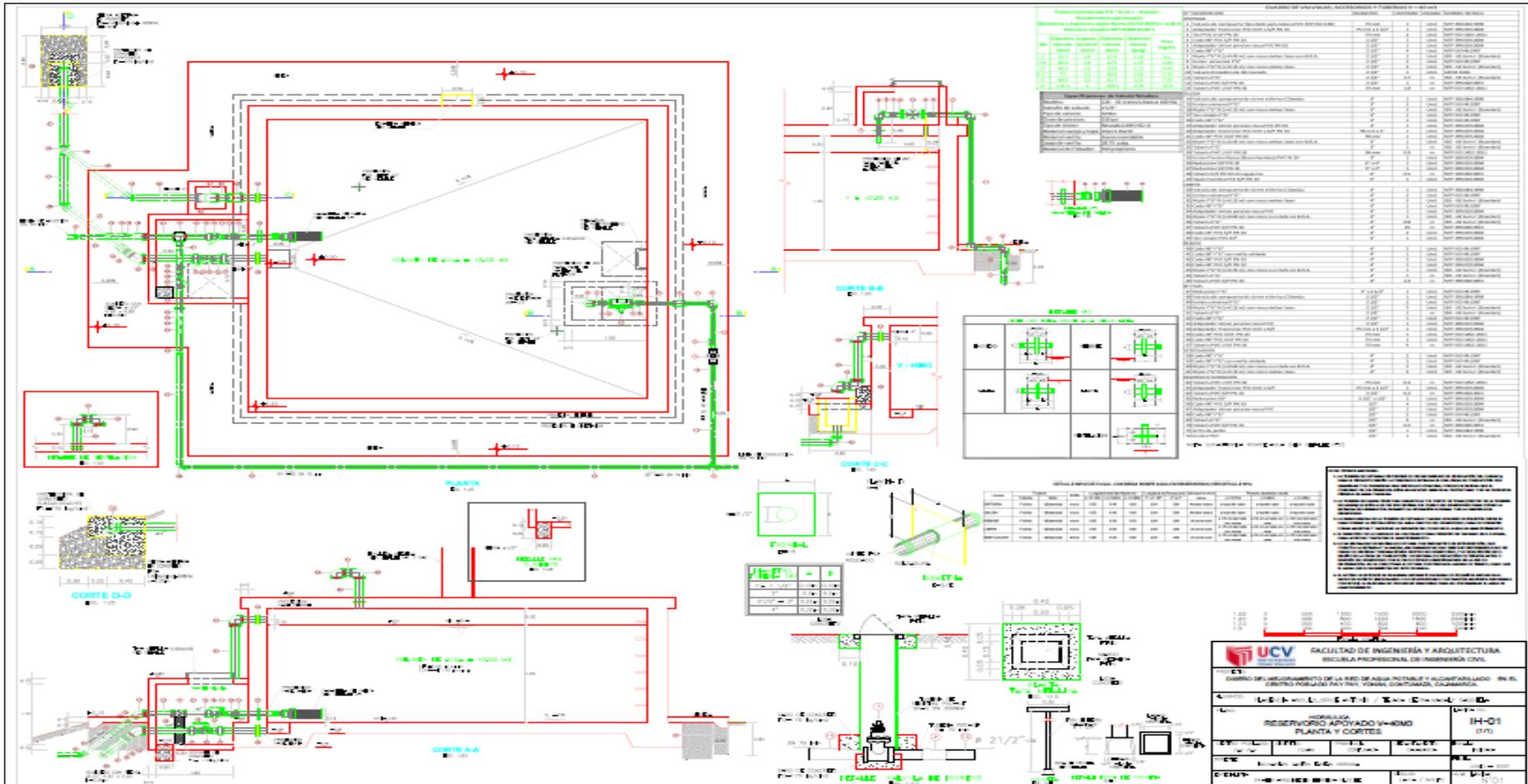


Figura 87. Reservorio apoyado de 40 m<sup>3</sup> – (Hidráulica)

Fuente: Elaboración propia.

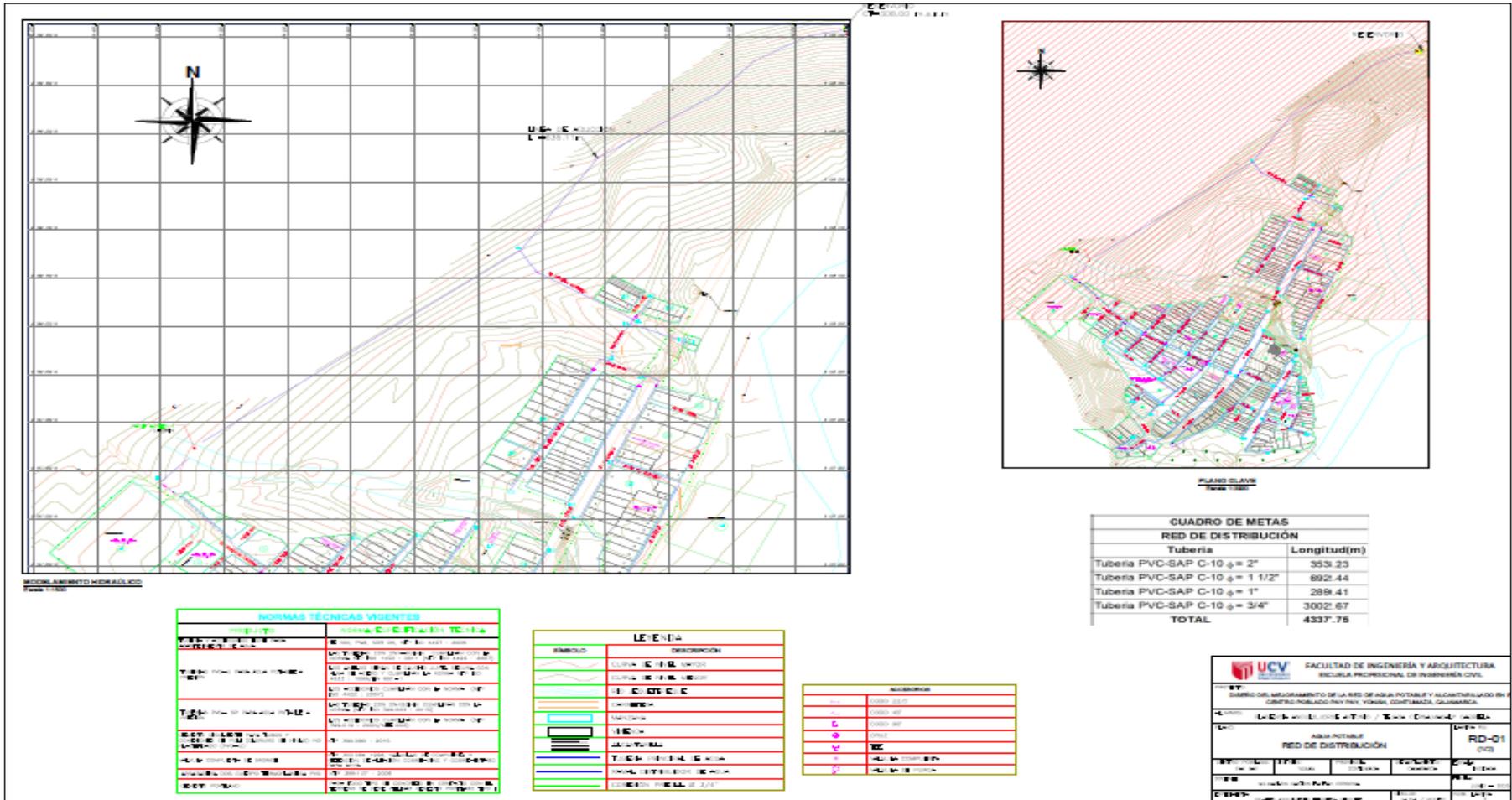


Figura 88. Red de distribución de agua potable - Parte N°01

Fuente: Elaboración propia.

