

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA: INGENIERÍA CIVIL**

**Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO CIVIL**

**TEMA:  
SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA EL SECTOR EL CHAMIZAL DE  
LA PARROQUIA EL QUINCHE, CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE  
PICHINCHA**

**AUTOR:  
BYRON PATRICIO CALO CATOTA**

**DIRECTOR:  
CARLOS ANIBAL GUTIÉRREZ CAIZA**

**Quito, abril de 2015**

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO  
DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de titulación y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaro que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

---

Byron Patricio Calo Catota

C.C. 1723432728

## **DEDICATORIA**

En primer lugar a Dios, por darme la oportunidad de romper paradigmas familiares en los cuales he vivido. En segundo lugar a mis padres y hermanos que son el pilar fundamental y la fuerza que me han acompañado durante estos años difíciles.

Al ser increíble que con su acción cambió el destino de mi familia.

Byron Patricio Calo Catota

## **AGRADECIMIENTO**

A los docentes de carrera de Ingeniería Civil que imparcial y desinteresadamente sí aportaron a mi formación académica y humana; especialmente al Ing. Carlos Gutiérrez por su guía y conocimientos compartidos como director del proyecto de grado.

Al personal técnico de la Empresa Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, principalmente a la Ing. María Eugenia Mancero que con su experiencia contribuyó al desarrollo del mismo.

## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....   | 1  |
| <b>CAPÍTULO 1</b> .....   | 2  |
| <b>DATOS GENERALES DEL PROYECTO</b> .....   | 2  |
| 1.1 Nombre del proyecto .....   | 2  |
| 1.2 Entidad ejecutora.....  | 2  |
| 1.3 Cobertura y localización.....   | 2  |
| 1.3.1 Ubicación del proyecto. ....  | 2  |
| 1.3.2 Localización georeferenciada.....   | 3  |
| 1.4 Monto .....   | 4  |
| 1.5 Plazo de ejecución .....  | 4  |
| 1.6 Sector y tipo de proyecto.....  | 4  |
| <b>CAPÍTULO 2</b> .....   | 5  |
| <b>DIAGNÓSTICO Y PROBLEMA</b> .....   | 5  |
| 2.1 Descripción de la situación actual del área de intervención del proyecto..... | 5  |
| 2.1.1 Vías de acceso. ....  | 5  |
| 2.1.2 Población.....  | 6  |
| 2.1.3 Educación.....  | 6  |
| 2.1.4 Salud.....  | 7  |
| 2.1.5 Vivienda. ....  | 7  |
| 2.1.6 Situación socioeconómica.....   | 8  |
| 2.1.7 Servicios básicos existentes. ....  | 9  |
| 2.1.8 Turismo. ....   | 11 |
| 2.2 Identificación, descripción y diagnóstico del problema.....                   | 11 |
| 2.3 Línea base del proyecto.....  | 14 |
| 2.3.1 Determinación del tamaño de la muestra. ....                                | 14 |
| 2.3.2 Resultados encuesta .....   | 15 |
| 2.4 Análisis de oferta y demanda .....  | 16 |

|  |  |           |
|--|--|-----------|
| 2.4.1  | Demanda actual.....  | 16        |
| 2.4.1.1  | Población de referencia actual. ....                           | 16        |
| 2.4.1.2  | Población demandante potencial actual .....                    | 17        |
| 2.4.1.3  | Población demandante efectiva actual. ....                     | 18        |
| 2.4.2  | Demanda futura.....  | 19        |
| 2.4.2.1  | Población de referencia futura. ....                           | 19        |
| 2.4.2.2  | Población demandante potencial futura. ....                    | 20        |
| 2.4.2.3  | Población demandante efectiva futura .....                     | 21        |
| 2.4.3  | Oferta.....  | 22        |
| 2.4.4  | Análisis del déficit o demanda insatisfecha. ....              | 22        |
| 2.5  | Identificación y caracterización de la población objetivo..... | 23        |
| 2.5.1  | Identificación de la población objetivo. ....                  | 23        |
| 2.5.2  | Caracterización de la población objetivo. ....                 | 23        |
| <b>CAPÍTULO 3.....</b>                           |  | <b>26</b> |
| <b>OBJETIVOS DEL PROYECTO .....</b>              |  | <b>26</b> |
| 3.1  | Objetivo general y objetivos específicos.....                  | 26        |
| 3.1.1  | Objetivo general. ....   | 26        |
| 3.1.2  | Objetivos específicos. ....                                    | 26        |
| 3.2  | Indicadores de resultado.....                                  | 27        |
| 3.3  | Matriz de marco lógico .....                                   | 28        |
| <b>CAPÍTULO 4.....</b>                           |  | <b>31</b> |
| <b>VIABILIDAD Y PLAN DE SOSTENIBILIDAD .....</b> |  | <b>31</b> |
| 4.1  | Viabilidad técnica .....                                       | 31        |
| 4.1.1  | Estudio topográfico. ....                                      | 31        |
| 4.1.1.1  | Trabajos de campo. ....  | 32        |
| 4.1.1.2  | Trabajos de oficina.....                                       | 33        |
| 4.1.2  | Estudio geotécnico. ....                                       | 34        |
| 4.1.2.1  | Geología.....  | 34        |

|            |   |    |
|------------|---|----|
| 4.1.2.2    | Tectónica.....  | 36 |
| 4.1.2.3    | Información sísmica.....                                  | 36 |
| 4.1.2.4    | Riesgo volcánico.....                                     | 38 |
| 4.1.2.5    | Estudio de mecánica de suelos.....                        | 38 |
| 4.1.2.5.1  | Capacidad portante.....                                   | 40 |
| 4.1.2.5.2  | Factor de seguridad.....                                  | 40 |
| 4.1.2.5.3  | Asentamientos.....  | 41 |
| 4.1.3      | Información hidrológica.....                              | 43 |
| 4.1.3.1    | Parámetros meteorológicos.....                            | 43 |
| 4.1.3.2    | Curvas intensidad – duración – frecuencia.....            | 44 |
| 4.1.3.3    | Determinación la altura de agua: quebrada el Quinche..... | 45 |
| 4.1.4      | Descripción general de los sistemas a diseñar.....        | 48 |
| 4.1.4.1    | Tipos de sistemas.....                                    | 49 |
| 4.1.4.1.1  | Sistemas independientes.....                              | 49 |
| 4.1.4.1.2  | Sistemas combinados o unitarios.....                      | 49 |
| 4.1.5      | Alternativa de sistemas independientes.....               | 49 |
| 4.1.5.1    | Red de alcantarillado sanitario.....                      | 49 |
| 4.1.5.1.1  | Periodo de diseño.....                                    | 50 |
| 4.1.5.1.2  | Población.....  | 50 |
| 4.1.5.1.3  | Plan de uso y ocupación de suelo.....                     | 51 |
| 4.1.5.1.4  | Contribuciones de aguas residuales.....                   | 51 |
| 4.1.5.1.5  | Caudal medio diario (QmD).....                            | 54 |
| 4.1.5.1.6  | Coeficientes de mayoración y minoración de caudales.....  | 54 |
| 4.1.5.1.7  | Caudales de diseño.....                                   | 54 |
| 4.1.5.1.8  | Diámetro interno mínimo.....                              | 55 |
| 4.1.5.1.9  | Velocidad y pendiente mínima.....                         | 56 |
| 4.1.5.1.10 | Velocidad y pendiente máxima.....                         | 56 |

|   |    |
|---|----|
| 4.1.5.1.11 Profundidad hidráulica máxima .....                                  | 56 |
| 4.1.5.1.12 Profundidad mínima y máxima a la cota clave de la tubería. ....      | 56 |
| 4.1.5.1.13 Cálculo de la red de alcantarillado sanitario. ....                  | 57 |
| 4.1.5.1.14 Trazado de la red de alcantarillado sanitario.....                   | 58 |
| 4.1.5.1.15 Ubicación de las tuberías .....                                      | 59 |
| 4.1.5.1.16 Selección del material de las tuberías. ....                         | 59 |
| 4.1.5.1.17 Pozos de registro. ....  | 60 |
| 4.1.5.1.18 Ejemplo diseño tramo del sistema sanitario.....                      | 60 |
| 4.1.5.2 Red de alcantarillado de aguas lluvia.....                              | 64 |
| 4.1.5.2.1 Periodo de diseño. ....   | 64 |
| 4.1.5.2.2 Periodo de retorno. ....  | 64 |
| 4.1.5.2.3 Áreas de drenaje.....   | 65 |
| 4.1.5.2.4 Intensidad de precipitación. ....                                     | 65 |
| 4.1.5.2.5 Método de cálculo lluvia – caudal (Método racional). ....             | 65 |
| 4.1.5.2.6 Determinación de la esorrentía neta. ....                             | 66 |
| 4.1.5.2.7 Tiempo de concentración. ....   | 67 |
| 4.1.5.2.8 Distancia mínima entre conductos de otros servicios y quebradas. .... | 68 |
| 4.1.5.2.9 Dimensionamiento para escurrimiento a superficie libre. ....          | 68 |
| 4.1.5.2.10 Estructuras de disipación de energía. ....                           | 68 |
| 4.1.5.2.11 Diámetro interno mínimo.....   | 71 |
| 4.1.5.2.12 Velocidad mínima y máxima. ....                                      | 71 |
| 4.1.5.2.13 Pendiente máxima y mínima.....                                       | 71 |
| 4.1.5.2.14 Profundidad máxima y mínima a la cota clave .....                    | 71 |
| 4.1.5.2.15 Ejemplo diseño tramo del sistema de aguas lluvias.....               | 71 |
| 4.1.5.2.16 Diseño descarga. ....  | 75 |
| 4.1.6 Diseño de la alternativa de alcantarillado combinado.....                 | 82 |
| 4.1.6.1 Criterios y parámetros comunes para sistemas combinados.....            | 82 |



|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| 4.1.6.2   | Diseño de la red.....                                     | 83  |
| 4.1.6.3   | Separador de caudales.....                                | 83  |
| 4.1.6.4   | Descarga aguas lluvia.....                                | 85  |
| 4.1.6.5   | Disipador tipo impacto.....                               | 86  |
| 4.1.6.6   | Tratamiento aguas residuales (PTAR).....                  | 87  |
| 4.1.6.6.1 | Marco legal.....  | 87  |
| 4.1.6.6.2 | Nivel de tratamiento.....                                 | 89  |
| 4.1.6.6.3 | Diseño de PTAR.....                                       | 90  |
| 4.1.7     | Comparación de alternativas y selección de la mejor.....  | 95  |
| 4.1.7.1   | Comparación técnica.....                                  | 95  |
| 4.1.7.2   | Comparación económica.....                                | 96  |
| 4.1.7.3   | Selección de la mejor alternativa.....                    | 96  |
| 4.1.8     | Temas complementarios de la alternativa seleccionada..... | 97  |
| 4.1.8.1   | Servidumbre de paso.....                                  | 97  |
| 4.1.8.2   | Parámetros de diseño estructural.....                     | 98  |
| 4.1.8.2.1 | Pozos de inspección.....                                  | 98  |
| 4.1.8.2.2 | Análisis y diseño de estructuras.....                     | 98  |
| 4.1.8.2.3 | Cálculo estructural de las tuberías.....                  | 99  |
| 4.1.8.3   | Diseño de sumideros.....                                  | 102 |
| 4.1.8.3.1 | Ubicación de los sumideros.....                           | 102 |
| 4.1.8.3.2 | Determinación de los caudales pluviales.....              | 103 |
| 4.1.8.3.3 | Estimación de los caudales de aproximación.....           | 103 |
| 4.1.8.3.4 | Cálculo del caudal interceptado.....                      | 105 |
| 4.1.8.4   | Especificaciones técnicas.....                            | 107 |
| 4.1.8.5   | Modelo hidráulico con software SewerGEMS V8i.....         | 107 |
| 4.2       | Viabilidad financiera y económica.....                    | 109 |

|            |   |     |
|------------|---|-----|
| 4.2.1      | Metodología utilizada para el cálculo de la inversión total, costos de operación y mantenimiento, ingresos y beneficios. .... | 109 |
| 4.2.2      | Identificación y valoración de la inversión total, costos de operación y mantenimiento, ingresos y beneficios. ....           | 110 |
| 4.2.3      | Flujos financieros y económicos. ....   | 113 |
| 4.2.4      | Indicadores económicos. ....  | 114 |
| 4.2.5      | Análisis de sensibilidad. ....  | 116 |
| 4.3        | Análisis de sostenibilidad. ....  | 116 |
| 4.3.1      | Sostenibilidad económica – financiera. ....   | 116 |
| 4.3.2      | Análisis de impacto ambiental y de riesgos. ....  | 117 |
| 4.3.2.1    | Proyecto, obra o actividad. ....  | 117 |
| 4.3.2.2    | Actividad económica. ....   | 117 |
| 4.3.2.3    | Datos generales. ....   | 118 |
| 4.3.2.3.1  | Sistema de coordenadas. ....  | 118 |
| 4.3.2.3.2  | Estado del proyecto, obra o actividad. ....   | 119 |
| 4.3.2.3.3  | Dirección. ....   | 119 |
| 4.3.2.3.4  | Datos del promotor. ....  | 119 |
| 4.3.2.3.5  | Características de la zona. ....  | 119 |
| 4.3.2.3.6  | Equipos y accesorios principales a instalar. ....   | 120 |
| 4.3.2.3.7  | Descripción de la materia prima utilizada. ....   | 121 |
| 4.3.2.3.8  | Requerimiento de personal. ....   | 122 |
| 4.3.2.3.9  | Espacio físico para la construcción o implementación del proyecto. ....   | 123 |
| 4.3.2.3.10 | Acuerdos de negociación de tierras. ....  | 123 |
| 4.3.2.3.11 | Datos generales (coordenadas) de la zona de implantación del proyecto. ....   | 124 |
| 4.3.2.4    | Marco legal referencial. ....   | 124 |
| 4.3.2.5    | Descripción del proyecto. ....  | 125 |
| 4.3.2.5.1  | Fase constructiva. ....   | 127 |

|   |            |
|---|------------|
| 4.3.2.5.2 Fase de operación y mantenimiento.....                        | 128        |
| 4.3.2.6 Descripción del proceso.....                                    | 129        |
| 4.3.2.7 Descripción del área de implantación.....                       | 130        |
| 4.3.2.7.1 Área de implantación física.....                              | 130        |
| 4.3.2.7.2 Área de implantación biótica.....                             | 131        |
| 4.3.2.7.3 Área de implantación social.....                              | 132        |
| 4.3.2.8 Principales impactos ambientales.....                           | 133        |
| 4.3.2.9 Plan de manejo ambiental (PMA).....                             | 135        |
| 4.3.2.9.1 Plan de prevención y mitigación de impactos.....              | 136        |
| 4.3.2.9.2 Plan de manejo de desechos.....                               | 140        |
| 4.3.2.9.3 Plan de comunicación, capacitación y educación ambiental..... | 142        |
| 4.3.2.9.4 Plan de relaciones comunitarias.....                          | 143        |
| 4.3.2.9.5 Plan de contingencias.....                                    | 144        |
| 4.3.2.9.6 Plan de seguridad y salud ocupacional.....                    | 148        |
| 4.3.2.9.7 Plan de monitoreo y seguimientos.....                         | 152        |
| 4.3.2.9.8 Plan de rehabilitación de áreas contaminadas.....             | 153        |
| 4.3.2.9.9 Plan de cierre, abandono y entrega del área.....              | 154        |
| 4.3.2.10. Proceso de participación social.....                          | 156        |
| 4.3.2.11 Cronograma de construcción y operación del proyecto.....       | 156        |
| 4.3.2.12 Cronograma valorado del plan de manejo ambiental (PMA).....    | 157        |
| <b>CAPÍTULO 5.....</b>  | <b>159</b> |
| <b>PRESUPUESTO DETALLADO Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO.....</b>           | <b>159</b> |
| 5.1 Presupuesto detallado.....  | 159        |
| 5.2 Fuentes de financiamiento.....                                      | 165        |
| <b>CAPÍTULO 6.....</b>  | <b>166</b> |
| <b>ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN.....</b>                                     | <b>166</b> |
| 6.1 Estructura operativa.....   | 166        |
| 6.2 Arreglos institucionales.....                                       | 167        |