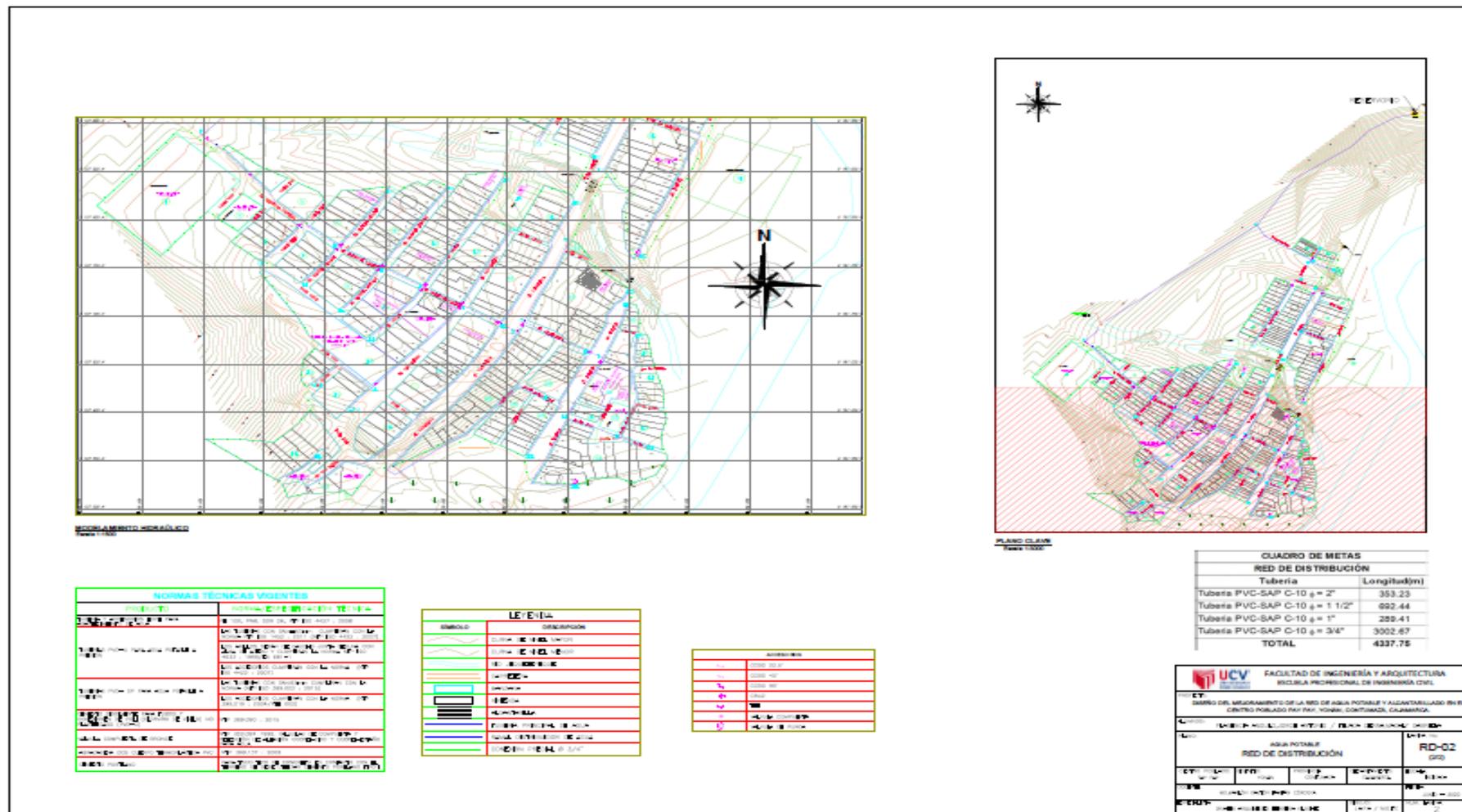


Figura 89. Red de distribución de agua potable - Parte N°02

Fuente: Elaboración propia.







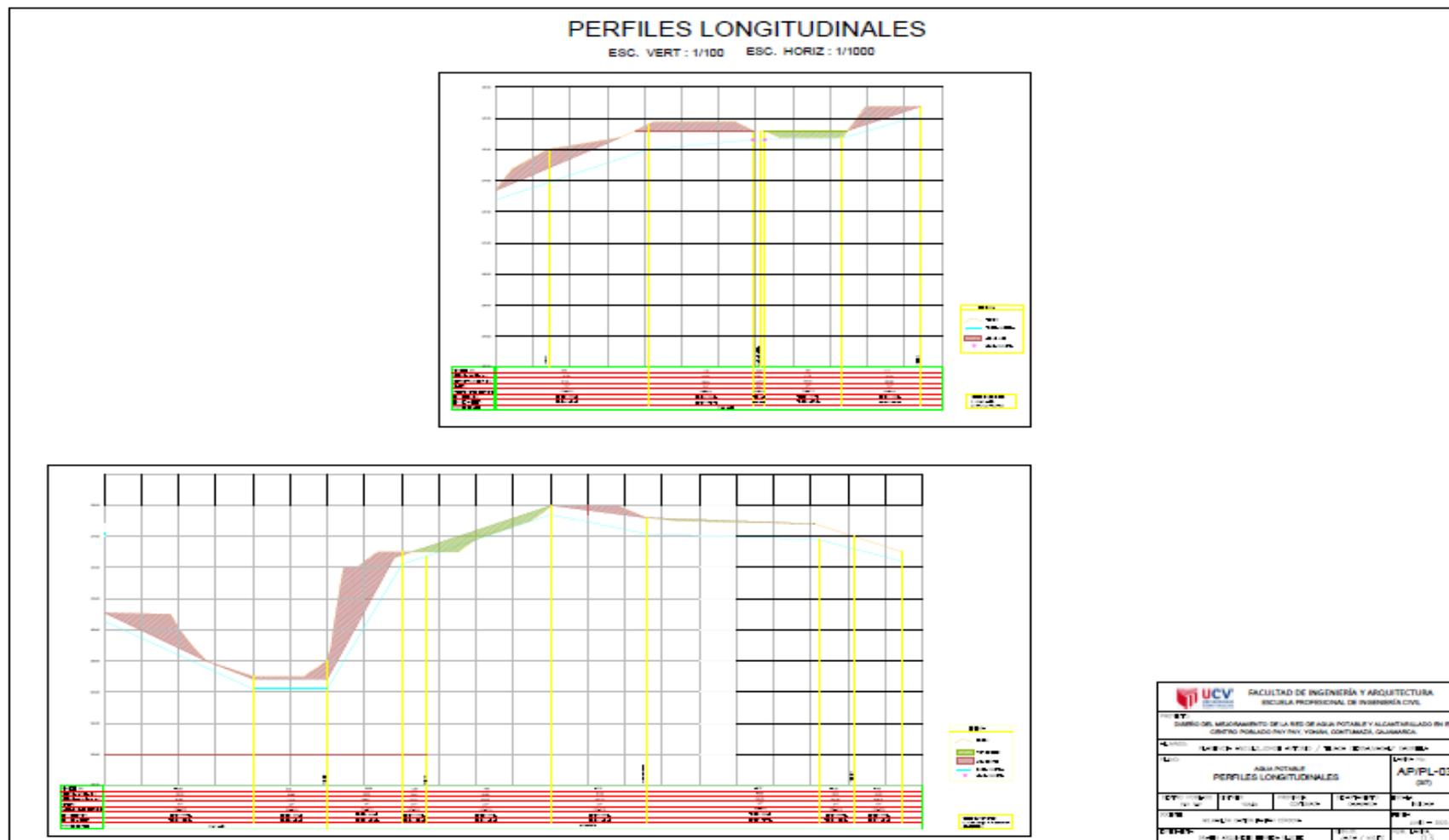


Figura 93. Perfiles longitudinales (red de distribución de agua potable) - parte n°02

Fuente: Elaboración propia.

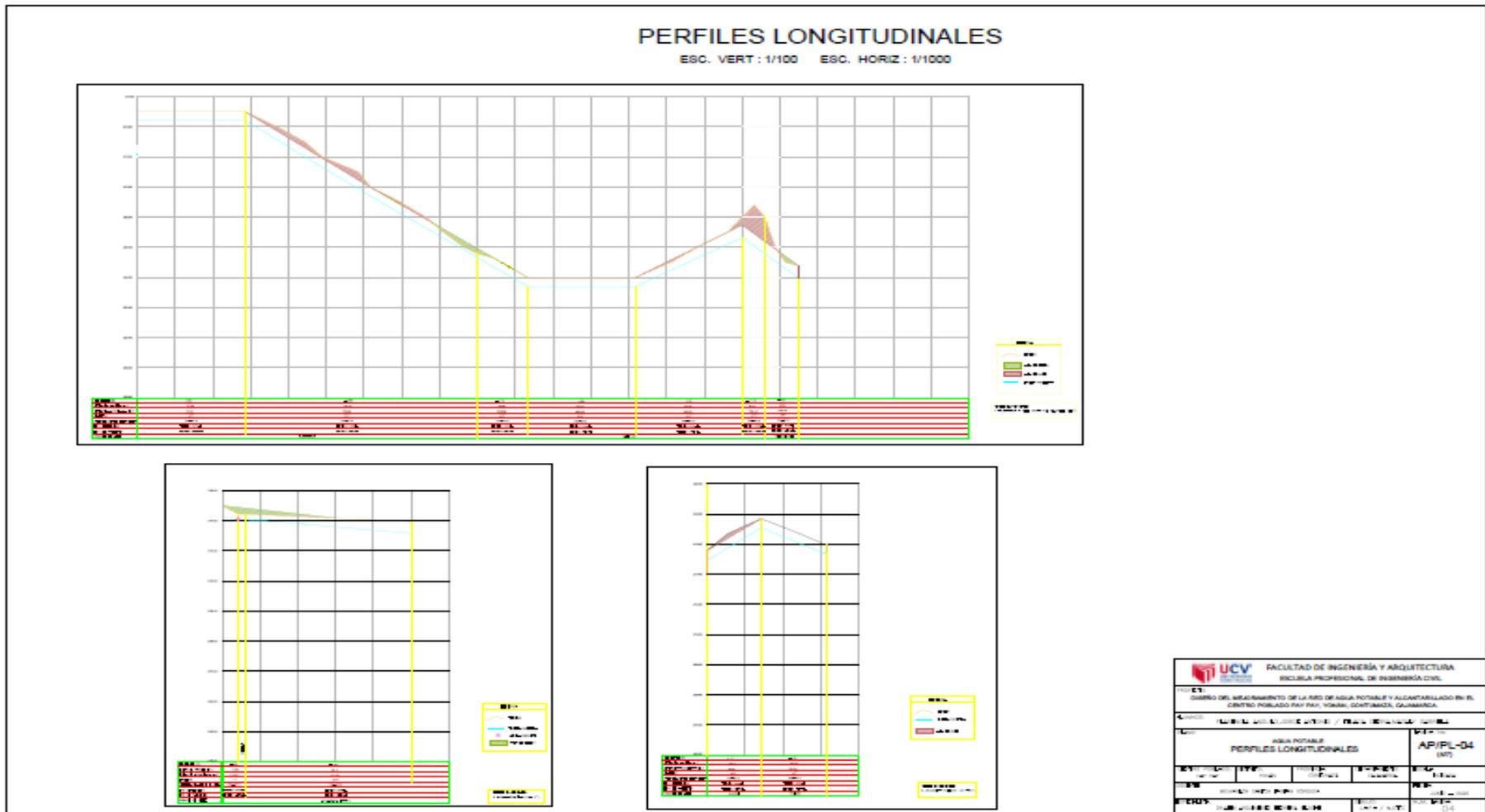


Figura 94. Perfiles longitudinales (red de distribución de agua potable)- parte n°03

Fuente: Elaboración propia.



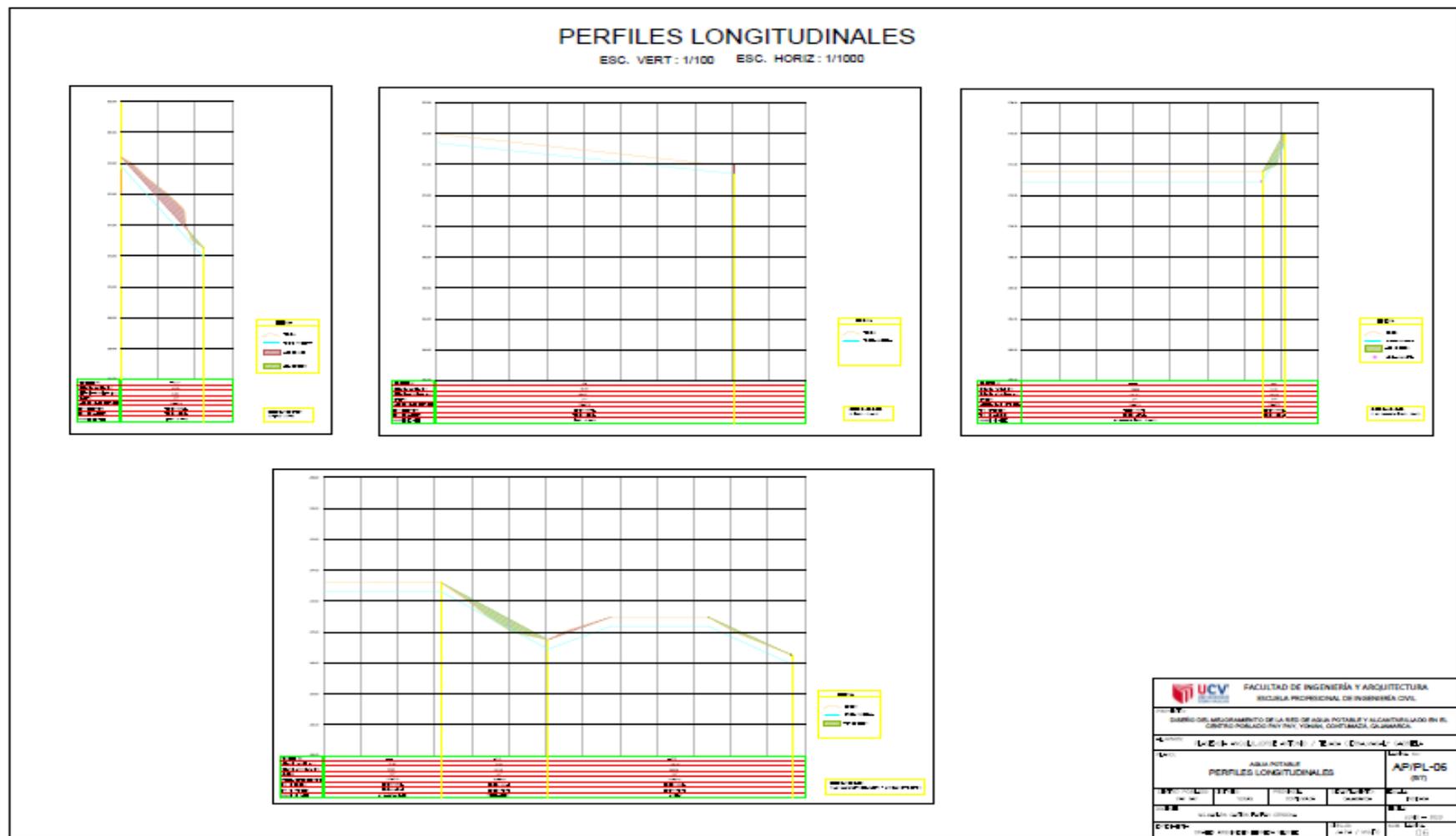
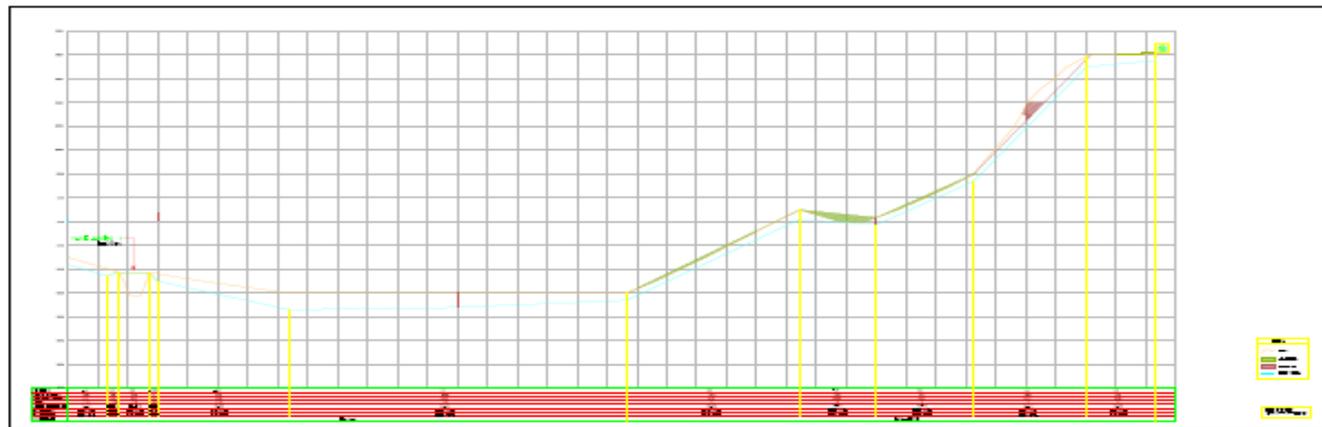