|  |   |            |
|--|---|------------|
| 6.3  | Cronograma valorado por componentes y actividades ..... | 167        |
| <b>CAPÍTULO 7.....</b>                             |   | <b>168</b> |
| <b>ESTRATEGIA DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN.....</b> |   | <b>168</b> |
| 7.1  | Monitoreo de la ejecución.....                          | 168        |
| 7.2  | Evaluación de resultados e impactos .....               | 168        |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>                           |   | <b>169</b> |
| <b>RECOMENDACIONES.....</b>                        |   | <b>173</b> |
| <b>LISTA DE REFERENCIAS .....</b>                  |   | <b>175</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                                 |   | <b>176</b> |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Vías secundarias.....  | 5  |
| Tabla 2. Población sector el Chamizal.....                                      | 6  |
| Tabla 3. Población desagregada por edad.....                                    | 6  |
| Tabla 4. Indicadores educación censo 2010.....                                  | 7  |
| Tabla 5. Condiciones ocupación vivienda sector el Chamizal.....                 | 7  |
| Tabla 6. Población económicamente activa por rama de actividad, el Quinche..... | 8  |
| Tabla 7. Autoidentificación según cultura y costumbres.....                     | 9  |
| Tabla 8. Barrios censados.....  | 15 |
| Tabla 9. Matriz de línea base.....  | 16 |
| Tabla 10. Población de referencia actual.....                                   | 17 |
| Tabla 11. Población demandante potencial actual.....                            | 18 |
| Tabla 12. Densidades barrios encuestados.....                                   | 18 |
| Tabla 13. Población referencia futura.....                                      | 20 |
| Tabla 14. Población demandante potencial futura.....                            | 20 |
| Tabla 15. Población demandante efectiva futura.....                             | 21 |
| Tabla 16. Demanda insatisfecha al año 2045.....                                 | 22 |
| Tabla 17. Indicadores de resultado.....   | 27 |
| Tabla 18. Matriz de marco lógico.....   | 28 |
| Tabla 19. Puntos de control.....  | 31 |
| Tabla 20. Sismos históricos cercanos al proyecto.....                           | 36 |
| Tabla 21. Parámetros espectro elástico de diseño.....                           | 37 |
| Tabla 22. Características zonas muestreo.....                                   | 38 |
| Tabla 23. Clasificación SUCS.....   | 39 |
| Tabla 24. Resumen resultado ensayo triaxial.....                                | 40 |
| Tabla 25. Capacidad carga.....  | 41 |
| Tabla 26. Asentamientos instantáneos cimentaciones.....                         | 42 |
| Tabla 27. Valores pluviométricos mensuales en estación Quinche-Pichincha [mm]   | 43 |
| Tabla 28. Parámetros curvas IDF.....  | 45 |
| Tabla 29. Resultados máximas crecidas.....                                      | 47 |
| Tabla 30. Dotaciones recomendadas.....  | 52 |
| Tabla 31. Áreas de drenaje.....   | 52 |
| Tabla 32. Categorización de infiltraciones.....                                 | 53 |
| Tabla 33. Coeficientes de mayoración y minoración.....                          | 54 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 34. Iteraciones determinar ‘h’ .....                             | 63  |
| Tabla 35. Coeficientes de escorrentía .....                            | 66  |
| Tabla 36. Iteraciones, parámetros hidráulicos.....                     | 74  |
| Tabla 37. Iteraciones .....  | 76  |
| Tabla 38. Iteraciones .....  | 80  |
| Tabla 39. Parámetros diseño estudiados .....                           | 83  |
| Tabla 40. Datos red “La Esperanza” .....                               | 83  |
| Tabla 41. Calculo escalones .....                                      | 85  |
| Tabla 42. Parámetros tubería llegada tramo 2.....                      | 86  |
| Tabla 43. Dimensiones estructura disipación (impacto) .....            | 87  |
| Tabla 44. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce .....          | 88  |
| Tabla 45. Concentraciones cuerpos receptores Quinche.....              | 89  |
| Tabla 46. Procesos de tratamiento y grados de remoción .....           | 90  |
| Tabla 47. Resume dimensionamiento PTAR .....                           | 94  |
| Tabla 48. Cantidades de obra para cada alternativa .....               | 96  |
| Tabla 49. Resume cálculo estructural tubería PVC .....                 | 101 |
| Tabla 50. Caudales pluviales generados cada tramo de vía .....         | 103 |
| Tabla 51. Características de la vías .....                             | 104 |
| Tabla 52. Caudales de intercepción .....                               | 106 |
| Tabla 53. Comparación de resultados hidráulicos .....                  | 109 |
| Tabla 54. Costo inversión del proyecto.....                            | 110 |
| Tabla 55. Costos de operación y mantenimiento primer año.....          | 110 |
| Tabla 56. Costos anuales de O&M .....                                  | 111 |
| Tabla 57. Ingresos totales por venta de servicios alcantarillado ..... | 112 |
| Tabla 58. Beneficio valorado (atención médica). .....                  | 113 |
| Tabla 59. Indicadores de rentabilidad del proyecto .....               | 114 |
| Tabla 60. Flujo de caja del proyecto .....                             | 115 |
| Tabla 61. Análisis de sensibilidad.....                                | 116 |
| Tabla 62. Categorización ambiental del proyecto.....                   | 117 |
| Tabla 63. Coordenadas implantación proyecto (pozos).....               | 118 |
| Tabla 64. Estado del proyecto .....                                    | 119 |
| Tabla 65. Materia prima a emplearse .....                              | 122 |
| Tabla 66. Polígono de implantación .....                               | 124 |
| Tabla 67. Marco legal de referencia.....                               | 124 |

|  |     |
|--|-----|
| Tabla 68. Procesos del proyecto .....                            | 129 |
| Tabla 69. Aspecto/impactos ambientales .....                     | 133 |
| Tabla 70. Prevención y mitigación de impactos .....              | 136 |
| Tabla 71. Manejo de desechos .....                               | 140 |
| Tabla 72. Comunicación, capacitación y educación ambiental ..... | 142 |
| Tabla 73. Relaciones comunitarias .....                          | 143 |
| Tabla 74. Contingencias.....                                     | 144 |
| Tabla 75. Seguridad y salud ocupacional.....                     | 148 |
| Tabla 76. Monitoreo y seguimientos.....                          | 152 |
| Tabla 77. Rehabilitación de área contaminadas .....              | 153 |
| Tabla 78. Cierre, abandono y entrega del área del proyecto ..... | 154 |
| Tabla 79. Cronograma de construcción (PMA) .....                 | 156 |
| Tabla 80. Cronograma del plan de manejo ambiental.....           | 157 |
| Tabla 81. Presupuesto detallado del proyecto .....               | 159 |
| Tabla 82. Fuentes de financiamiento .....                        | 165 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <i>Figura 1.</i> Ubicación de la parroquia el Quinche, sector el Chamizal .....     | 2  |
| <i>Figura 2.</i> Ubicación georeferenciada sector El Chamizal .....                 | 3  |
| <i>Figura 3.</i> Principal vía de acceso .....                                      | 5  |
| <i>Figura 4.</i> Cobertura de servicios básicos (%) .....                           | 9  |
| <i>Figura 5.</i> Cobertura de servicios complementarios (%) .....                   | 10 |
| <i>Figura 6.</i> Canal secundario – sistema riego “Pisque” .....                    | 10 |
| <i>Figura 7.</i> Árbol de problemas .....   | 13 |
| <i>Figura 8.</i> Muestra desagregada por edad .....                                 | 15 |
| <i>Figura 9.</i> Área intervención del proyecto .....                               | 18 |
| <i>Figura 10.</i> Áreas de alta densidad.....                                       | 19 |
| <i>Figura 11.</i> Producción de frutilla.....                                       | 23 |
| <i>Figura 12.</i> Problemas de la población objetivo .....                          | 24 |
| <i>Figura 13.</i> Construcciones informales .....                                   | 25 |
| <i>Figura 14.</i> Puntos de control.....  | 32 |
| <i>Figura 15.</i> Desfase levantamiento topográfico .....                           | 33 |
| <i>Figura 16.</i> Mapa sísmico del Ecuador .....                                    | 37 |
| <i>Figura 17.</i> Espectro diseño zona del proyecto.....                            | 37 |
| <i>Figura 18.</i> Circulo de Mohr .....   | 39 |
| <i>Figura 19.</i> Valores de $\alpha$ .....   | 42 |
| <i>Figura 20.</i> Distribución intra-anual de precipitación. Estación Quinche ..... | 43 |
| <i>Figura 21.</i> Curvas IDF de la zona del proyecto.....                           | 45 |
| <i>Figura 22.</i> Área de drenaje. ....   | 46 |
| <i>Figura 23.</i> Modelo quebrada el Quinche .....                                  | 47 |
| <i>Figura 24.</i> Sección transversal QTr= 10 años .....                            | 48 |
| <i>Figura 25.</i> Sección transversal QTr= 5 años .....                             | 48 |
| <i>Figura 26.</i> Densidades población DMQ 2001 .....                               | 50 |
| <i>Figura 27.</i> Relación de llenado .....   | 56 |
| <i>Figura 28.</i> Niveles de tuberías .....   | 56 |
| <i>Figura 29.</i> Distribución de red agua potable del sector. ....                 | 59 |
| <i>Figura 30.</i> Ocupación del suelo actual .....                                  | 66 |
| <i>Figura 31.</i> Anchos de vías y calzada .....                                    | 68 |
| <i>Figura 32.</i> Esquema resalto hidráulico .....                                  | 69 |
| <i>Figura 33.</i> Pozo de caída tipo II .....                                       | 70 |



|  |     |
|--|-----|
| <i>Figura 34.</i> Esquema descarga-tramo1 .....                | 75  |
| <i>Figura 35.</i> Descarga – tramo1 .....                      | 78  |
| <i>Figura 36.</i> Esquema descarga-tramo 2 .....               | 78  |
| <i>Figura 37.</i> Descarga tramo 2 .....                       | 82  |
| <i>Figura 38.</i> Esquema separador caudales.....              | 84  |
| <i>Figura 39.</i> Curva dimensiones dissipador impacto .....   | 86  |
| <i>Figura 40.</i> Esquema de tanque séptico .....              | 92  |
| <i>Figura 41.</i> Lecho secado de lodos .....                  | 93  |
| <i>Figura 42.</i> Ubicación servidumbre de paso .....          | 97  |
| <i>Figura 43.</i> Modelos estructuras dimensionadas.....       | 98  |
| <i>Figura 44.</i> Esquemas de zanja angosta .....              | 99  |
| <i>Figura 45.</i> Coeficiente de carga.....                    | 100 |
| <i>Figura 46.</i> Localización de sumideros.....               | 102 |
| <i>Figura 47.</i> Esquema cuneta triangular .....              | 104 |
| <i>Figura 48.</i> Sumidero estándar EPMAPS .....               | 105 |
| <i>Figura 49.</i> Modelo hidráulico general .....              | 108 |
| <i>Figura 50.</i> Tramo de comparación.....                    | 108 |
| <i>Figura 51.</i> Perfil hidráulico tramo analizado .....      | 109 |
| <i>Figura 52.</i> Mapa de ubicación proyecto el Chamizal ..... | 120 |
| <i>Figura 53.</i> Sector el Chamizal .....                     | 126 |
| <i>Figura 54.</i> Estructura operativa del proyecto .....      | 166 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|   |     |
|---|-----|
| Anexo 1. Formato encuestas .....  | 176 |
| Anexo 2. Monografía punto de control .....  | 177 |
| Anexo 3. Libreta topográfica de campo .....   | 178 |
| Anexo 4. Plano topográfico.....   | 188 |
| Anexo 5. Mapa geológico .....   | 189 |
| Anexo 6. Zonificación e intensidades de estaciones meteorológicas. ....             | 190 |
| Anexo 7. Plan de uso y ocupación de suelo del proyecto .....                        | 196 |
| Anexo 8. Planimetría diseño red sanitaria.....                                      | 198 |
| Anexo 9. Código programación cálculo secciones circulares a flujo libre .....       | 200 |
| Anexo 10. Planimetría diseño red aguas lluvia.....                                  | 202 |
| Anexo 11. Hoja cálculo sistema combinado .....                                      | 204 |
| Anexo 12. Planimetría diseño red combinada.....                                     | 209 |
| Anexo 13. Plano separador de caudales (Alternativa combinada).....                  | 215 |
| Anexo 14. Planos descarga aguas lluvia y dissipador energía tipo impacto .....      | 216 |
| Anexo 15. Ensayos laboratorio (documentos) .....                                    | 218 |
| Anexo 16. Parámetros descarga a un cuerpo receptor (TULAS).....                     | 226 |
| Anexo 17. Memoria dimensionamiento hidráulico PTAR .....                            | 228 |
| Anexo 18. Planos PTAR .....   | 230 |
| Anexo 19. Perfiles hidráulicos del proyecto (Sistema Combinado) .....               | 233 |
| Anexo 20. Memoria de cálculo estructural .....                                      | 250 |
| Anexo 21. Especificaciones técnicas del proyecto .....                              | 262 |
| Anexo 22. Costos de operación y mantenimiento.....                                  | 333 |
| Anexo 23. Ingresos por servicio de alcantarillado durante el periodo de diseño..... | 334 |
| Anexo 24. Beneficios valorados (atención médica).....                               | 335 |
| Anexo 25. Análisis de precios unitarios.....  | 336 |
| Anexo 26. Cronograma valorado .....   | 428 |

## **RESUMEN**

El crecimiento acelerado de las parroquias rurales como El Quinche hace necesario la dotación de servicios básicos como el de saneamiento, por tal razón en coordinación con la Empresa Pública de Agua Potable y Saneamiento se realiza los estudios de alcantarillado para los barrios del sector El Chamizal.

El objetivo del proyecto es mejorar la calidad de vida de la población dotando del servicio de alcantarillado; diseñado de acuerdo a las bases y especificaciones técnicas vigentes a nivel nacional y proyectando que su construcción sea amigable con el medio ambiente.

Durante las fases de estudio, se plantearon dos alternativas: sistema independiente y sistema combinado.

Luego del análisis de prefactibilidad y factibilidad se realizó la comparación de las alternativas en los aspectos técnico – económico y posteriormente la selección de la más adecuada. Los estudios mínimos que se consideraron son: topografía detallada-georeferenciada, información hidrológica, hidráulica, geológica-geotécnica, estructural, socio económica e impacto ambiental.

La alternativa seleccionada comprende de un sistema de alcantarillado de tipo combinado; el mismo que debido a la topografía del sector contempla descargas hacia la red existente ‘La esperanza’ y otra hacia la Quebrada El Quinche, previo tratamiento de aguas residuales a través de una fosa séptica complementada con un filtro anaerobio de flujo ascendente.

La inversión del proyecto asciende a 492925.05 dólares que de acuerdo al análisis financiero y sus indicadores de rentabilidad positivos, su construcción es totalmente viable y sostenible. Finalmente se elabora la ficha ambiental complementada con su Plan de Manejo Ambiental que es lo que establece la ley ambiental vigente.

## **ABSTRACT**

The rapid growth of rural parishes as El Quinche requires the endowment of basic services such as sanitation; that's why, in coordination with the Public Enterprise of Water Supply and Sanitation the sewerage studies are being performed for some neighborhoods in El Chamizal sector.

This project is aimed to improve the quality of life of the population providing the Sewerage system designed according to the conditions and current technical specifications nationwide, projecting that its construction is friendly to the environment.

Two alternatives were proposed during the phases of the study: independent system and combined system.

After the prefeasibility and feasibility analysis, it was made the comparison of alternatives in the technical and economic aspects and thereafter the most appropriate was chosen. The minimum studies considered are: detailed-georeferenced topography, hydrologic, hydraulic, geological-geotechnical, structural, socioeconomic information and environmental impact.

The selected alternative includes a sewerage system type combined; the same that due to the topography of the sector contemplates discharges towards the existing network 'La Esperanza' and another one to El Quinche ravine with the previous treatment of wastewater through a septic tank complemented by an upflow anaerobic filter.

The project investment is \$ 492925.05 which according to the financial analysis and its positive profitability indicators is fully viable and sustainable. Finally, the supplemented environmental record is made with its Environmental Management Plan according to what is established in the current Environmental Law.

## INTRODUCCIÓN

La dotación de servicios básicos, y estudios son cada vez más esenciales desde el punto de vista de la calidad de vida de una población; uno de estos servicios es el de saneamiento, que para el caso de zonas rurales muchas veces no son atendidas con celeridad. Esto ocurre en parroquias rurales como El Quinche donde la creciente expansión urbana genera desechos y/o aguas residuales que deben ser dispuestas adecuadamente a través de infraestructura sanitaria proyectada acorde con el medio ambiente.

Uno de los sectores rurales que carece del servicio de alcantarillado es El Chamizal, que se encuentra ubicado en la parroquia El Quinche y conformado por diversos barrios que tienen un acelerado desarrollo. Debido a la falta de este servicio el entorno paisajístico y la calidad de vida de la población se ha alterado ocasionando problemas de salud que a su vez repercute en su entorno social y económico.

Para dar solución al problema de saneamiento del sector se elaboró el estudio para dotar del servicio de alcantarillado de acuerdo al formato para proyectos de inversión social de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) y los diseños se realizaron acorde a las políticas, normas y especificaciones técnicas emitidas por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) de Quito ya que el sector del proyecto es competencia de esta institución.

El desarrollo del proyecto comprende aspectos básicos de ingeniería sanitaria, hidráulica, geotécnica, estructural y de medio ambiente, necesarios para estructurar de la manera adecuada su construcción y eficiente funcionamiento durante la vida útil del mismo.

El resultado final del proyecto es la generación de información indispensable para llevar a cabo su construcción; la misma que consiste en: presupuesto, análisis de precios unitarios, cronograma valorado de obra, volúmenes de obra, juego de planos, indicadores sociales y económicos, especificaciones técnicas, ficha ambiental y recomendaciones para su ejecución.

# CAPÍTULO 1

## DATOS GENERALES DEL PROYECTO

### 1.1 Nombre del proyecto

Sistema de alcantarillado para el sector el Chamizal de la Parroquia el Quinche, Cantón Quito, Provincia de Pichincha.

### 1.2 Entidad ejecutora

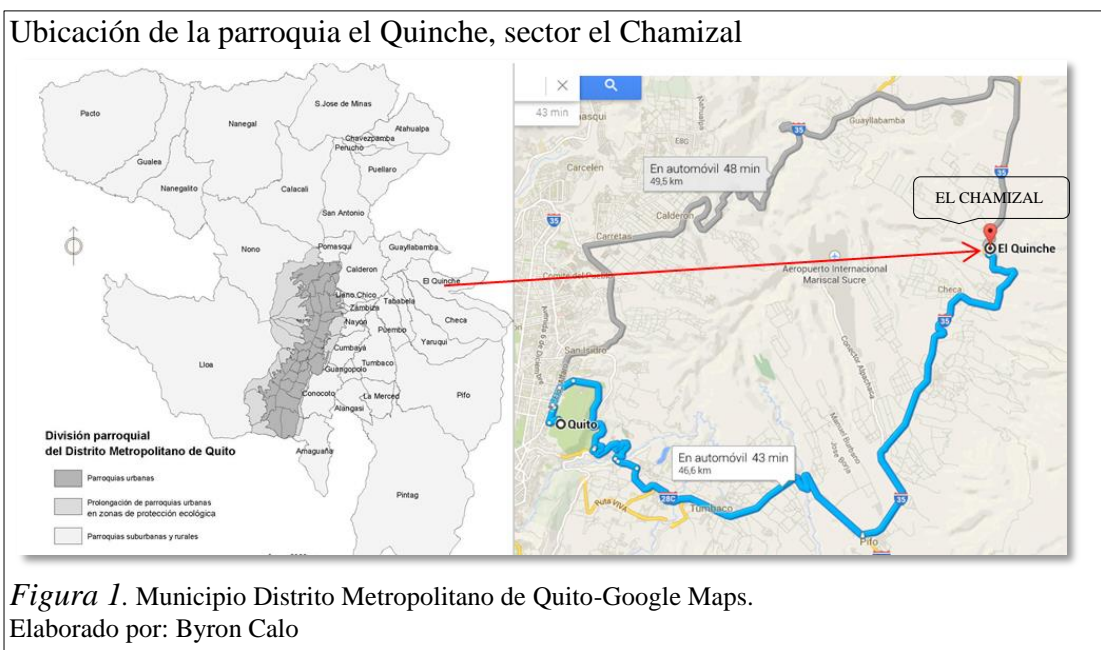
Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento.

Departamento: Ingeniería de proyectos

### 1.3 Cobertura y localización

#### 1.3.1 Ubicación del proyecto.

El proyecto se encuentra ubicado en la provincia de Pichincha, Distrito Metropolitano de Quito, Valle de Tumbaco, Parroquia rural “El Quinche”, sector el Chamizal.



El sector el Chamizal está formado por el barrio: Nuevo Amanecer y otros que se encuentran en proceso de legalización. El barrio Nuevo Amanecer se conforma por 4 etapas de urbanización recientemente legalizadas.

### 1.3.2 Localización georeferenciada.

La parroquia rural el Quinche está limitada por:

**Norte:** por la parroquia Azcásubi.

**Sur:** por la parroquia Checa.

**Este:** por la parroquia Cangahua y la reserva ecológica Cayambe-Coca.

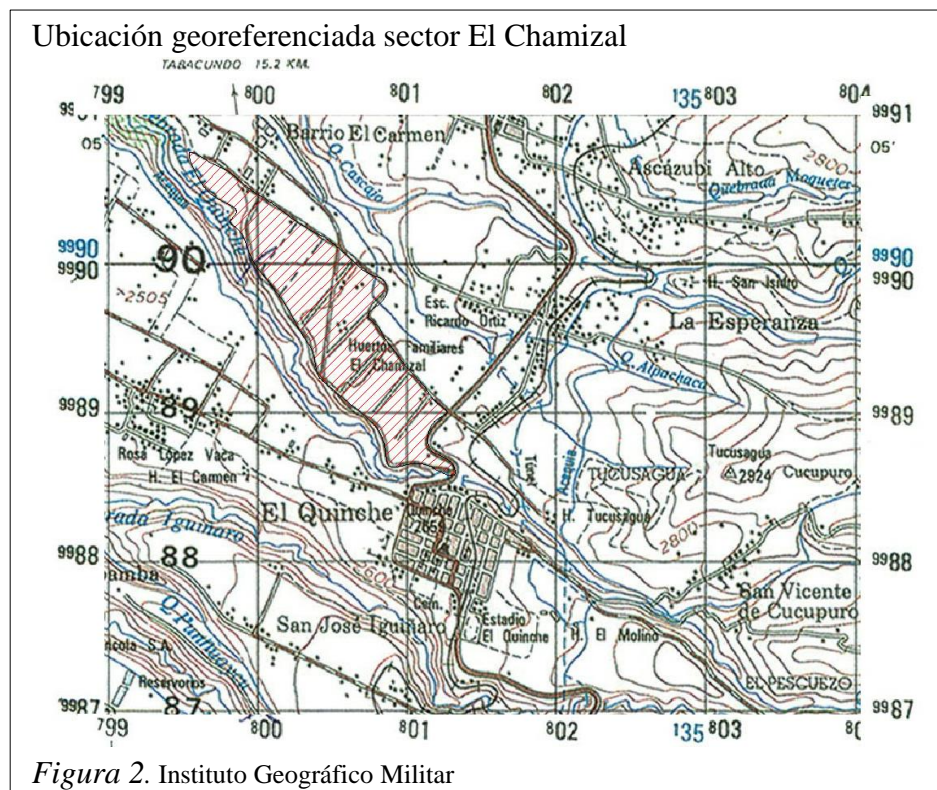
**Oeste:** con la parroquia Guayllabamba.

De acuerdo a la Secretaría de Territorio, Hábitat y Vivienda (STHV) (Quito, 2014) el sector el Chamizal tiene una superficie de 141,27 Ha, la cual se encuentra asentada en una topografía llana con altura aproximada de 2595 m.s.n.m.

El sector se puede localizar geográficamente mediante las coordenadas planas Universal Transversal Mercator (UTM) proporcionadas por el Instituto Geográfico Militar (IGM):

**Este:** 800000m – 801000m

**Norte:** 9988000m – 9989000m



#### **1.4 Monto**

El costo del proyecto asciende a 492925.05 dólares.

#### **1.5 Plazo de ejecución**

El plazo estimado para la debida ejecución de la obra es de 7 meses.

#### **1.6 Sector y tipo de proyecto**

**Sector:** saneamiento ambiental

**Tipo de intervención:** alcantarillado combinado



## CAPÍTULO 2

### DIAGNÓSTICO Y PROBLEMA

#### 2.1 Descripción de la situación actual del área de intervención del proyecto

##### 2.1.1 Vías de acceso.

La principal vía colectora es la panamericana, que corresponde al sistema vial nacional, la cual es conocida como “E35” que atraviesa la parroquia el Quinche. En el sentido Sur-Norte el ingreso a la vía es desde la parroquia de Checa, contrariamente, en sentido Norte-Sur la salida es por la parroquia de Azcásubi, Cantón Cayambe. Hay que mencionar que esta vía se encuentra en buen estado y sirve como acceso al nuevo aeropuerto Mariscal Sucre.

Asimismo existen vías secundarias que permiten el desarrollo de transporte y movilidad de los habitantes de la parroquia; en la tabla 1 se resume dichas vías:

Tabla 1.

##### *Vías secundarias*

| Vía                               | Longitud [Km] | Ancho[m] | Capa de rodadura | estado  | Observación             |
|-----------------------------------|---------------|----------|------------------|---------|-------------------------|
| La Victoria-Guayllabamba          | 5,4           | 7        | asfalto          | bueno   | tráfico alto            |
| Vía Quinche-San Antonio Chunillos | 8,6           | 7        | empedrado        | regular | -----                   |
| El Quinche-San Miguel             | 4,2           | 6        | empedrado        | regular | -----                   |
| El Quinche-Atalpamba              | 5,5           | 4        | empedrado        | malo    | -----                   |
| Ruta Collas-Aeropuerto-Alpachaca  | 18            | 20       | asfalto          | bueno   | habilitada-alto tráfico |

Nota. Inspecciones visuales

Elaborado por: Byron Calo

Además para el caso del sector el Chamizal la única vía de acceso es la “Cornelio Betancourt” que es de tercer orden con 10m de ancho y capa de rodadura empedrada.

Principal vía de acceso



*Figura 3.*

Elaborado por: Byron Calo

### 2.1.2 Población.

La parroquia del Quinche al año 2010 tenía 16056 habitantes de los cuales el sector el Chamizal de acuerdo a STHV y con fuente del Instituto Nacional de estadísticas y Censos (INEC) la población al año 2010 es de:

Tabla 2.

#### *Población sector el Chamizal*

| <b>Sexo</b>    | <b>Nro.</b> | <b>porcentaje [%]</b> |
|----------------|-------------|-----------------------|
| <i>Hombres</i> | 258         | 52,02                 |
| <i>Mujeres</i> | 238         | 47,98                 |
| <b>TOTAL</b>   | <b>496</b>  | <b>100,00</b>         |

Nota. Censo Población y Vivienda 2010 (INEC)

Elaborado por: Byron Calo

El sector el Chamizal abarca varios barrios de los cuales el de mayor densidad poblacional es el barrio “Nuevo Amanecer” que está dividido en varias etapas de legalización. En la tabla 3 se presenta la población por edad:

Tabla 3.

#### *Población desagregada por edad*

| <b>GRUPOS DE EDAD</b>   | <b>SEXO</b>   |              | <b>TOTAL</b> |
|-------------------------|---------------|--------------|--------------|
|                         | <b>Hombre</b> | <b>Mujer</b> |              |
| Menor de 5 años         | 34            | 31           | 65           |
| Niños (5-11)            | 42            | 39           | 81           |
| Adolescentes (12-18)    | 39            | 30           | 69           |
| Jóvenes (19-35)         | 84            | 81           | 165          |
| Adultos (36-64)         | 48            | 48           | 96           |
| Tercera edad (65 y más) | 11            | 9            | 20           |
| <b>TOTAL</b>            | <b>258</b>    | <b>238</b>   | <b>496</b>   |

Nota. Censo Población y Vivienda 2010 (INEC)

Elaborado por: Byron Calo

### 2.1.3 Educación.

El sector no cuenta con instituciones educativas cercanas, no obstante en alrededores de la cabecera parroquial se identifican varios establecimientos importantes como (Gobierno Provincial Pichincha, 2012, p. 72):

- Escuela y Colegio Cristo Rey. (700 alumnos)
- Escuela colegio Iberoamericano. (1874 alumnos)
- Escuela Militar Siglo XXI. (981 alumnos)
- Jardín de Infantes Luz Eliza Borja. (700 alumnos)

A nivel parroquial se mencionan algunos indicadores de educación:

Tabla 4.  
*Indicadores educación censo 2010*

| Descripción                            | %     |
|--|-------|
| Analfabetismo                          | 4,19  |
| Tasa neta de escolarización primaria   | 42,65 |
| Tasa neta de escolarización secundaria | 25,59 |
| Tasa neta de escolarización superior   | 7,83  |

Nota. Censo de Población y Vivienda (INEC)  
Elaborado por: Byron Calo

#### 2.1.4 Salud.

En la parroquia el Quinche a distancias relativamente cercanas existen un subcentro de salud con áreas médicas especializadas como: odontología, ginecología, pediatría, etcétera. Como resultado del alto crecimiento poblacional los ciudadanos deben migrar al hospital más cercano ubicado en la parroquia de Yaruquí y los afiliados a los hospitales del IESS.

De acuerdo a lo anteriormente expuesto “el índice de desarrollo en salud registra un 48.16 por ciento, lo cual expresa el bajo estado en las condiciones nutricionales en cuanto a mortalidad general e infantil, alta morbilidad y la inadecuada calidad del agua potable” (Gobierno Provincial Pichincha, 2012, p. 71). El Gobierno Provincial de Pichincha (2012, p. 71) determinó que la desnutrición crónica afecta aproximadamente 588 personas y la desnutrición global abarca a 419 personas.