Figura 96. Perfiles longitudinales (red de distribución de agua potable) – parte n°05

Fuente: Elaboración propia.

## PERFILES LONGITUDINALES

ESC. VERT : 1/150    ESC. HORIZ : 1/1500



|  |  |
|--|--|
|  FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL |  |
| DISEÑO DEL MANEJO DEL AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN EL<br>CENTRO POBLADO PAY PAY, YUNAS, DEPARTAMENTO, CALABAGUA.   |  |
| TÍTULO: AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO / TEMA: PERFILES LONGITUDINALES  |  |
| ASIGNATURA: AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO / CATEDRÁTICO: APPL-07   |  |
| AUTOR: JUAN CARLOS BARRERA / FECHA: 2023   |  |
| REVISOR: JUAN CARLOS BARRERA / FECHA: 2023   |  |

Figura 97. Perfiles longitudinales (red de distribución de agua potable)-parte n°06

Fuente: Elaboración propia.



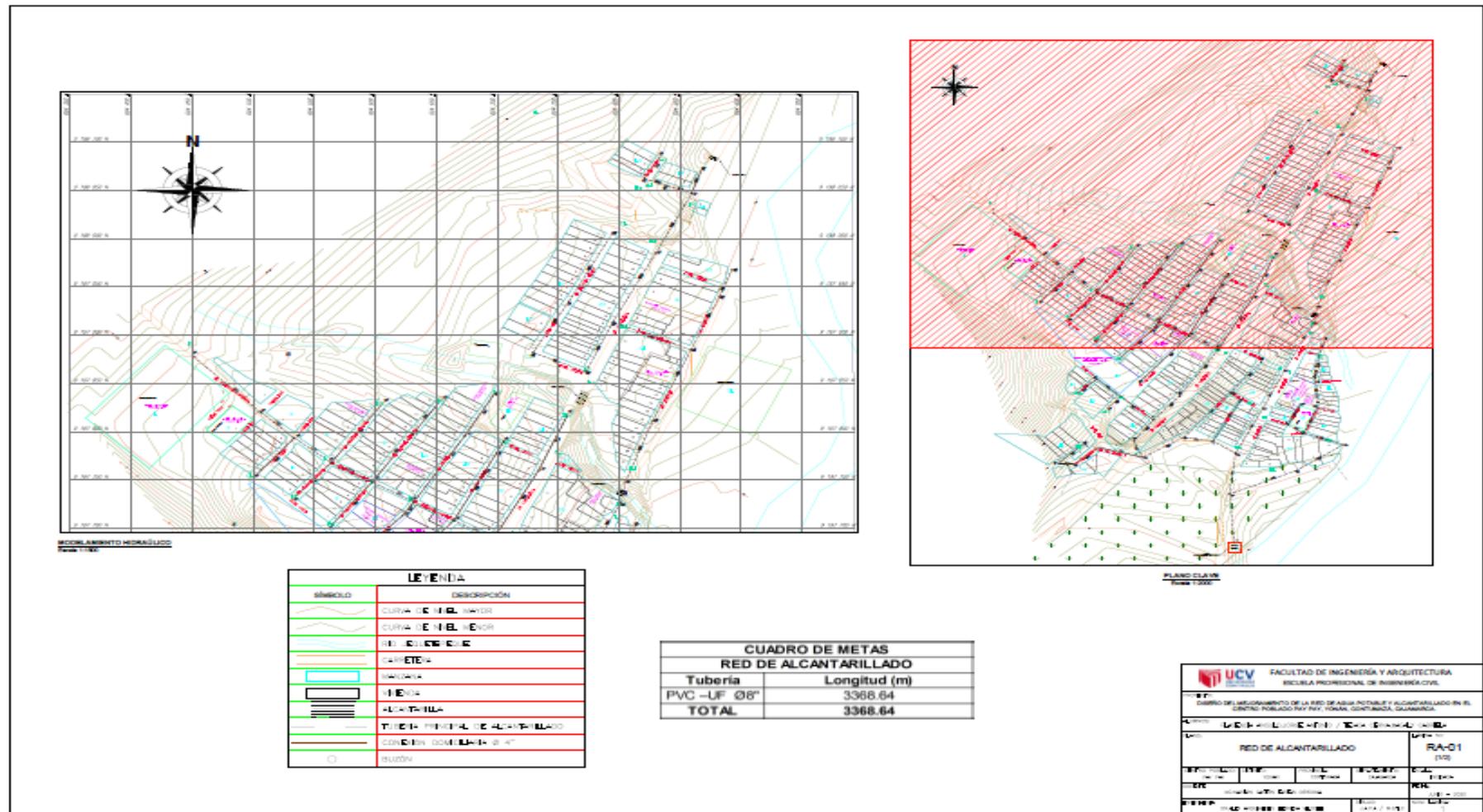


Figura 99. Red de alcantarillado – parte n°01

Fuente: Elaboración propia.

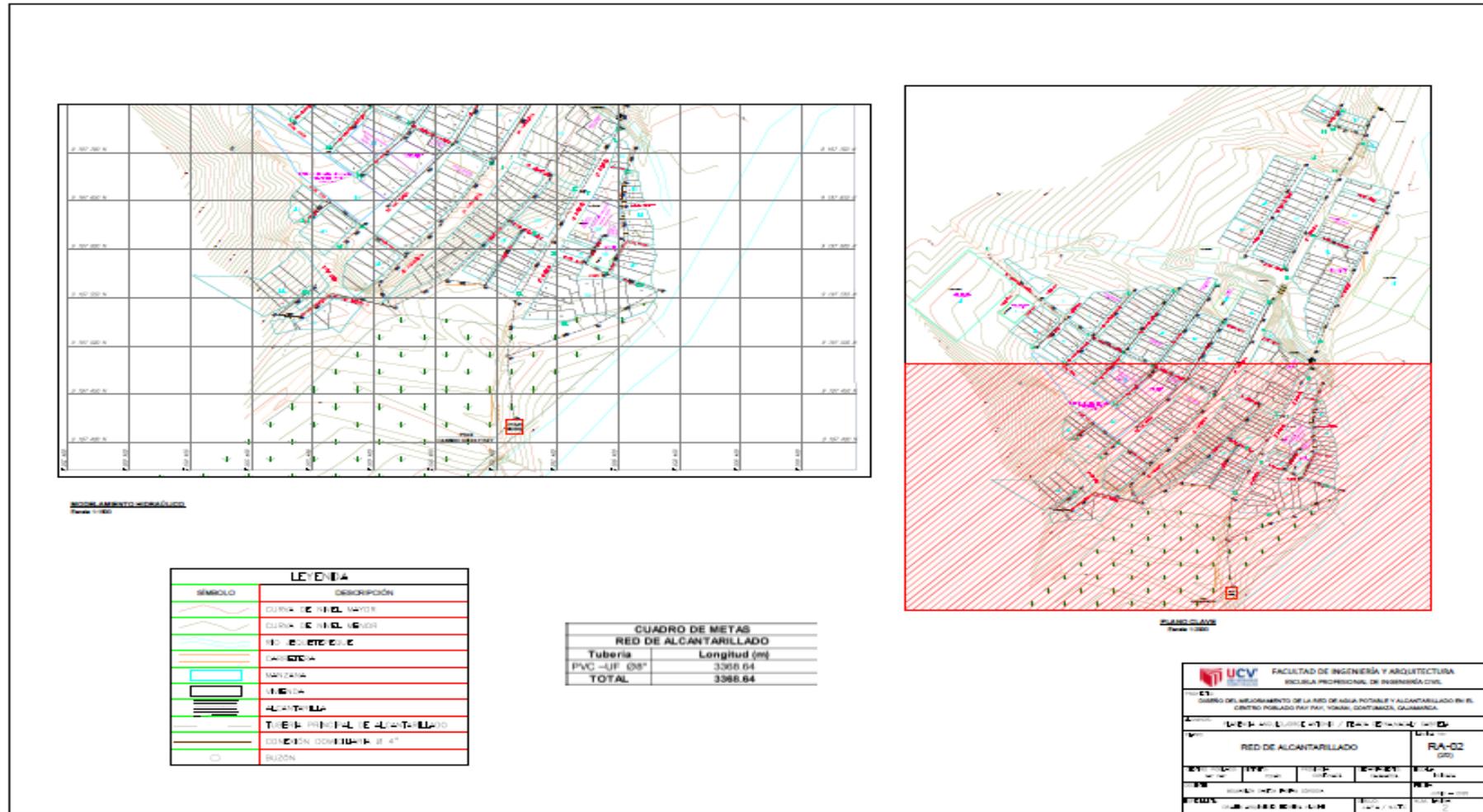
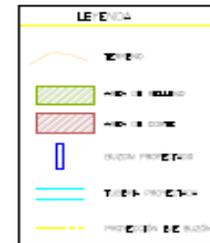
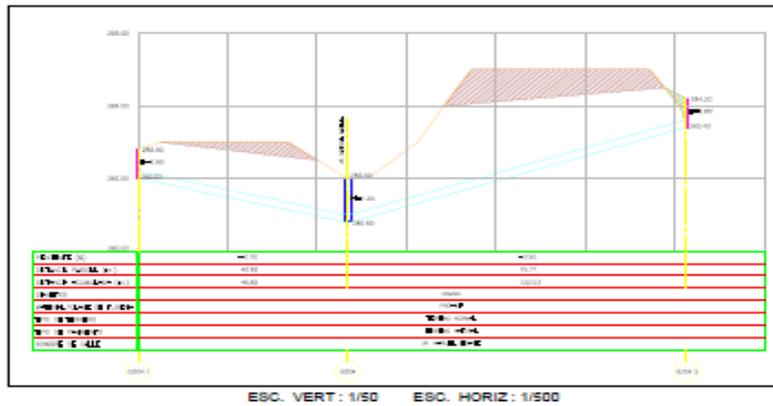
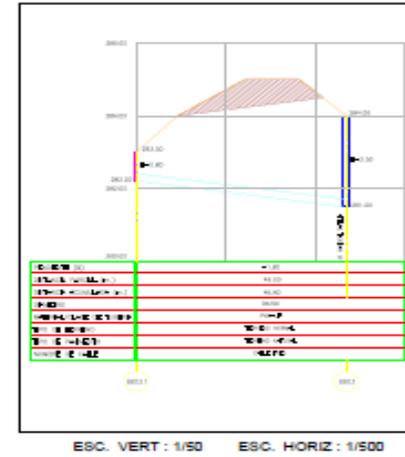
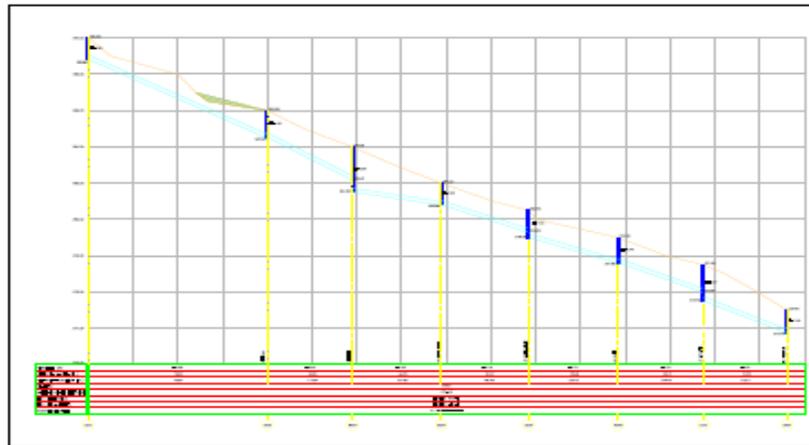


Figura 100. Red de alcantarillado - parte n°02

Fuente: Elaboración propia.

## PERFILES LONGITUDINALES



|  |                   |  |                   |
|--|-------------------|--|-------------------|
| <b>UCV</b><br>UNIVERSIDAD CAYMAHUASI   |                   | FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL |                   |
| OBJETO: DISEÑO DEL MEDIDAMIENTO DE LA RED DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN EL CENTRO PUEBLADO PATAKAY YORANI, CONDUCANZA, GUANABANZA. |                   |  |                   |
| AUTOR: INGENIERO CIVIL JOSÉ ANTONIO PEREZ GARCIA   |                   |  |                   |
| TÍTULO: RED DE ALCANTARILLADO<br>PERFILES LONGITUDINALES   |                   | RA/PL-01<br>(3/16)   |                   |
| CI: 1001   | IV: 1001          | PROYECTO: 1001   | CHAPERO: 1001     |
| FECHA: 10/01/2024  | FECHA: 10/01/2024 | FECHA: 10/01/2024  | FECHA: 10/01/2024 |
| PROYECTO: 1001   | PROYECTO: 1001    | PROYECTO: 1001   | PROYECTO: 1001    |

Figura 101. Perfiles longitudinales red de alcantarillado - parte n°01

Fuente: Elaboración propia.