#### 2.1.5 Vivienda.

El sector el Chamizal en los últimos años ha crecido apresuradamente, razón por la cual gran cantidad de predios desocupados están en procesos de edificación. En general las viviendas del sector son de hormigón armado. A continuación se resume datos importantes de esta área en la siguiente tabla:

Tabla 5.  
*Condiciones ocupación vivienda sector El Chamizal*

| CONDICIÓN                 | Nro.       | Promedio de ocupantes por vivienda |
|---------------------------|------------|------------------------------------|
| Viviendas ocupadas        | 149        | 4                                  |
| Viviendas desocupadas     | 5          |                                    |
| Viviendas en construcción | 9          |                                    |
| <b>TOTAL</b>              | <b>163</b> |                                    |

Nota. Censo de Población y Vivienda INEC 2010  
Elaborado por: Byron Calo

### 2.1.6 Situación socioeconómica.

Las principales actividades económicas del sector el Chamizal y en general de toda la parroquia el Quinche son la agrícola y ganadera. Ya que la tierra es productiva puesto que existen zonas como: bosque húmedo-montañoso, bosque seco-montañoso; es decir van desde un clima templado en los valles al frío en sus páramos.

También se debe mencionar que debido a la presencia del Santuario de la Virgen de El Quinche varias personas se dedican a actividades comerciales y turísticas; en la tabla 6 se resume las ocupaciones de la población económicamente activa (PEA):

Tabla 6.

*Población económicamente activa por rama de actividad, el Quinche*

| <b>RAMA DE ACTIVIDAD</b>                                    | <b>CASOS</b> | <b>%</b>   |
|---|--------------|------------|
| Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca                | 2863         | 37,64      |
| Explotación de minas y canteras                             | 11           | 0,14       |
| Industrias manufactureras                                   | 599          | 7,88       |
| Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado | 18           | 0,24       |
| Distribución de agua, alcantarillado y gestión de desechos  | 30           | 0,39       |
| Construcción  | 514          | 6,76       |
| Comercio al por mayor y menor                               | 1192         | 15,67      |
| Transporte y almacenamiento                                 | 318          | 4,18       |
| Actividades de alojamiento y servicio de comidas            | 265          | 3,48       |
| Información y comunicación                                  | 50           | 0,66       |
| Actividades financieras y de seguros                        | 30           | 0,39       |
| Actividades inmobiliarias                                   | 11           | 0,14       |
| Actividades profesionales, científicas y técnicas           | 69           | 0,91       |
| Actividades de servicios administrativos y de apoyo         | 226          | 2,97       |
| Administración pública y defensa                            | 117          | 1,54       |
| Enseñanza   | 215          | 2,83       |
| Actividades de la atención de la salud humana               | 68           | 0,89       |
| Artes, entretenimiento y recreación                         | 26           | 0,34       |
| Otras actividades de servicios                              | 127          | 1,67       |
| Actividades de lo hogares como empleadores                  | 227          | 2,98       |
| No declarado  | 445          | 5,85       |
| Trabajador nuevo  | 185          | 2,43       |
| <b>TOTAL</b>  | <b>7606</b>  | <b>100</b> |

Nota. Censo de Población y Vivienda INEC 2010

Elaborado por: Byron Calo

De acuerdo a la tabla anterior se determina que la población económicamente activa en el Quinche asciende a 7606 personas; en la cual predominan los grupos de ocupación en agricultura, ganadería, comercio al por mayor y menor y la industria manufacturera.

En la actividad agrícola sobresale la producción de flores, maíz, papa y hortalizas; asimismo en la actividad ganadera sobresale la ganadería lechera, crianza de ovinos, porcinos, aves de corral y cuyes.

Según el Gobierno Provincial Pichincha (2012) indica que el eje más importante de la parroquia El Quinche es religioso; lógicamente esta referencialidad se produce por la presencia de la virgen de El Quinche y el templo de los Padres Oblatos que la custodian. Este eje cultural es tan amplio que también se manifiesta en lo económico y sustenta lo turístico. En la parroquia no se reconocen organizaciones sociales, sin embargo los ciudadanos se auto-identifican según su cultura y costumbres:

Tabla 7.

*Autoidentificación según cultura y costumbres*

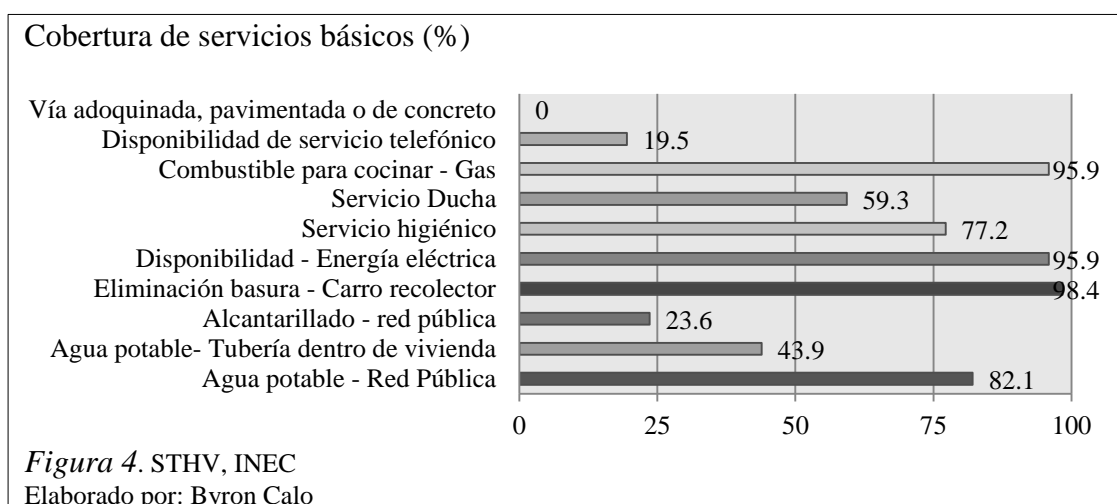
| AUTOIDENTIFICACIÓN                   | CASOS        | %            |
|--------------------------------------|--------------|--------------|
| Indígena                             | 926          | 5,77         |
| Afro ecuatoriano/a Afro descendiente | 394          | 2,45         |
| Negro/a                              | 136          | 0,85         |
| Mulato/a                             | 192          | 1,20         |
| Montubio/a                           | 329          | 2,05         |
| Mestizo/a                            | 13401        | 83,46        |
| Blanco/a                             | 642          | 4,00         |
| Otro/a                               | 36           | 0,22         |
| <b>TOTAL</b>                         | <b>16056</b> | <b>100,0</b> |

Nota. Censo de Población y Vivienda INEC 2010

Elaborado por: Byron Calo

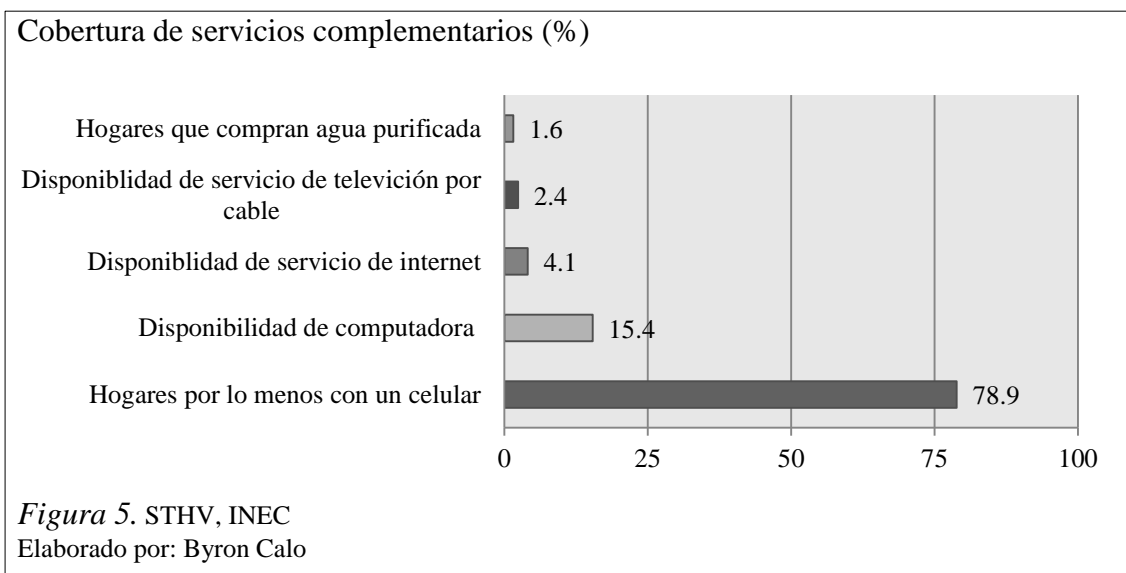
### 2.1.7 Servicios básicos existentes.

Los indicadores a continuación hacen referencia exclusivamente a los habitantes del sector el Chamizal, puesto que es el sitio de intervención y de acuerdo a indicadores de cobertura de servicios del censo de población y vivienda del 2010 estos son:

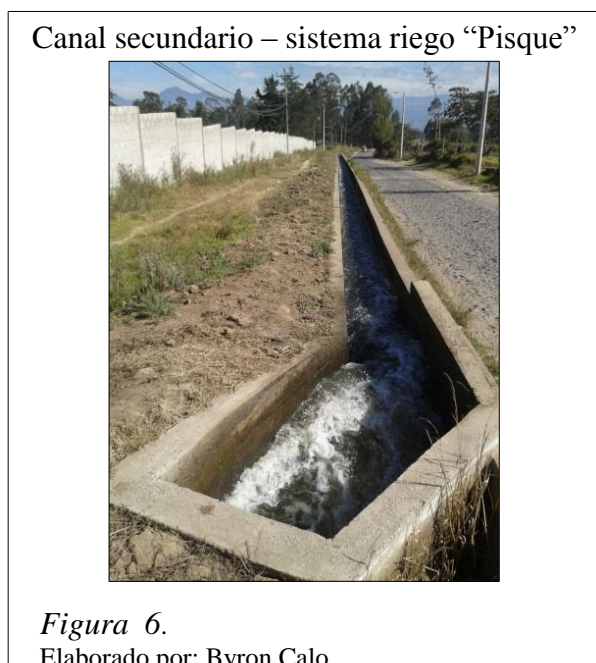


Al analizar la figura se debe destacar que solo el 23.6% de los habitantes poseen una conexión al sistema de alcantarillado. La única red actual funcionando es en la “Calle Cornelio Betancout” del barrio la Esperanza localizada adyacente al Chamizal.

En la figura 5 se presenta la cobertura de algunos servicios complementarios:



Por último se debe mencionar que el Quinche cuenta con el sistema de riego “El Pisque” con 69 años de existencia y 68 Km de canal principal, del cual se derivan canales secundarios, uno de los cuales atraviesa el sector el Chamizal.



### **2.1.8 Turismo.**

La parroquia El Quinche es nacional e internacionalmente conocida por su Santuario, que cada 21 de noviembre convoca a miles de peregrinos. La caminata desde Quito es de 60 Km aproximadamente, la cual se realiza como agradecimiento a la virgen; el santuario está construido con cal y ladrillo con un área de 2049m<sup>2</sup>. La caminata se realiza hace más de 400 años.

Adicionalmente existen lugares turísticos como: Lagunas del cerro el tablón, Pucará de Quitoloma, Pirámide cerro San Juan Loma, etc.

### **2.2 Identificación, descripción y diagnóstico del problema**

El mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes y el desarrollo humano son aspectos fundamentales de los Municipios, Gobiernos Provinciales y Parroquiales; por tal motivo debido al rápido crecimiento poblacional de las parroquias rurales de la ciudad de Quito la dotación de servicios básicos y estudios para la implementación de los mismos son cada vez más esenciales.

Una de las zonas menos cubiertas es la de alcantarillado, refiriéndose a nivel del sector el Chamizal, ya que el 76.4% no cuenta con este servicio. Debido a esta realidad la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento busca obtener estudios de alcantarillado del sector a fin de mejorar la calidad de vida de los ciudadanos.

El sector el Chamizal abarca varios barrios: Nuevo Amanecer en etapas I,II,III,IV y otros como: Nuevo Amanecer etapa V y Huertos Familiares el Chamizal que se encuentran en proceso de legalización ante el Municipio de Quito. Estos barrios por motivo de la creciente expansión urbana necesitan ser provistos de un sistema de saneamiento puesto que generan aguas residuales que pueden originar problemas en la salud.

Hay que mencionar que una comisión de los barrios “Nuevo Amanecer” han dirigido varios oficios a la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) solicitando la dotación del servicio de alcantarillado debido a que la mayoría de hogares emplea letrinas y pozos sépticos para eliminar sus excretas;

igualmente sus aguas servidas arrojadas a la vía causan problemas en salubridad y pérdidas económicas.

Por otra parte, ya que el sector el Chamizal se ha dividido en varios barrios no se realizó anteriormente una planificación adecuada con respecto a vías, áreas verdes y planificación urbana; esto genera problemas puesto que el trazado de la red posiblemente exija pasos de servidumbre, para lo cual los ciudadanos deben estar de acuerdo.

No obstante, en general luego de mantener varias conversaciones con los representantes y moradores de los barrios se nota un alto interés en el desarrollo del proyecto y prestos a ayudar en el mismo.



Árbol de problemas

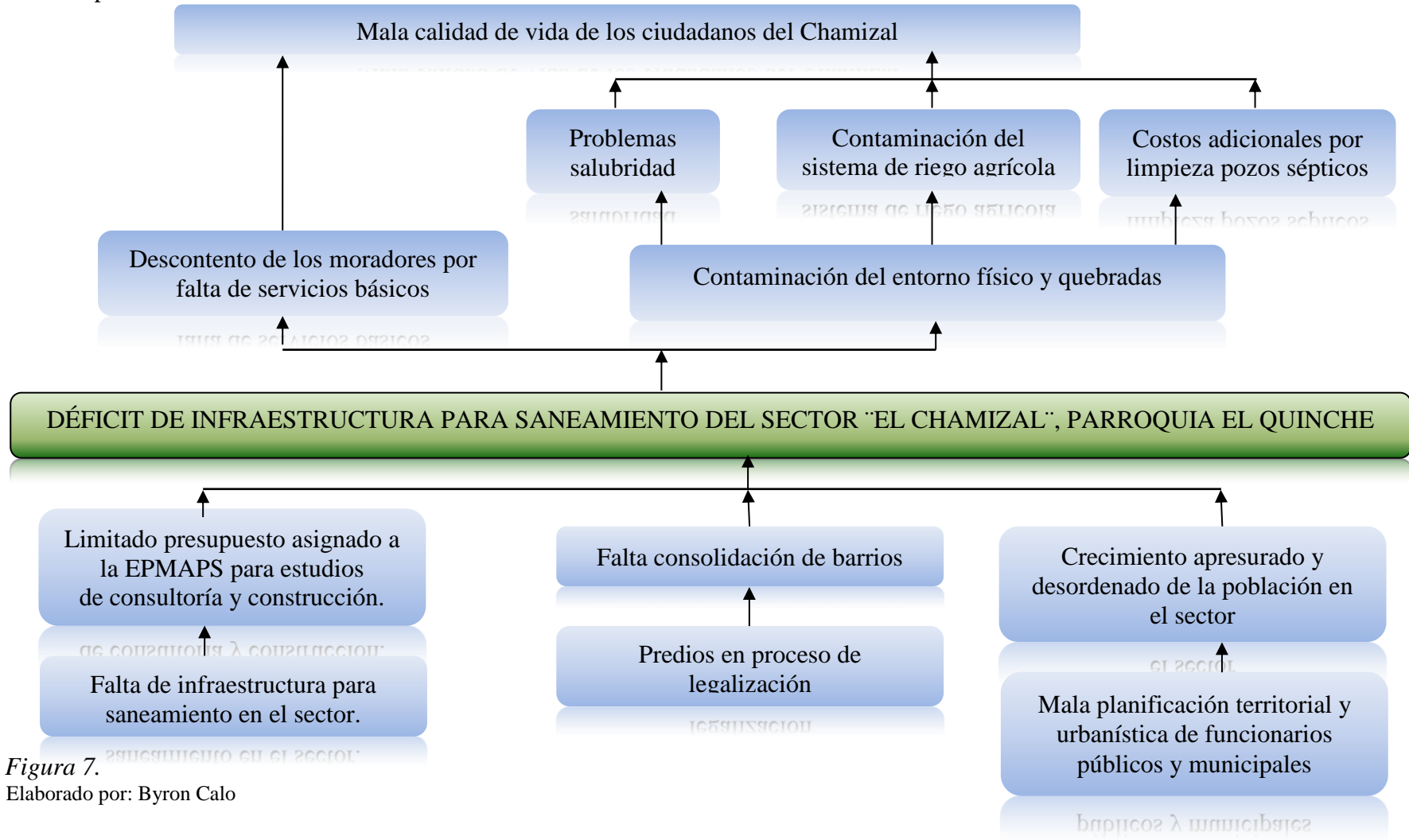


Figura 7.  
Elaborado por: Byron Calo

### 2.3 Línea base del proyecto

Para establecer la situación actual del proyecto se realizó una encuesta técnico-social en las zonas más representativas del proyecto; en el *anexo 1* se presenta el formato empleado para dicho fin.