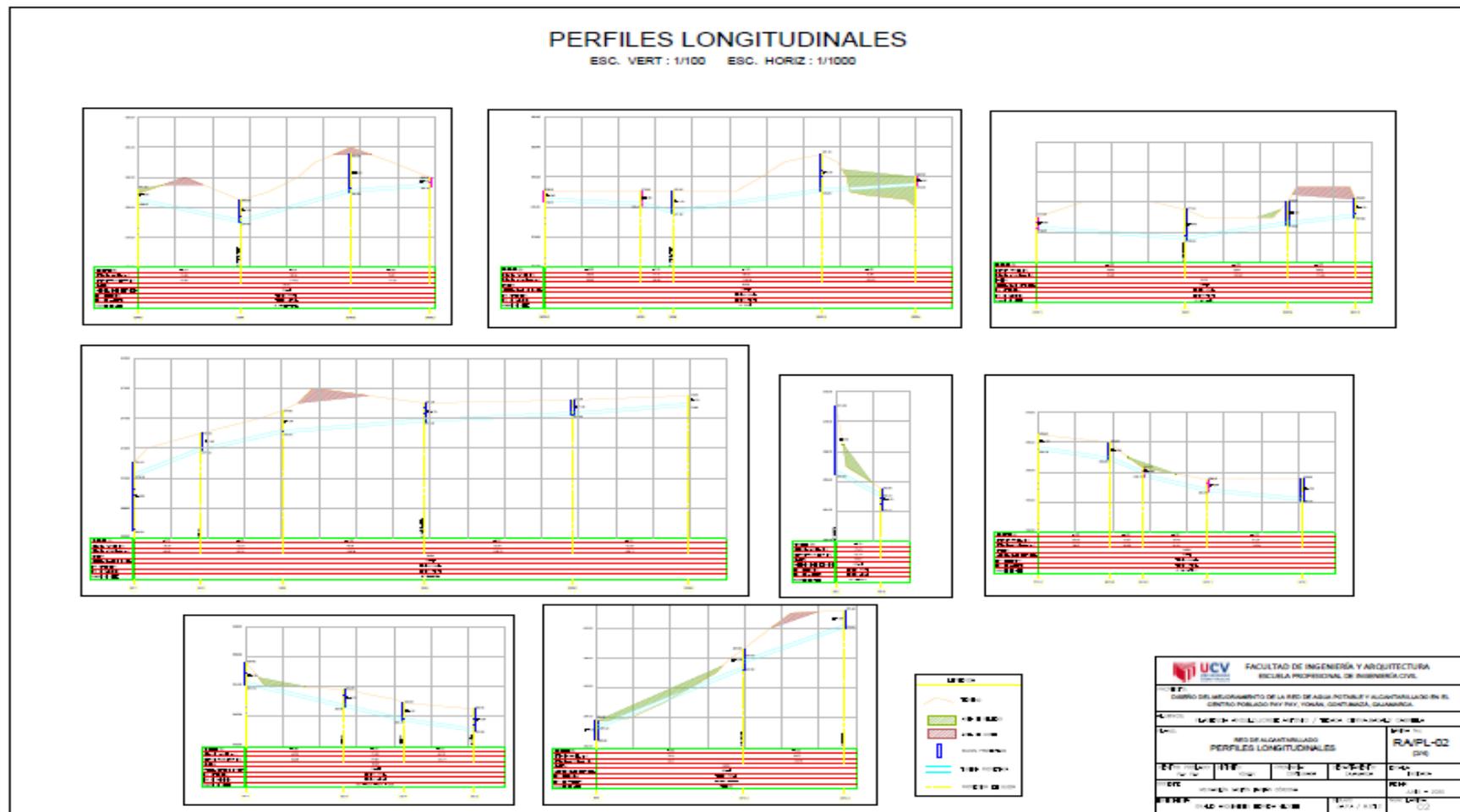


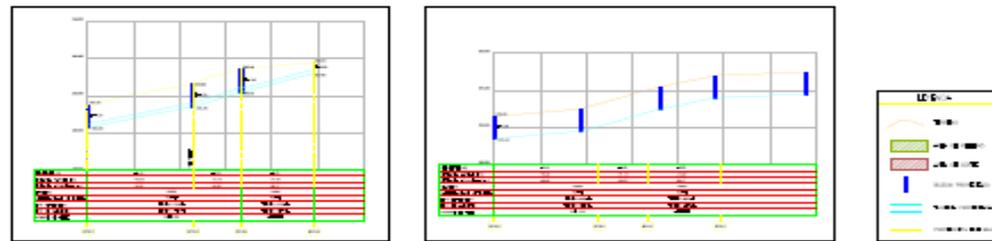
Figura 102. Perfiles longitudinales red de alcantarillado - parte n°02

Fuente: Elaboración propia.



## PERFILES LONGITUDINALES

ESC. VERT : 1/100    ESC. HORIZ : 1/1000

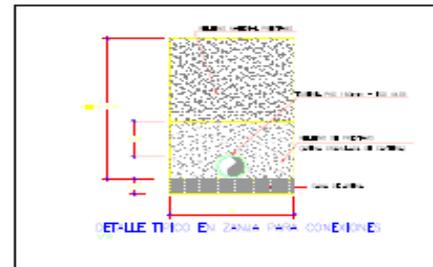
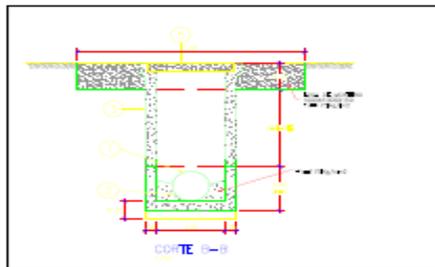
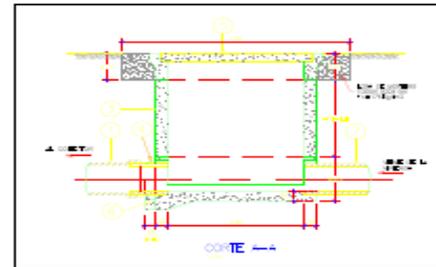
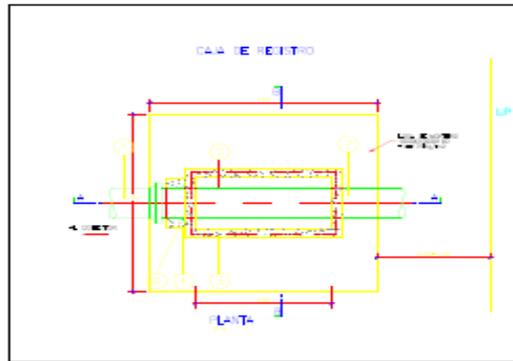


|  |             |  |         |
|--|-------------|--|---------|
|   |             | FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL |         |
| DISEÑO DEL ALCANTARILLADO DE LA RED DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN EL<br>CENTRO PUEBLADO DEL REY, TORO, COSTA RICA, GUANACASTE. |             |  |         |
| MÓDULO DE ALCANTARILLADO<br>PERFILES LONGITUDINALES  |             | RA/PL-04<br>(04)   |         |
| ET: 01   | FECHA: 2023 | PROF: L. GONZALEZ  | ESC: 01 |
| AUTOR: LUIS GONZALEZ   |             |  | ESC: 01 |
| REVISOR: LUIS GONZALEZ   |             |  | ESC: 01 |

Figura 104. Perfiles longitudinales red de alcantarillado - parte n°04

Fuente: Elaboración propia.





|   |                      |
|---|----------------------|
|  <b>FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA</b><br>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL |                      |
| CENTRO DEL MEJORAMIENTO DE LA RED DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN EL<br>CENTRO POBLADO PUY PUY, TONAL, CANTÓN AZUAY, GUAYAS.  |                      |
| <b>CONDICIONES DOMICILIARIAS</b>  |                      |
| <b>D-02</b><br>(02)   |                      |
| <b>PROYECTO:</b>  | <b>FECHA:</b>        |
| <b>ELABORADO POR:</b>   | <b>REVISADO POR:</b> |
| <b>PROYECTO:</b>  | <b>FECHA:</b>        |
| <b>ELABORADO POR:</b>   | <b>REVISADO POR:</b> |

Figura 106. Conexiones domiciliarias de red de alcantarillado- parte nº02

Fuente: Elaboración propia.

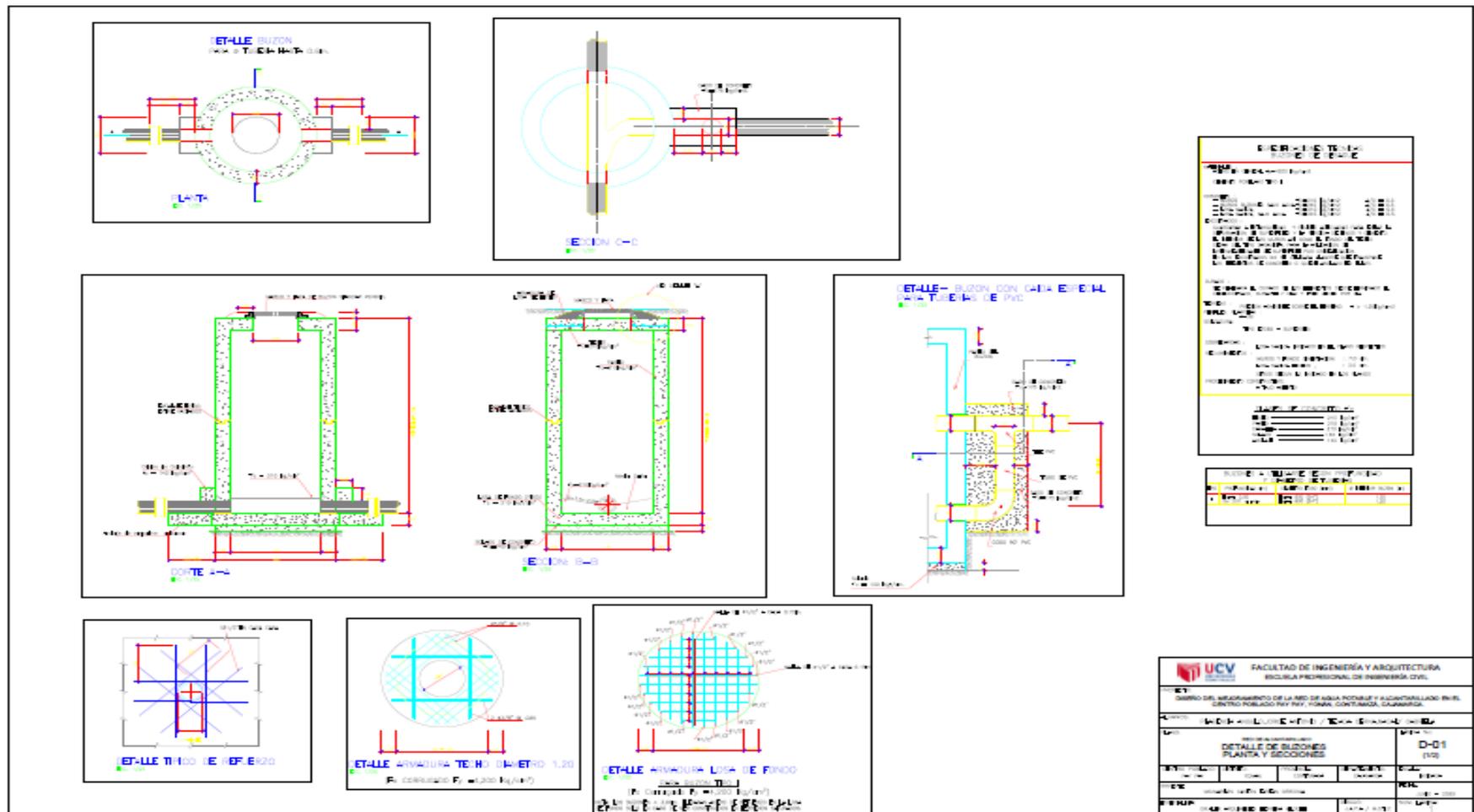


Figura 107. Detalle de buzones - parte n°01

Fuente: Elaboración propia.

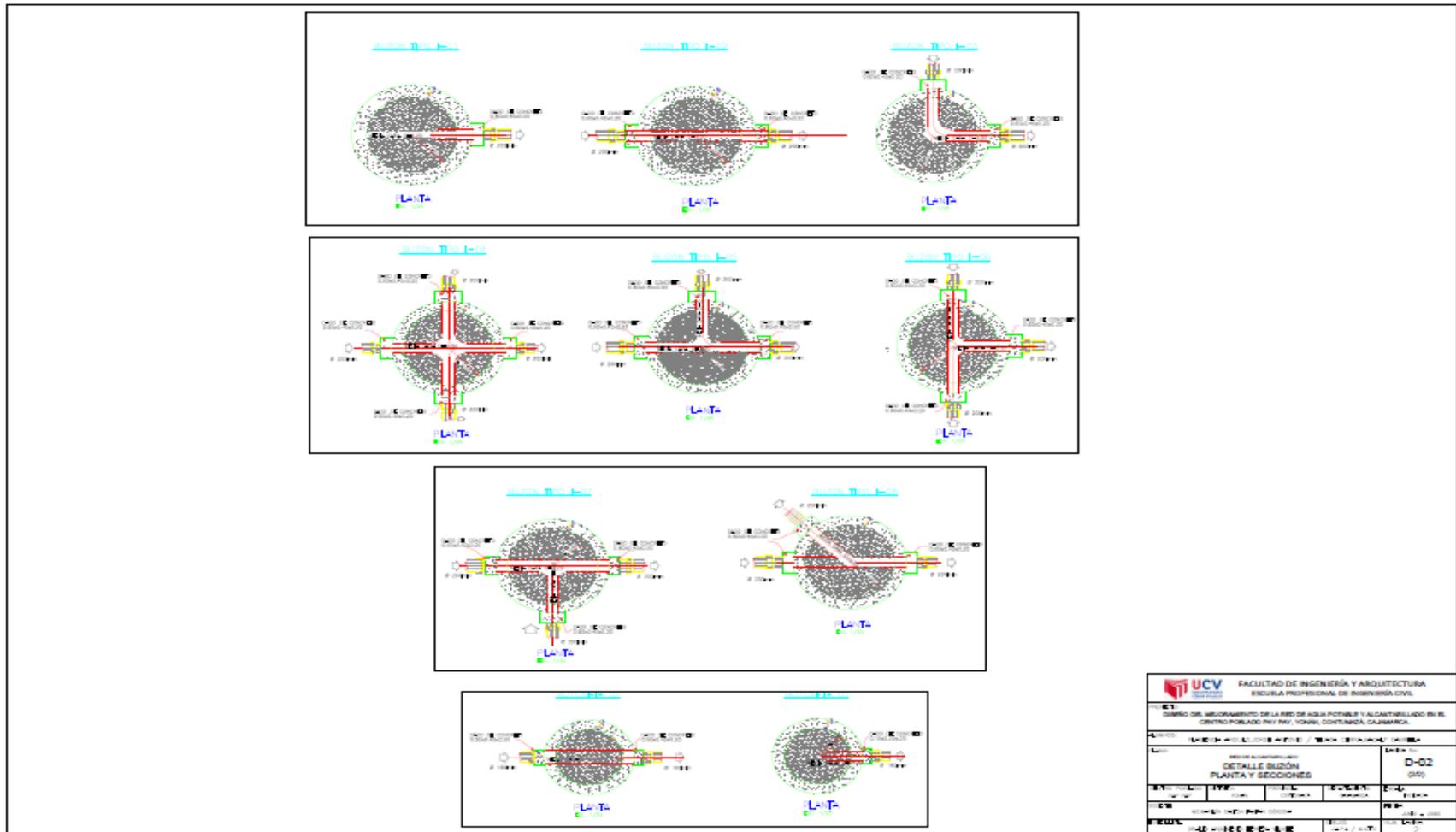


Figura 108. Detalle de buzones - parte n°02

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 6

EVIDENCIA FOTOGRÁFICA



Figura 109. Fotografías a instalaciones de Pejeza

Fuente: Elaboración propia.



Figura 110. Fotografías de alrededores del centro poblado Gallito Ciego

Fuente: Elaboración propia.



Figura 111. Fotografías del centro poblado Gallito Ciego

Fuente: Elaboración propia.