#### 2.3.1 Determinación del tamaño de la muestra.

La ecuación a continuación es aplicada ampliamente para el cálculo del tamaño de una muestra:

Ecuación 1. Tamaño de la muestra

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

donde:

N=tamaño de la población; de acuerdo a la tabla 5 se tiene 163 viviendas,

Z= nivel de confianza,

p=probabilidad de éxito, o proporción esperada,

q= probabilidad de fracaso, q=(1-p)

e= error admisible

Ya que se trata de una muestra estadística “los niveles de confianza que se emplean con más frecuencia son 90%, 95% y 99%” (Devore, 2004, p. 281), que corresponden a valores de “Z” de 1.65, 1.96 y 2.58 respectivamente. Para muestras representativas, en este caso se asumieron las variables: intervalo de confianza=95% (1.96) que es aceptable, q=p=0.5 y un error e=7%. Por lo tanto, aplicando la *ecuación 1* se determinó que se requiere encuestar a no menos de **89 viviendas** para poder tener una seguridad del **95%**.

De acuerdo a la *tabla 8* se establece que la muestra representativa es de 109 encuestas efectivas, asimismo se obtuvieron encuestas no aceptadas puesto que existen incoherencias en las mismas.

Las encuestas se realizaron el 6 de julio de 2014 en donde se seleccionó a los barrios de alta densidad:

Tabla 8.  
Barrios censados

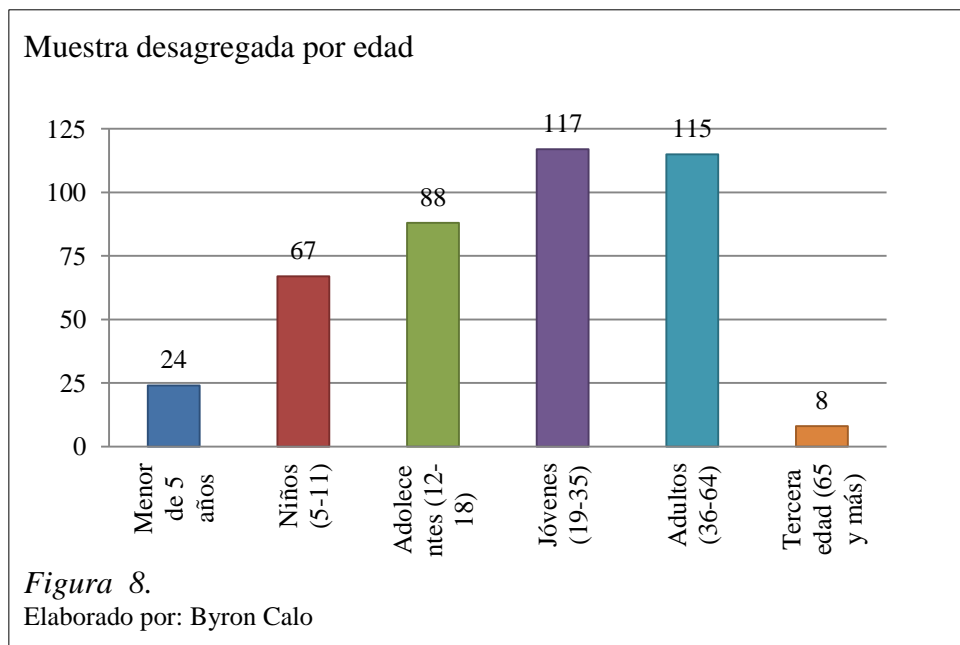
| BARRIO                     | Nro. LOTES CENSADOS | Nro. NO VALIDOS | Observación  |
|----------------------------|---------------------|-----------------|--|
| Nuevo Amanecer - Etapa I   | 23                  | 0               | -----  |
| Nuevo Amanecer - Etapa II  | 26                  | 1               | -----  |
| Nuevo Amanecer - Etapa III | 14                  | 0               | -----  |
| Nuevo Amanecer - Etapa IV  | 32                  | 5               | -----  |
| Nuevo Amanecer - Etapa V   | 14                  | 0               | -Varios no residen en el sitio<br>-Predios en legalización |
| <b>TOTAL</b>               | <b>109</b>          | <b>6</b>        |  |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

### 2.3.2 Resultados encuesta.

De la muestra censada se obtuvieron los siguientes resultados demográficos:



Por tanto, de acuerdo a la figura 8 el total de ciudadanos de la muestra representativa es de **419 personas**, de los cuales 208 son mujeres y 211 hombres; consecuentemente los datos se refieren exclusivamente a las encuestas realizadas.

En primer lugar 98 familias de las encuestadas, que es el 90.74% están muy interesadas en conectarse a la red pública de alcantarillado y asumir los costos del mismo, asimismo, el 83.33% está de acuerdo en permitir la construcción de una planta de tratamiento en las cercanías de sus viviendas. En segundo lugar se determinó que el 61% tiene servicio de agua potable a un costo promedio mensual de

5 dólares. Por otra parte se estimó que en la zona del proyecto existen 4 personas por familia.

Seguidamente se presenta en la tabla 9 los indicadores más importantes con respecto al problema central; que a través de la muestra representativa se inferencia los resultados hacia el total de la población:

Tabla 9.  
*Matriz de línea base*

| <b>Problema</b>                                    | <b>Indicador</b>  | <b>Fuente</b>                                  |
|--|---|--|
| Gasto significativos en salud                      | 23,8% de las familias censadas creen que su mayor gasto es en salud y oscila entre 10 y 25 dólares  | Encuesta del autor                             |
| Enfermedades frecuentes                            | 34,86% de los encuestados sufren frecuentes diarreas  | Encuesta del autor                             |
| Contaminación entorno físico                       | el 47,71% de los censados creen que la causa de enfermedades es por la contaminación del entorno físico   | Encuesta del autor                             |
| Déficit de cobertura del sistema de alcantarillado | Al año 2010 el 23,6% del sector el Chamizal no cuenta con sistemas de saneamiento; consecuentemente el 77,06% de los encuestados emplean letrinas o pozos sépticos para eliminar sus excretas | Secretaría Hábitat y Vivienda - encuesta autor |
| Costos adicionales a la canasta familiar           | los encuestados gastan un promedio de 55 dólares semestrales en la limpieza de pozos sépticos   | Encuesta del autor                             |
| Mala calidad de vida                               | 88,1% se quejan por malos olores<br>80% se queja por la proliferación de mosquitos<br>51,22% creen que el estanque de aguas servidas afecta mucho su vida                                     | Encuesta del autor                             |
| Agua contaminada                                   | Actualmente varias familias arrojan aguas residuales al canal de riego "Pisque"   | Inspecciones In-situ                           |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

## **2.4 Análisis de oferta y demanda**

Para dicho análisis se emplearán datos del censo de población y vivienda al año 2010 e indicadores que se obtuvieron de la encuesta realizada en la zona del proyecto.

### **2.4.1 Demanda actual.**

#### **2.4.1.1 Población de referencia actual.**

Corresponde a la población de la parroquia el Quinche; sin embargo se posee datos del INEC al año 2010, por lo cual se realizará una proyección hacia el año 2015, que está en curso. El método empleado es "Tasas de crecimiento" que representa bien el

aumento de una población que sufre un gran incentivo de crecimiento y luego se estabiliza. (Juan José Bolinaga et al., 1999, p. 20).

Ecuación 2. Población Proyectada

$$Pf = P_{uc}(1 + r)^{Tf - Tuc}$$

Ecuación 3. Tasa de crecimiento

$$r = \left( \frac{Pf}{P_{uc}} \right)^{\frac{1}{Tf - Tuc}} - 1$$

donde:

r= tasa crecimiento anual

Puc= población del último censo (16056 ha.)

Tuc= año del último censo (año 2010)

Pf= población proyectada

Tf=año de la proyección (año 2015)

De acuerdo a datos de proyecciones referenciales de población a nivel parroquial de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES) la población del año 2010 fue de 16056 habitantes y se estima al año 2020 será de 20550 habitantes en la parroquia el Quinche; con estos datos a través de la ecuación 3 se calcula la tasa de crecimiento:

$$r = \left( \frac{20550}{16056} \right)^{\frac{1}{2020-2010}} - 1 = 2.49\%$$

Tabla 10.

*Población de referencia actual*

| AÑO  | Nro. Habitantes |
|------|-----------------|
| 2010 | 16056           |
| 2011 | 16456           |
| 2012 | 16866           |
| 2013 | 17286           |
| 2014 | 17716           |
| 2015 | 18158           |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

#### **2.4.1.2 Población demandante potencial actual**

Los habitantes del sector el Chamizal son los que potencialmente requieren el servicio, pero con fines de proyecto esta población se estima hasta el 2015 que vendría a ser la población actual del proyecto.

Tabla 11.

*Población demandante potencial actual*

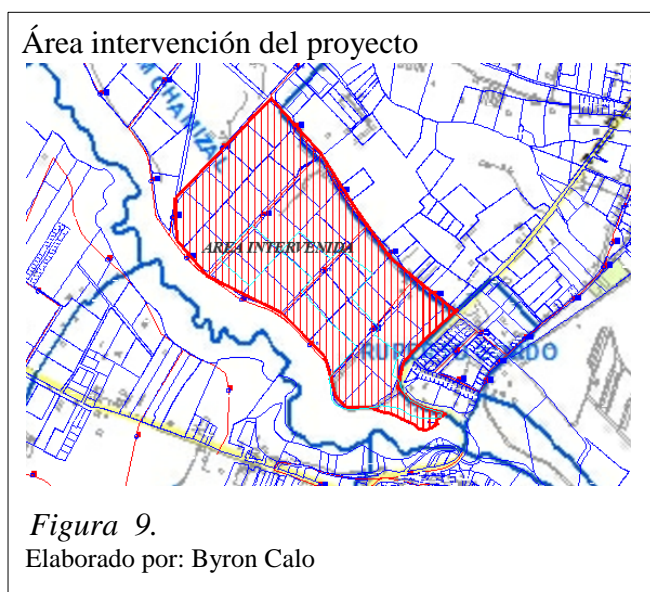
| AÑO  | Nro. Habitantes |
|------|-----------------|
| 2010 | 496             |
| 2011 | 509             |
| 2012 | 522             |
| 2013 | 534             |
| 2014 | 548             |
| 2015 | 561             |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

**2.4.1.3 Población demandante efectiva actual.**

Esta población se determinará en función de las áreas de intervención del proyecto y la densidad poblacional efectuada en la encuesta técnico-social; el sector el Chamizal en su totalidad cuenta con 141.27 hectáreas de las cuales el proyecto abarca solo **28.324 Ha**, conforme se observa en la figura 9.



De acuerdo a la encuesta realizada se obtuvo las siguientes densidades poblacionales:

Tabla 12.

*Densidades barrios encuestados*

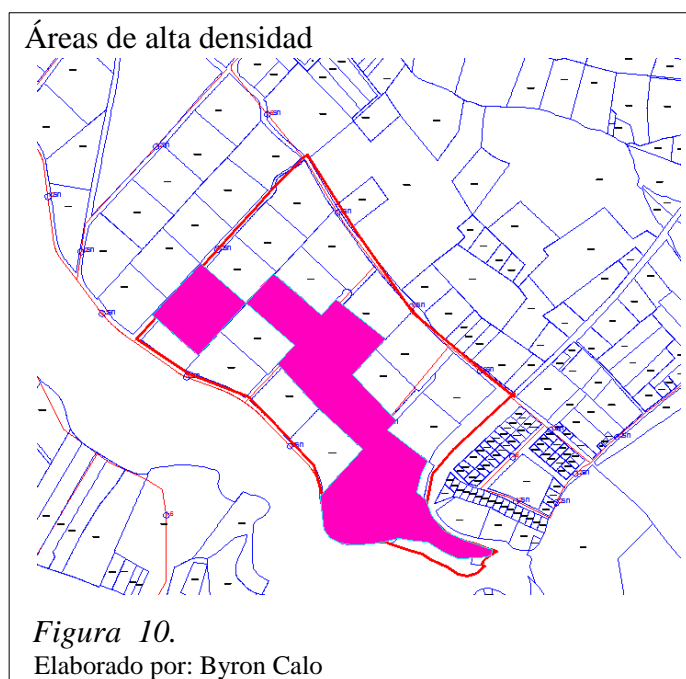
| BARRIO                     | Nro. Habitantes | Área cabida barrio [ha] | hab/Ha | Promedio [hab/Ha] |
|----------------------------|-----------------|-------------------------|--------|-------------------|
| Nuevo Amanecer - Etapa I   | 89              | 2,53                    | 35.18  | 28.1              |
| Nuevo Amanecer - Etapa II  | 88              | 2,52                    | 34.93  |                   |
| Nuevo Amanecer - Etapa III | 61              | 2,51                    | 24.30  |                   |
| Nuevo Amanecer - Etapa IV  | 127             | 5.08                    | 25     |                   |
| Nuevo Amanecer - Etapa V   | 54              | 2,56                    | 21.09  |                   |
| <b>TOTAL</b>               | <b>419</b>      | <b>15.2</b>             |        |                   |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

Consecuentemente de acuerdo a la tabla anterior la densidad promedio es de 28.1 hab/ha, y al determinar el área de intervención del proyecto es de **28.324 hectáreas** (figura 9) se obtiene una población demandante efectiva actual de **796 habitantes** que corresponde en su mayoría a la población flotante de los últimos 5 años. Las áreas de alta densidad se muestra en la figura 10; y las zonas restantes son predios vacíos.

No obstante en los capítulos posteriores para caso del diseño de las redes de alcantarillado se considerará el plan de uso y ocupación de suelo (PUOS) contemplados por el municipio de Quito para determinar los caudales de diseño en función del uso de suelo del proyecto.



## **2.4.2 Demanda futura.**

### ***2.4.2.1 Población de referencia futura.***

Todo proyecto se planea para atender demandas y densidades futuras, “como mínimo, los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales deben proyectarse para un periodo de 30 años” (EPMAPS, 2009, p. 27), razón por la cual el final de periodo de diseño será el año 2045.

Tabla 13.