Figura 112. Fotografías del centro poblado Pay Pay

Fuente: Elaboración propia



Figura 113. Fotografías del centro poblado Pay Pay

Fuente: Elaboración propia.



Figura 114. Fotografías del estado actual del reservorio C.P Pay Pay

Fuente: Elaboración propia



Figura 115. Fotografías de la red de distribución y disposición de excretas.

Fuente: Elaboración propia.



Figura 116. Red de agua y desagüe de una vivienda del C.P Pay Pay

Fuente: Elaboración propia.

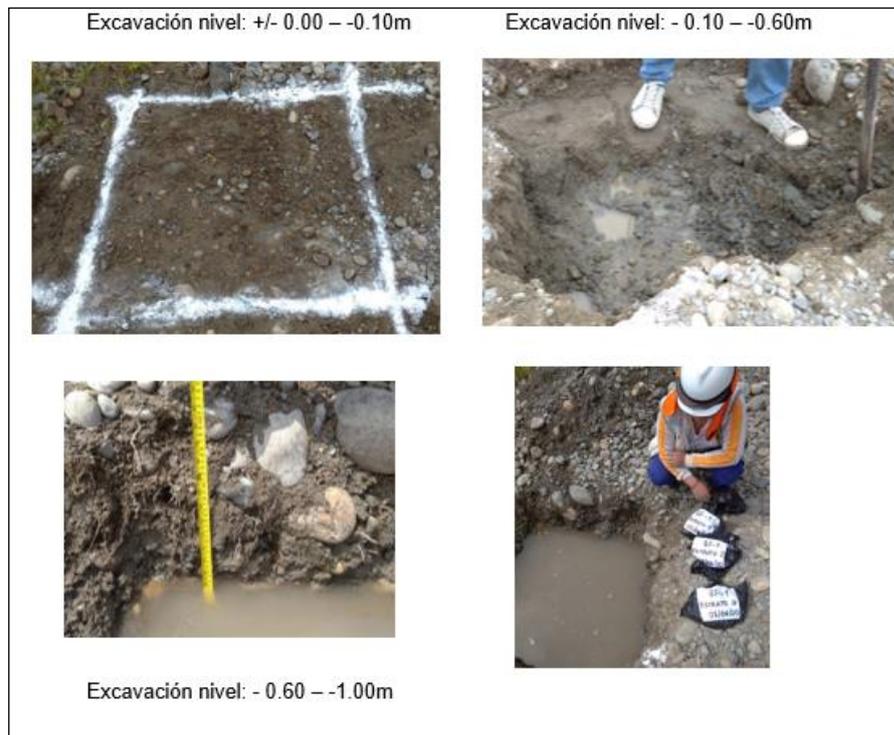


Figura 117. Calicata 01 – Captación – Estrato 1-2-3.

Fuente: Elaboración propia.

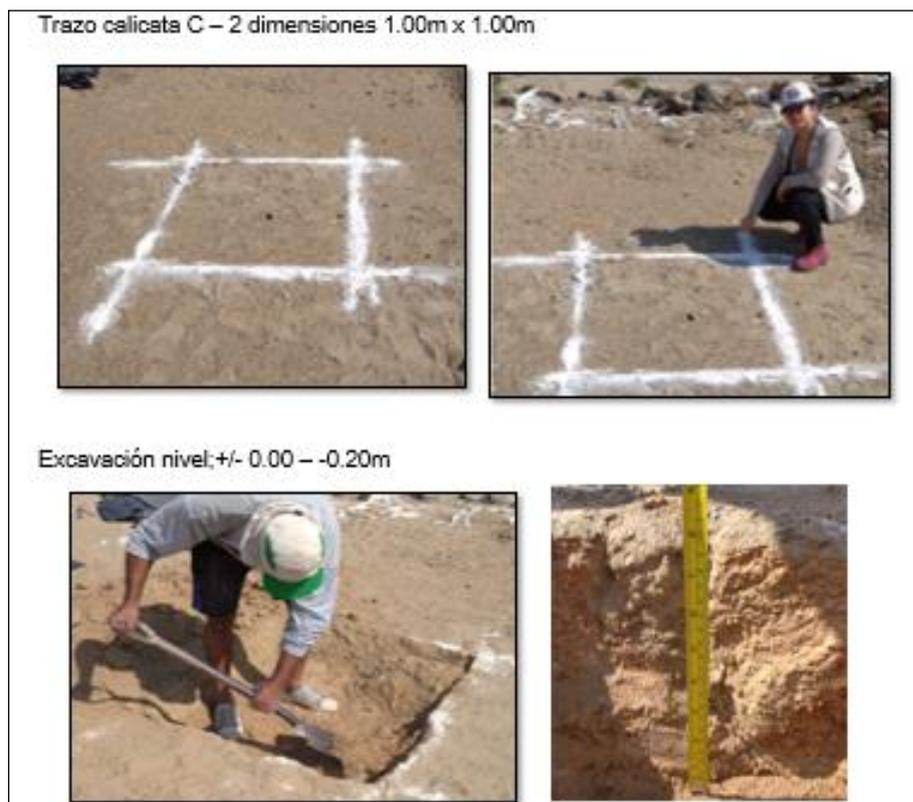


Figura 118. Calicata 02 – Reservoirio – Estrato 1

Fuente: Elaboración propia.

Excavación nivel: -0.20m – -0.70m



Excavación nivel: -0.70 – -1.50



Figura 119. Calicata 02 - Reservoirio – Estrato 2-3

Fuente: Elaboración propia.



Figura 120. Extracción de muestra inalterada - Calicata 02 - Reservoirio

Fuente: Elaboración propia.

Trazo calicata C – 3 dimensiones 1.00m x 1.00m



Excavación nivel: +/- 0.00 – -0.20m



Excavación nivel: -0.20 – -0.60



Figura 121. Calicata 03 – Red de distribución – Estrato 1-2

Fuente: Elaboración propia.

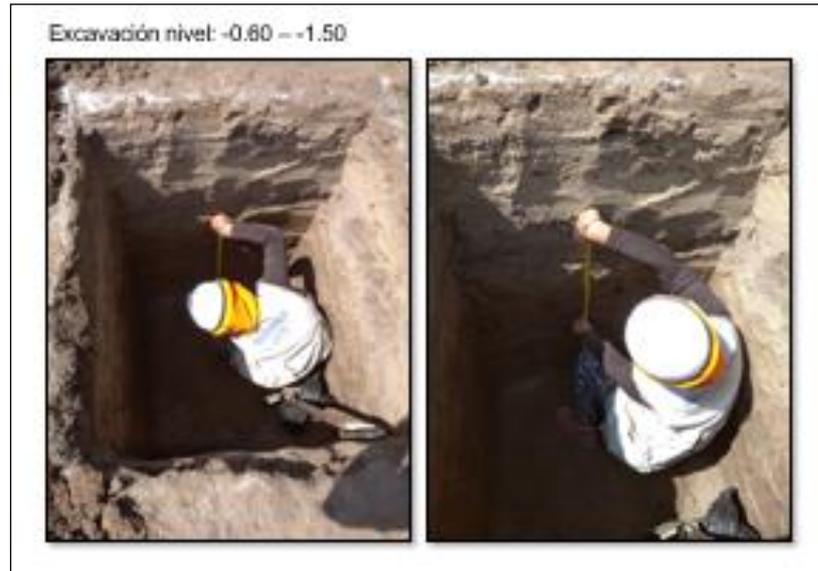


Figura 122. Calicata 03 – Red de distribución – Estrato 3

Fuente: Elaboración propia.



Figura 123. Calicata 04 – PTAR – Estrato 1

Fuente: Elaboración propia.

Excavación nivel: -0.20 – -0.55



Excavación nivel: -0.55 – -1.50



Figura 124. Calicata 04 – PTAR – Estrato 2-3

Fuente: Elaboración propia.