*Población referencia futura*

| <b>AÑO</b>  | <b>Nro. Habitantes</b> |
|-------------|------------------------|
| 2015        | 18158                  |
| 2016        | 18610                  |
| 2017        | 19073                  |
| 2018        | 19548                  |
| 2019        | 20035                  |
| <b>2020</b> | <b>20533</b>           |
| 2021        | 21045                  |
| 2022        | 21569                  |
| 2023        | 22106                  |
| 2024        | 22656                  |
| <b>2025</b> | <b>23220</b>           |
| 2026        | 23799                  |
| 2027        | 24391                  |
| 2028        | 24998                  |
| 2029        | 25621                  |
| <b>2030</b> | <b>26259</b>           |
| 2031        | 26913                  |
| 2032        | 27583                  |
| 2033        | 28270                  |
| 2034        | 28973                  |
| <b>2035</b> | <b>29695</b>           |
| 2036        | 30434                  |
| 2037        | 31192                  |
| 2038        | 31969                  |
| 2039        | 32765                  |
| <b>2040</b> | <b>33581</b>           |
| 2041        | 34417                  |
| 2042        | 35274                  |
| 2043        | 36152                  |
| 2044        | 37052                  |
| <b>2045</b> | <b>37975</b>           |

Elaborado por: Byron Calo

**2.4.2.2 Población demandante potencial futura.**

Tabla 14.

*Población demandante potencial futura*

| <b>AÑO</b>  | <b>Nro. Habitantes</b> |
|-------------|------------------------|
| 2015        | 561                    |
| 2016        | 575                    |
| 2017        | 590                    |
| 2018        | 604                    |
| 2019        | 619                    |
| <b>2020</b> | <b>635</b>             |
| 2021        | 651                    |
| 2022        | 667                    |
| 2023        | 683                    |
| 2024        | 700                    |
| <b>2025</b> | <b>718</b>             |
| 2026        | 736                    |
| 2027        | 754                    |
| 2028        | 773                    |
| 2029        | 792                    |
| <b>2030</b> | <b>812</b>             |



|      |      |
|------|------|
| 2031 | 832  |
| 2032 | 853  |
| 2033 | 874  |
| 2034 | 896  |
| 2035 | 918  |
| 2036 | 941  |
| 2037 | 964  |
| 2038 | 988  |
| 2039 | 1013 |
| 2040 | 1038 |
| 2041 | 1064 |
| 2042 | 1090 |
| 2043 | 1117 |
| 2044 | 1145 |
| 2045 | 1174 |

Elaborado por: Byron Calo

#### 2.4.2.3 Población demandante efectiva futura

Esta población se estima para determinar la densidad futura en la zona del proyecto, la cual se replica a la totalidad del área de estudio.

Tabla 15.

*Población demandante efectiva futura*

| <b>AÑO</b> | <b>Nro. Habitantes</b> |
|------------|------------------------|
| 2015       | 796                    |
| 2016       | 816                    |
| 2017       | 837                    |
| 2018       | 857                    |
| 2019       | 879                    |
| 2020       | 901                    |
| 2021       | 923                    |
| 2022       | 946                    |
| 2023       | 970                    |
| 2024       | 994                    |
| 2025       | 1018                   |
| 2026       | 1044                   |
| 2027       | 1070                   |
| 2028       | 1096                   |
| 2029       | 1124                   |
| 2030       | 1152                   |
| 2031       | 1180                   |
| 2032       | 1210                   |
| 2033       | 1240                   |
| 2034       | 1271                   |
| 2035       | 1302                   |
| 2036       | 1335                   |
| 2037       | 1368                   |
| 2038       | 1402                   |
| 2039       | 1437                   |
| 2040       | 1473                   |
| 2041       | 1509                   |
| 2042       | 1547                   |
| 2043       | 1585                   |
| 2044       | 1625                   |
| 2045       | 1665                   |

Elaborado por: Byron Calo

### 2.4.3 Oferta.

El sector no cuenta con ningún sistema de alcantarillado, a excepción de la red de aproximadamente 622m que atraviesa paralelamente al noroeste del sector el Chamizal, este sistema se construyó en el año 2012 exclusivamente para el barrio la Esperanza. En conversaciones con los ciudadanos de El Chamizal, que viven en las cercanías de la red han manifestado que no existe ninguna conexión domiciliaria a dicha red.

Por lo tanto la oferta actual es cero. Además funcionarios del departamento de Ingeniería de la EPMAPS comentan que no se tiene prevista la construcción de ningún sistema de saneamiento en el sector.

### 2.4.4 Análisis del déficit o demanda insatisfecha.

El déficit se determina sobre la base del balance oferta – demanda, obteniéndose los siguientes resultados presentados en la tabla 16.

Tabla 16.

*Demanda insatisfecha al año 2045*

| <b>AÑO</b> | <b>OFER. FUTURA</b> | <b>DEM. FUTURA</b> | <b>DÉFICIT</b> |
|------------|---------------------|--------------------|----------------|
| 2015       | 0                   | 796                | -796           |
| 2016       | 0                   | 816                | -816           |
| 2017       | 0                   | 837                | -837           |
| 2018       | 0                   | 857                | -857           |
| 2019       | 0                   | 879                | -879           |
| 2020       | 0                   | 901                | -901           |
| 2021       | 0                   | 923                | -923           |
| 2022       | 0                   | 946                | -946           |
| 2023       | 0                   | 970                | -970           |
| 2024       | 0                   | 994                | -994           |
| 2025       | 0                   | 1018               | -1018          |
| 2026       | 0                   | 1044               | -1044          |
| 2027       | 0                   | 1070               | -1070          |
| 2028       | 0                   | 1096               | -1096          |
| 2029       | 0                   | 1124               | -1124          |
| 2030       | 0                   | 1152               | -1152          |
| 2031       | 0                   | 1180               | -1180          |
| 2032       | 0                   | 1210               | -1210          |
| 2033       | 0                   | 1240               | -1240          |
| 2034       | 0                   | 1271               | -1271          |
| 2035       | 0                   | 1302               | -1302          |
| 2036       | 0                   | 1335               | -1335          |
| 2037       | 0                   | 1368               | -1368          |
| 2038       | 0                   | 1402               | -1402          |
| 2039       | 0                   | 1437               | -1437          |
| 2040       | 0                   | 1473               | -1473          |
| 2041       | 0                   | 1509               | -1509          |

|      |   |      |       |
|------|---|------|-------|
| 2042 | 0 | 1547 | -1547 |
| 2043 | 0 | 1585 | -1585 |
| 2044 | 0 | 1625 | -1625 |
| 2045 | 0 | 1665 | -1665 |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

## 2.5 Identificación y caracterización de la población objetivo

### 2.5.1 Identificación de la población objetivo.

La población que actualmente enfrenta las consecuencias del déficit de sistemas de saneamiento es de 796 personas que corresponden a los barrios poblados actualmente, el 54% del área total del proyecto se considera de alta densidad.

Sin embargo el proyecto planea cubrir el 100% de la población demandante efectiva futura, puesto que en la zona los macro lotes se encuentran en proceso de legalización. En definitiva el área intervenida es de 28.324 hectáreas y su población está representada en la tabla 15.

### 2.5.2 Caracterización de la población objetivo.

El área de intervención consta de 4 barrios legalizados ante el Municipio de Quito, los cuales son: Nuevo Amanecer I,II,III y IV, contrariamente los demás asentamientos humanos se hacen conocer como: “Barrio Chamizal” y “Cooperativa huertos familiares el Chamizal” los cuales están en proceso de regularización. Además existen macro lotes que están baldíos y otros que se emplean para la producción principalmente de frutilla.

Producción de frutilla



*Figura 11.*

Elaborado por: Byron Calo

De acuerdo a las encuestas efectuadas se pudo determinar que el 52.29% de los ciudadanos pertenecen a la clase obrera, donde sus salarios oscilan de 340 a 550 dólares mayormente; por este motivo la mayoría de los ciudadanos han mostrado alto interés en solucionar sus problemas de saneamiento.

Durante las visitas de campo se evidenciaron que varios macro lotes con cerramientos son los que dividen los barrios, los cuales han generado problemas de urbanización del sector para el trazado de vías y pasajes.

Por otro lado las quejas frecuentes de los moradores son por el mal olor en el ambiente, el uso de pozos sépticos y la falta de apoyo de las autoridades públicas y/o municipales del Distrito Metropolitano de Quito.

Problemas de la población objetivo



*Figura 12.*

Elaborado por: Byron Calo

Se debe destacar que en el sector existe el servicio de agua potable dotado por la EPMAPS. Muy al contrario con respecto a vivienda dado que las autoridades no agilizan los trámites de legalización existen gran variedad de construcciones ejecutadas anti técnicamente y sin poseer escrituras individuales.

### Construcciones informales



*Figura 13.*

Elaborado por: Byron Calo

Por último se debe mencionar que existe un potencial inconveniente en terrenos que no permitirían el paso de la red de alcantarillado ya que se encuentran ubicados en vías futuras. Este análisis de servidumbre se abordará ampliamente en el tema de trazado de tuberías en el capítulo “viabilidad técnica”.

## **CAPÍTULO 3**

### **OBJETIVOS DEL PROYECTO**

#### **3.1 Objetivo general y objetivos específicos**

##### **3.1.1 Objetivo general.**

Implementar un sistema de alcantarillado para los barrios altamente poblados del sector el Chamizal, de acuerdo a normas EPMAPS en el periodo de 7 meses.

##### **3.1.2 Objetivos específicos.**

- Expropiación y/o indemnización a predios por servidumbre de pasos necesarios y tramitados por la entidad pertinente.
  
- Obras de conducción primaria y secundaria emplazada en vías públicas y conduciendo aguas servidas hacia el emisario final de acuerdo a normas EPMAPS en 5 meses.
  
- Pozos de registro construidos en función de especificaciones EPMAPS en 5 meses.
  
- Obras de drenaje, recolección de aguas lluvias y conexiones domiciliarias construidas de acuerdo al tipo de vía, en función a normas EPMAPS en 2 meses.
  
- Implementada una planta de tratamiento y descarga hacia el cuerpo receptor, descargando caudales con índices aceptables de acuerdo a normativa del Ex-Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS) y el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria (TULAS) en un periodo de 3 meses.

### 3.2 Indicadores de resultado

Tabla 17.

*Indicadores de resultado*

|  | <b>COMPONENTES</b>   | <b>RESULTADOS ESPERADOS</b>  |
|--|--|--|
| Mejorar la calidad de vida de los barrios de alta densidad demográfica pertenecientes al sector el Chamizal a través de la implementación de un sistema de alcantarillado. | Expropiación y/o indemnización a predios por servidumbre de paso necesarios.   | Durante el periodo de construcción el 100% de pasos de servidumbre legalizados e indemnizados.                             |
|  | Obras de conducción primarias y secundarias emplazadas en vías públicas.   | Concluidas las obras de conducciones primarias y secundarias en el periodo de 5 meses de acuerdo a normativa EPMAPS.       |
|  | Pozos de registro construidos.   | Construidos pozos de registro en 5 meses en función a especificaciones EPMAPS.   |
|  | Obras de drenaje, recolección de aguas lluvias y conexiones domiciliarias construidas de acuerdo al tipo de vía.           | En 2 meses construidas y funcionando las obras de drenaje y conexiones domiciliarias de acuerdo a normas EPMAPS.           |
|  | Implementado una planta de tratamiento y descarga hacia el cuerpo, descargando caudales con índices aceptables de calidad. | En 3 meses el sistema de tratamiento construido y entregando aguas al cuerpo receptor de acuerdo a normas Ex-IEOS y TULAS. |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

### 3.3 Matriz de marco lógico

Tabla 18.

Matriz de marco lógico

| RESUMEN NARRATIVO DE OBJETIVOS   | INDICADORES VERIFICABLES OBJETIVAMENTE   | MEDIOS DE VERIFICACIÓN   | SUPUESTOS  |
|--|--|--|--|
| <b>FIN:</b>  |  |  |  |
| Mejorar la calidad de vida de los barrios de alta densidad demográfica pertenecientes al sector el Chamizal a través de la implementación de un sistema de alcantarillado. | En el año 2016 el 95% de las familias han mejorado su calidad de vida.<br><br>Al final del año 2016 el 38% de la población objetivo se encuentra recibiendo el servicio de alcantarillado. | Acta de entrega - recepción definitiva<br>Inspecciones in-situ<br><br>Listado de acometidas domiciliarias del sector el Chamizal avaladas por la EPMAPS. | La EPMAPS posee la logística y los recursos necesarios para la operación y mantenimiento óptimo del sistema de alcantarillado. |
| <b>PROPÓSITO:</b>  |  |  |  |
| Implementar un sistema de alcantarillado para los barrios altamente poblados del sector el Chamizal, de acuerdo a normas EMAPS en el periodo de 7 meses.                   | En el periodo de 7 meses el sistema de alcantarillado se encuentra operativo y prestando servicio a 576 personas de acuerdo a especificaciones técnicas apropiadas.                        | Acta de entrega - recepción provisional<br><br>Verificación, inspección, informes y documentos técnicos de las entidades oferentes y contratantes.       | Existe la partida presupuestaria para la ejecución del proyecto por parte de la EPMAPS.  |
| <b>COMPONENTES:</b>  |  |  |  |
| 1. Expropiación y/o indemnización a predios por servidumbre de paso necesarios.  | Predios expropiados e indemnizados previo el inicio de la construcción   | Acta de indemnización y/o compromiso de la entidad pertinente.   | Asignación de recursos económicos a tiempo.  |
| 2. Obras de conducción primaria y secundaria emplazada en vías públicas y conduciendo aguas servidas hacia el emisario final en 5 meses.                                   | Concluidas y funcionando las obras de conducción primarias y secundarias en el periodo de 5 meses.   | Informes técnicos de fiscalización (planillas).<br>Inspecciones visuales.  | Los moradores del proyecto están dispuestos al paso de servidumbre y colaborar económicamente con los lotes afectados.         |
| 3. Pozos de registro construidos en 5 meses.   | Construidos pozos de registro en 5 meses.  | Informes técnicos de fiscalización (planillas).<br>Inspecciones visuales.  |  |



| RESUMEN NARRATIVO DE OBJETIVOS  | INDICADORES VERIFICABLES OBJETIVAMENTE  | MEDIOS DE VERIFICACIÓN   | SUPUESTOS   |
|---|---|--|---|
| 4. Obras de drenaje, recolección de aguas lluvias y conexiones domiciliarias construidas de acuerdo al tipo de vía en 2 meses.  | En 2 meses construidas y funcionando las obras de drenaje.  | Informes técnicos de fiscalización (planillas).<br>Inspecciones visuales.                                | Existe el recurso humano calificado por parte de la EPMAPS para fiscalizar la obra. |
| 5. Implementada una planta de tratamiento y descarga hacia el cuerpo receptor, descargando caudales con índices aceptables de acuerdo a normativa de la Ex-IEOS y TULAS en un periodo de 3 meses. | En 3 meses el sistema de tratamiento construido y entregando aguas al cuerpo receptor de acuerdo a normativa correspondiente. | Informes técnicos de fiscalización (planillas).<br>Inspecciones visuales.                                | Procedimientos precontractuales serán eficientes                                    |
| <b>ACTIVIDADES:</b>   |   |  |   |
| 1. Expropiación y/o indemnización a predios por servidumbre de paso necesarios.   |   |  | Entrega de recursos económicos a tiempo.  |
| 1.1 INDEMNIZACION POR SERVIDUMBRE DE PASO   | 69.60   | Facturas y documentos de pago<br>Partidas presupuestarias e informes de afectación por paso servidumbre. |   |
| 2. Obras de conducción primarias y secundarias emplazadas en vías públicas y conduciendo aguas servidas hacia el emisario final en 5 meses.   |   |  | Los barrios intervenidos participan activamente en la ejecución del proyecto.       |
| 2.1 CA01 MOVIMIENTO DE TIERRAS  | 122021.48   | Registro contable de la unidad ejecutora.  |   |
| 2.2 CA02 TUBERÍA PLÁSTICA   | 176494.57   | Facturas.<br>Informes de avance de obra (planilla).  |   |

| RESUMEN NARRATIVO DE OBJETIVOS  | INDICADORES VERIFICABLES OBJETIVAMENTE | MEDIOS DE VERIFICACIÓN   | SUPUESTOS   |
|---|--|--|---|
| 3. Pozos de registro contruidos en 5 meses.   |  |  | Recursos económicos asignados a tiempo por el contratante para el desarrollo del proyecto.    |
| 3.1 CA03 POZOS DE REVISIÓN TIPO B1  | 59451.53                               | Registro contable de la unidad ejecutora.  |   |
| 3.2 CA04 POZOS DE SALTO H=1.25m   | 10034.8782                             | Facturas.<br>Informes de avance de obra (planilla).  |   |
| 4. Obras de drenaje, recolección de aguas lluvias y conexiones domiciliarias construidas de acuerdo al tipo de vía en 2 meses.  |  |  | Los moradores muestran una actitud amena a los varios trabajos en ejecución.                  |
| 4.1 CA05 CONEXIONES DONICILIARIAS Y SUMIDEROS   | 56800.49                               | Registro contable de la unidad ejecutora.<br>Facturas.<br>Informes de avance de obra (planilla). |   |
| 5. Implementada una planta de tratamiento y descarga hacia el cuerpo receptor, descargando caudales con índices aceptables de acuerdo a normativa de la Ex-IEOS y TULAS en un periodo de 3 meses. |  |  | Todos los equipos y maquinaria cuentan con carta de compromiso por parte de sus propietarios. |
| 5.1 CA06 SEPARADOR CAUDALES (P61)   | 4270.86                                | Registro contable de la unidad ejecutora.  |   |
| 5.2 CA07 FOSA SÉPTICA - FILTRO ANAEROBIO  | 28729.47                               |  |   |
| 5.3 CA08 LECHO DE SECADO DE LODOS   | 1752.94                                | Facturas.  |   |
| 5.4 CA09 CANAL ESCALONADO Y TUBERÍA DESCARGA PLUVIAL  | 16718.36                               |  |   |
| 5.5 CA10 DISIPADOR TIPO PANTALLA  | 1320.37                                |  |   |
| 5.6 CA11 TRABAJOS VARIOS  | 10939.87                               | Informes de avance de obra (planilla).   |   |
| 5.7 CA12 MITIGACIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL  | 4320.64                                |  |   |

Nota. En base al formato SENPLADES.

Elaborado por: Byron Calo

## CAPÍTULO 4

### VIABILIDAD Y PLAN DE SOSTENIBILIDAD

#### 4.1 Viabilidad técnica

En los proyectos de recolección y evacuación de aguas residuales es necesario disponer de estudios previos a su diseño y su posterior construcción; los mismos que permitirán tomar decisiones tanto en lo relativo a dimensiones, como a la ubicación de las tuberías, pozos de inspección, pendientes, tratamientos y cuerpos receptores.

Los estudios mínimos que se deben considerar son: topografía detallada-georeferenciada, catastro de la zona de estudio, catastro de usuarios de agua potable y consumo, información hidrológica, hidráulica, geológica y socio económica que ayuden a seleccionar la alternativa más adecuada y factible, técnica, económica, financiera y de menor impacto ambiental.

##### 4.1.1 Estudio topográfico.

El levantamiento altimétrico y planimétrico se lo realizó para el total del área intervenida, que comprende 28.324 Ha. Ya que en el DMQ está establecido un marco de referencia uniforme para todo trabajo topográfico, la georeferenciación se referirá a: Datum Horizontal al Sistema Geodésico Mundial de 1984 (WGS84), como Datum Vertical al sistema de alturas con respecto al Nivel Medio del mar y como sistema de proyección la Universal Transversal de Mercator para Quito (TMQ).

Para georeferenciar el proyecto se empleó puntos de control existentes en las cercanías, estos fueron provistos por la EPMAPS y el IGM; sus características se muestran en la tabla a continuación.

Tabla 19.

*Puntos de control*

| DESCRIPCIÓN | COORDENADAS GEOGRÁFICAS |                     | COORDENADAS TMQ |            | CONTROL VERTICA L [m] | ENTIDAD   |
|-------------|-------------------------|---------------------|-----------------|------------|-----------------------|-----------|
|             | LATITUD [° ' '']        | LONGITUD [° ' '']   | NORTE [m]       | ESTE [m]   |                       |           |
| PE 31156-X  | S 00 05<br>54,4758      | W 078 17<br>57,2544 | 9989107,191     | 522359,055 | 2595,267              | IGM       |
| BM#1        | -----                   | -----               | 9988637,47      | 522762,41  | -----                 | EPMAPS    |
| BM#1        | -----                   | -----               | 9988639,138     | 522760,955 | 2630,931              | CORREGIDO |

Nota. IGM, EPMAPS

Elaborado por: Byron Calo

Complementariamente en el *anexo 2* se muestra información adicional sobre el punto de control IGM; asimismo en la figura 14 se muestran las referencias materializadas en el proyecto. La referencia BM1 se encuentra localizada al inicio de la calle “Cornelio Betancourt”, a 0.6m del canal de riego el Pisque, además la referencia IGM se encuentra a un recorrido de 650m del inicio de la calle “Cornelio Betancourt” implantado sobre una loseta de hormigón.



#### **4.1.1.1 Trabajos de campo.**

Para el levantamiento altimétrico y planimétrico se empleó una estación total “Trimble” debidamente calibrada; se aplicaron poligonales abiertas para todo el trabajo que consistió en levantar calles y pasajes de todos los barrios, así como toma de puntos del terreno natural donde existían predios en contra pendiente.

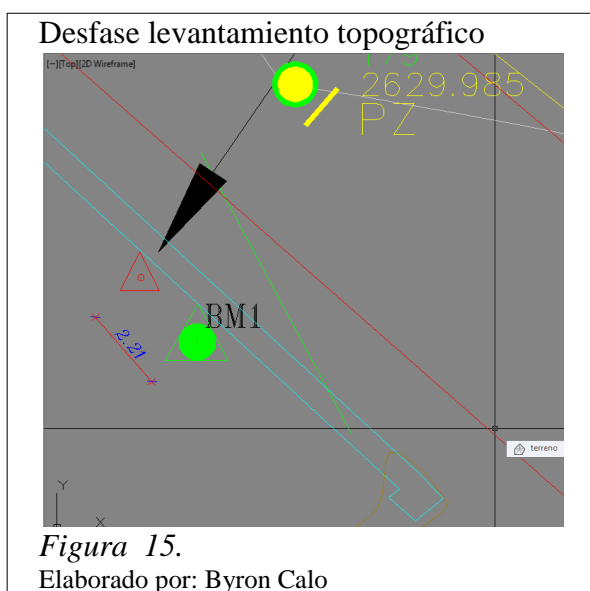
Como se trata de un proyecto de alcantarillado se tomaron puntos cada 10m en ejes de vías debidamente abscisados para obtener con alta precisión el perfil natural del terreno; igualmente fue necesario tomar puntos en intersecciones de vías, pasajes y cada 80m que es la distancia máxima entre pozos de inspección.

Los puntos de referencia fueron debidamente marcados a fin de impedir su pérdida con la ayuda de triangulaciones. El abscisado del terreno fue fijado con ayuda de estacas y clavos.

#### 4.1.1.2 Trabajos de oficina.

La libreta electrónica de campo se presenta en el *anexo 3* la cual muestra cada punto con su respectiva numeración, coordenada y descripción. Los puntos se procesaron y validaron con el software Autodesk Civil 3D 2014; por otra parte para la elaboración del plano topográfico se empleó el plano catastral provisto por la STHV, la Administración Zonal Tumbaco y la EPMAPS.

Hay que mencionar que al emplear las coordenadas de la EPMAPS (BM#1) existió un error de 2.21m en longitud, este error se corrigió para realizar el nuevo levantamiento; la figura a continuación muestra el desfase obtenido.



Para cartografía a escala mayor (1:2000) se requieren curvas de nivel a cada 2 metros (EPMAPS, 2009, p. 113) y se realizó una interpolación con el software anteriormente mencionado, asimismo para curvas de nivel de la quebrada adyacente al proyecto se empleó cartografía provista por el IGM.

La información procesada se encuentra plasmada en el *anexo 4* (plano topográfico) estructurado para su impresión en láminas A1.

#### **4.1.2 Estudio geotécnico.**

La presente investigación se basa en los trabajos de campo y oficina que tienen como propósito determinar la naturaleza del subsuelo y sus características por medio de la descripción geológica del sitio, de la clasificación manual-visual de los suelos y de la determinación de sus parámetros de resistencia que permitan emitir conclusiones y recomendaciones respecto al tipo de cimentación, entibado de paredes por excavaciones, profundidad de desplante, capacidad de carga admisible del suelo y asentamientos instantáneos de las cimentaciones.

##### **4.1.2.1 Geología.**

La geomorfología del sector El Quinche en general se encuentra en planicies cuya altitud varía entre 3000 y 2400 msnm; exceptuando la presencia de quebradas con pendientes altas. Al este de la parroquia se destacan colinas y lomas como la de San Ignacio, Garbanzo, Cantarilla. Las quebradas confluyen al noroeste de la parroquia hacia la cuenca del río Guayllabamba.

La parroquia El Quinche en su totalidad está cubierta por cangagua (ceniza, toba), que son productos del volcanismo en relación a los depósitos volcano-sedimentarios y depósitos superficiales; estos productos se depositaron en distintas épocas y fueron afectados por tectonismo local y regional. El 90% de la parroquia pertenece al periodo cuaternario y el 10% al terciario.

A fin de tener una noción específica sobre la estratigrafía del sitio del proyecto en el *anexo 5* y de acuerdo al mapa geológico provisto por el Instituto Geológico Minero Metalúrgico del Ecuador; se determinaron las siguientes formaciones de las más antiguas a las más modernas:

##### **- Formación río Pisque (Ppq1 y Ppq2)**

Pertenciente al periodo terciario y cuaternario, además dividida entre la época del plioceno y parte del pleistoceno. Esta formación está estructurada en dos estratos, el primero de 300 hasta 2000m con suelos como: lavas vesiculares máficas, conglomerados máficos, escoráceos lavajes pluviales, y en segundo lugar por un estrato de aproximadamente 100m conformado por tobas y cenizas doradas con

lapilli andesítico. Además dicha formación no aflora en la región del proyecto pero constituye la parte basal.

- **Formación San Miguel (Ps)**

Pertenece completamente al periodo del cuaternario y época del pleistoceno; la formación contiene un estrato menor a 300m de lodolitas bandeadas, areniscas, cenizas y tobas, conglomerado un nivel central de aglomerado; por otra parte el estrato superior de espesores menores a 500m contiene capas hundidas, plegadas y falladas de la formación San Miguel, dentro de la depresión de Guayllabamba; así mismo esta formación no aflora en la zona del proyecto.

- **Volcánicos Guayllabamba (PB)**

Formada en la época del pleistoceno y consiste principalmente en su mayoría de aglomerados y tobas, localizadas al oeste y suroeste de el Quinche. Suprayaciendo al aglomerado se encuentra la ceniza aglomerática de color café. De igual manera no aflora en zona del proyecto.

- **Formación Chiche (Pch)**

Perteneciente a la época del pleistoceno y su nombre ha sido tomado del Río Chiche debido a la influencia de sus materiales; se distinguen varias unidades geológicas como: Chiche basal, Toba aglomerática, Chiche inferior, Chiche medio y Chiche superior. En general su espesor varía en 100m y conformado por suelos como: arenas, limos, arcillas lacustres, tobas y pómez lacustres. La formación aflora específicamente a lo largo de las quebradas: Iguñaro, El Quinche y Alpachaca.

- **Formación Cangagua (Qc)**

Forma parte del periodo cuaternario y dividida entre la época del pleistoceno y parte del holoceno. Se encuentra ubicado por encima de la formación Chiche donde se divide por una discordancia; su espesor oscila de 30 a 60m con suelo preponderantes como: ceniza, toba, lapilli de pómez, sedimentos lacustres y cangagua inferior. Esta formación es la única que aflora en toda el área del proyecto.

#### 4.1.2.2 Tectónica.

Al sur-este del proyecto una falla inferida, esta se localiza a 2.5km del Chamizal en el sector de “Niña María”; dicha falla se extiende longitudinalmente 4.5 km aproximadamente.

#### 4.1.2.3 Información sísmica.

La importancia de disponer de estudios de peligrosidad sísmica en el Ecuador es complicada puesto que no existen la cantidad suficiente registros de los mismos; sin embargo se puede hacer referencia a los sismos históricos en el país. En *tabla 20* se presentan los sismos significativos de acuerdo al estudio de peligrosidad sísmica para la construcción de los puentes “San Pedro” y “Río Chiche” que se encuentran en las cercanías del proyecto (Falconí, 2011, p. 1).

Tabla 20.

*Sismos históricos cercanos al proyecto*

| Fecha      | Nombre       | Latitud | Longitud | Mag  | L(km) |
|------------|--------------|---------|----------|------|-------|
| 31/8/1587  | Guayllabamba | 0,05    | -78,33   | 6,4  | 21,7  |
| 22/3/1859  | Quito        | 0,02    | -78,75   | 7,2  | 64    |
| 10/08/1938 | Sangolguí    | -0,4    | -78,41   | 5,8  | 9,6   |
| 25/07/1929 | Murco        | -0,5    | -78,48   | 5,88 | 10,7  |

Nota. Estudio peligrosidad sísmica puente Chiche-San Pedro

Elaborado por: Byron Calo

Es importante destacar que el sismo del año 1587 es el más cercano a la parroquia de El Quinche y con una magnitud en la escala de Richter de 6.4 fue un sismo significativo y relativamente superficial (21.7Km), de volver a presentarse causaría serios problemas en la zona del proyecto.

Se debe mencionar que el daño causado por un sismo puede ser significativo como el último ocurrido en agosto del año 2014 en el Norte de Quito, de 5.1 grados en la escala de Richter que causó deslizamientos de laderas, fisuras significativas en viviendas y principalmente inestabilidad de taludes por características propias de los suelos y depósitos del lugar.

Con los antecedentes presentados y en concordancia con la *figura 16*, la Norma Ecuatoriana de la Construcción cataloga a la Parroquia el Quinche como **alta zona de peligrosidad sísmica** (MIDUVI-Cámara Construcción Quito, 2013, p. 10),



asignándole un valor al factor Z de 0.4g que proviene de un estudio de peligro sísmico para un 10% de excedencia en 50 años (periodo de retorno 475 años).

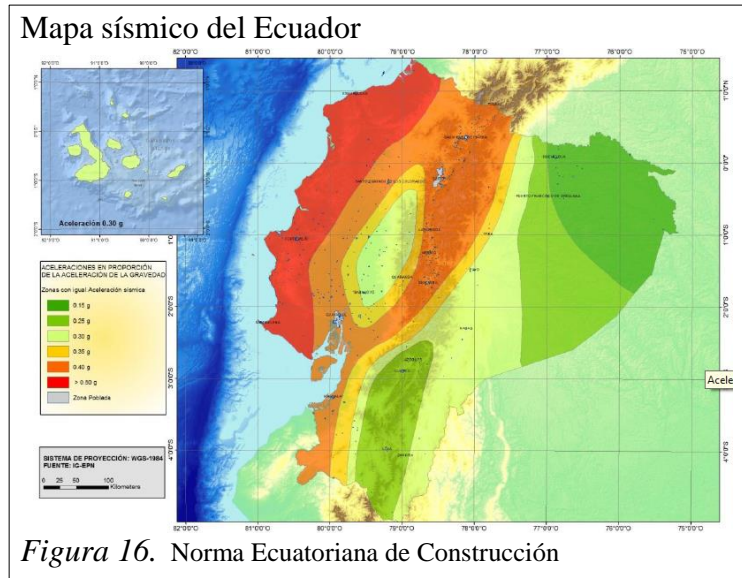


Figura 16. Norma Ecuatoriana de Construcción

De acuerdo al suelo limo-arenoso en el sitio del proyecto y la sección 2.5.4.5 de la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC) el suelo corresponde al tipo D. Con la información procesada se define el espectro elástico de diseño en aceleraciones para el sitio del proyecto en base a los parámetros de la tabla 21.

Tabla 21.

Parámetros espectro elástico de diseño

| Coeficientes de amplificación dinámica |     |     | Tipo suelo | r   | Z   | $\eta$ | R |
|--|-----|-----|------------|-----|-----|--------|---|
| Fa                                     | Fd  | Fs  |            |     |     |        |   |
| 1.2                                    | 1.4 | 1.5 | D          | 1.5 | 0.4 | 2.48   | 2 |

Nota. NEC 2013

Elaborado por: Byron Calo

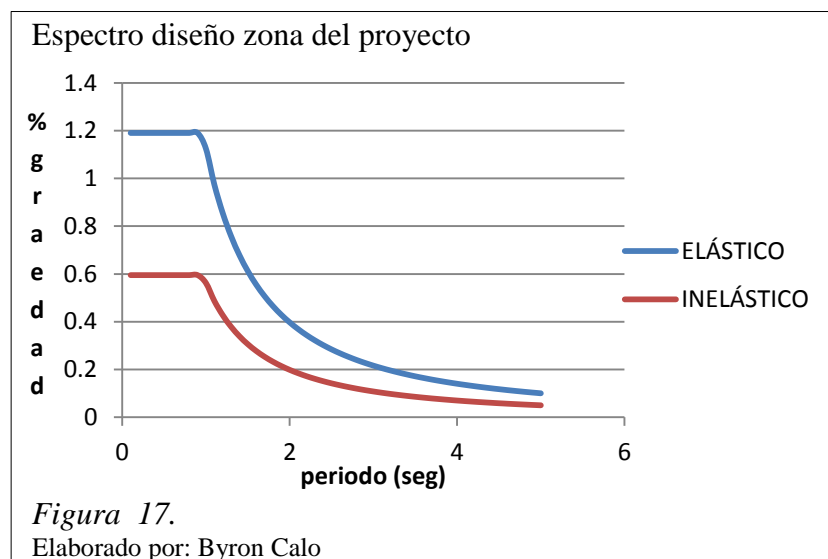


Figura 17.

Elaborado por: Byron Calo

#### 4.1.2.4 Riesgo volcánico.

El área del proyecto estaría expuesto a riesgos por la presencia de varios volcanes activos alrededor de la parroquia; estos volcanes son: Cayambe, Antisana, Pululahua, Guagua Pichincha, Pasochoa, Reventador y Cotopaxi. Los efectos de la actividad volcánica en la zona de estudio sería principalmente la caída de ceniza e ínfimamente la presencia de lava.

#### 4.1.2.5 Estudio de mecánica de suelos.

El objetivo consiste en determinar la capacidad de carga admisible del suelo principalmente en el sitio de implantación de las estructuras de tratamiento, así como el tipo de suelo en varios sitios del proyecto.

El trabajo consistió en obtener muestras alteradas e inalteradas para ensayo triaxial en la zona de tratamiento y fueron realizadas tres calicatas para clasificación por medio del Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). En la tabla 22 se muestra su ubicación y características de las muestras.

Tabla 22.

#### Características zonas muestreo

| DENOMINACIÓN                     | NORTE [m]   | ESTE [m]   | ELEVACIÓN [m] | PROF. MUESTREO [m] | CALLE - UBICACIÓN |
|----------------------------------|-------------|------------|---------------|--------------------|-------------------|
| PTAR (muestra inalterada)        | 9988917.672 | 521846.6   | 2570.13       | 1.2                | PTAR - SEPARADOR  |
| Calicata 1 (muestra alterada)    | 9988790.913 | 522058.956 | 2595.95       | 1                  | Calle N           |
| Calicata 2 (muestra alterada)    | 9988644.633 | 522268.404 | 2606.83       | 1                  | Calle B           |
| Calicata PTAR (muestra alterada) | 9988917.672 | 521846.6   | 2570.13       | 1.2                | PTAR - SEPARADOR  |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Politécnica Salesiana, los cuales se incluyeron los siguientes análisis:

#### a) Clasificación SUCS

Para realizar la clasificación se efectuaron los siguientes ensayos: contenido de agua, Límites de Atterberg, Granulometría, Descripción manual visual. El resumen de los resultados entregados se resume en la siguiente tabla:

Tabla 23.

*Clasificación SUCS*

| DENOMINACIÓN  | LL [%] | LP [%] | IP [%] | % W | CLASIF. SUCS | DESCRIPCIÓN                              |
|---------------|--------|--------|--------|-----|--------------|--|
| Calicata 1    | 31     | 25     | 6      | 8   | ML           | Limo con arena, color café claro         |
| Calicata 2    | 38     | 29     | 9      | 11  | ML           | Limo con arena, color café oscuro        |
| Calicata PTAR | 31     | 25     | 6      | 11  | ML           | Limo arenoso con pómez, color café claro |

Nota. IP=LL-LP

Elaborado por: Byron Calo

b) Triaxial U-U

Al ensayo triaxial se lo considera el mejor para determinar los parámetros de corte del suelo porque refleja la situación natural del terreno, aunque al extraer la muestra se alteran las tensiones internas del mismo.

Los parámetros de resistencia al corte: cohesión (C) y ángulo de fricción ( $\phi$ ) se determinan dibujando el círculo de Mohr en la falla como se muestra en la figura 18 y trazando una tangente a dicho círculo. Su ecuación se presenta a continuación:

Ecuación 4. Círculo de Mohr

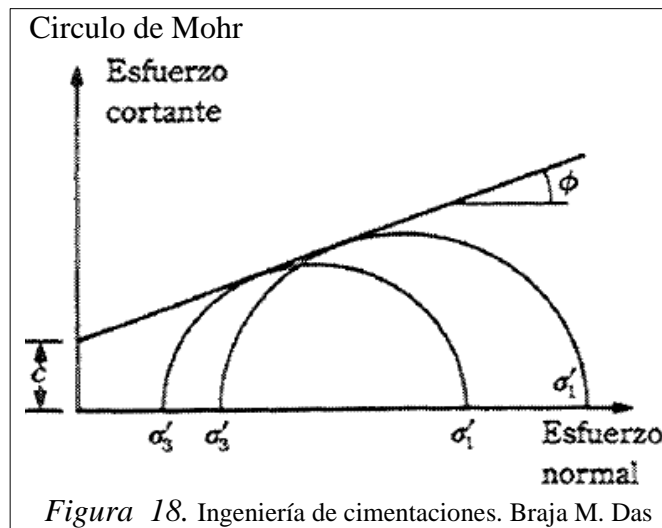
$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right) + 2C \tan\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

Donde:

$\sigma'_1$  = esfuerzo principal mayor

$\sigma'_3$  = esfuerzo principal menor

$\phi, C$  = ángulo fricción, cohesión



En la tabla a continuación se resume los resultados obtenidos:

Tabla 24.

*Resumen resultado ensayo triaxial*

|                               |         |                       |
|-------------------------------|---------|-----------------------|
| <b>Contenido de humedad =</b> | 11.2    | [%]                   |
| <b>Densidad Natural =</b>     | 1639.14 | [kg/m <sup>3</sup> ]  |
| <b>Relación de vacíos =</b>   | 0.8     |                       |
| <b>Grado de saturación =</b>  | 37.16   | [%]                   |
| <b>COHESIÓN=</b>              | 1.25    | [kg/cm <sup>2</sup> ] |
| <b>ANGULO FRICCIÓN=</b>       | 51.19   | [°]                   |

Nota. Informes de laboratorio

Elaborado por: Byron Calo

*4.1.2.5.1 Capacidad portante.*

Para determinar la capacidad portante última del suelo se emplea la teoría de Terzaghi; la cual se determina para cimentaciones (losas) cuadradas y circulares puesto que serán necesarias para el dimensionamiento de la estructura de separación de caudales y tanques para tratamiento de aguas. Las ecuaciones empleadas son:

Ecuación 5. Ecuación general capacidad de carga

$$q_u = C N_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + q N_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

Donde:

C = cohesión

$\gamma$  = peso específico del suelo

q =  $\gamma \cdot D_f$

N<sub>c</sub>, N<sub>q</sub>, N<sub>γ</sub> = factores de capacidad de carga adimensionales en función del ángulo fricción del suelo. (Tabla 3.4 libro Braja M. Das)

F<sub>cd</sub>, F<sub>qd</sub>, F<sub>γd</sub> = factores de profundidad

F<sub>ci</sub>, F<sub>qi</sub>, F<sub>γi</sub> = factores por inclinación de carga

F<sub>cs</sub>, F<sub>qs</sub>, F<sub>γs</sub> = factores de forma

B = para cimentación cuadrada es la dimensión del lado y para cimentación circular es el diámetro.

*4.1.2.5.2 Factor de seguridad.*

El cálculo de la capacidad de carga bruta admisible requiere aplicar un factor de seguridad (FS), además se suele aplicar la capacidad de carga última neta; las expresiones son las siguientes:

$$q_{adm(neta)} = \frac{q_u - q}{FS}$$

El factor de seguridad se toma igual **FS=4**. En la tabla 25 se presenta la capacidad de carga admisible para diferentes profundidades de implantación y dimensiones de las estructuras (tanques), tanto de losas rectangulares y circulares:

Tabla 25.  
*Capacidad carga*

| CIMENTACIÓN RECTANGULAR |       |       |                        |                         | CIMENTACIÓN CIRCULAR |                        |                         |
|-------------------------|-------|-------|------------------------|-------------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|
| Profundidad 'Df' [m]    | B [m] | L [m] | qu [T/m <sup>2</sup> ] | qan [T/m <sup>2</sup> ] | D [m]                | qu [T/m <sup>2</sup> ] | qan [T/m <sup>2</sup> ] |
| 1.00                    | 2.65  | 2.80  | 10182.19               | 2545.14                 | 4.0                  | 6361.60                | 1588.76                 |
|                         | 3.75  | 8.00  | 8412.80                | 2102.79                 | 5.0                  | 6736.95                | 1682.60                 |
| 1.50                    | 2.65  | 2.80  | 11234.22               | 2807.94                 | 4.0                  | 6623.24                | 1654.17                 |
|                         | 3.75  | 8.00  | 9080.69                | 2269.56                 | 5.0                  | 6998.58                | 1748.01                 |
| 2.00                    | 2.65  | 2.80  | 12307.22               | 3075.98                 | 4.0                  | 6884.88                | 1719.58                 |
|                         | 3.75  | 8.00  | 9760.14                | 2439.22                 | 5.0                  | 7260.22                | 1813.42                 |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

La profundidad de cimentación puede ser 1.5m ya que al extraer la muestra inalterada el suelo se lo consideraba estable y libre de raicillas.

Como se observa, la capacidad de carga del suelo es grande debido a su cohesión y ángulo de fricción altos. Para fines prácticos se utilizará **qan=50 T/m<sup>2</sup>**. Los documentos de los ensayos realizados se presentan en el *anexo 15*, los cuales sustentan los resultados obtenidos.

#### 4.1.2.5.3 Asentamientos.

Debido a las características de las losas de cimentación de cada estructura se realiza el cálculo de los asentamientos estimando un comportamiento flexible de la cimentación.

Ecuación 6. Asentamiento cimentación rectangular

$$Se = \frac{B * q_o}{Es} * (1 - \mu_s^2) * \alpha$$

Donde:

B = ancho de la cimentación [m]

L = longitud de la cimentación [m]

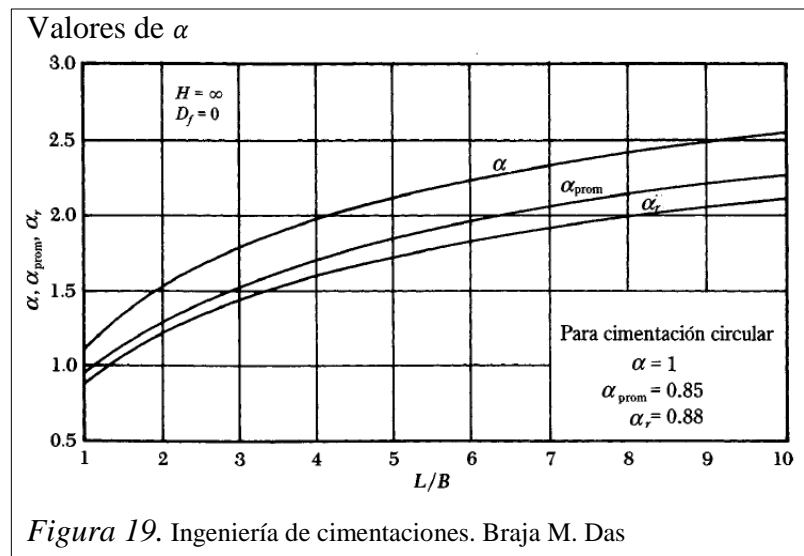
Se = asentamiento elástico (instantáneo), [mm]

qo = presión ejercida sobre la cimentación [T/m<sup>2</sup>]

Es = módulo de elasticidad del suelo [T/m<sup>2</sup>]

μs = relación de Poisson del suelo

Los valores de ' $\alpha$ ' para varias relaciones (L/B), así como para cimentaciones circulares se muestran en la figura siguiente:



Para fines prácticos se emplea  $\alpha_{prom}$ ,  $E_s = 16000 \text{ T/m}^2$  obtenido del ensayo triaxial y valor de ' $\mu_s$ ' igual a 0.4 recomendado para suelo limo arenoso.

Empleando la ecuación 6 se obtienen los resultados resumidos en la tabla a continuación:

Tabla 26.  
*Asentamientos instantáneos cimentaciones*

| CIMENTACIÓN RECTANGULAR |      |                           |                           |                           |                           |               |         |
|-------------------------|------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------|---------|
| B [m]                   | L[m] | m                         | $E_s$ [T/m <sup>2</sup> ] | Carga [T]                 | $q_0$ [T/m <sup>2</sup> ] | $\alpha$ prom | Se [mm] |
| 2.65                    | 2.8  | 1.057                     | 16000                     | 58                        | 7.82                      | 0.9           | 0.98    |
| 3.75                    | 8    | 2.133                     | 16000                     | 58                        | 1.93                      | 1.3           | 0.49    |
| CIMENTACIÓN CIRCULAR    |      |                           |                           |                           |                           |               |         |
| D [m]                   |      | $E_s$ [T/m <sup>2</sup> ] | Carga [T]                 | $q_0$ [T/m <sup>2</sup> ] | $\alpha$ prom             | Se [mm]       |         |
| 4                       |      | 16000                     | 25                        | 1.99                      | 0.85                      | 0.36          |         |
| 5                       |      | 16000                     | 25                        | 1.27                      | 0.85                      | 0.28          |         |

Nota.  
Elaborado por: Byron Calo

Con la premisa de cálculo que el suelo es homogéneo en la profundidad los resultados obtenidos muestran que las deformaciones esperadas serán totalmente despreciables.

### 4.1.3 Información hidrológica.

En esta sección se pretende abordar los fenómenos asociados a la escorrentía superficial a fin de determinar los parámetros hidrológicos-hidráulicos necesarios para el diseño de las obras recolección y evacuación de aguas servidas. Como información básica se emplearon los anuarios del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

#### 4.1.3.1 Parámetros meteorológicos.

Cerca al proyecto se cuenta con la estación meteorológica del INAMHI El Quinche – Pichincha (M343) que provee información esencial sobre el sitio. Sus coordenadas son: 00°06'08''S en latitud y 78°18'12''W en longitud y 2605 msnm. Uno de los principales parámetros es la precipitación, la cual se estimó en promedio desde el año 2002 al 2006.

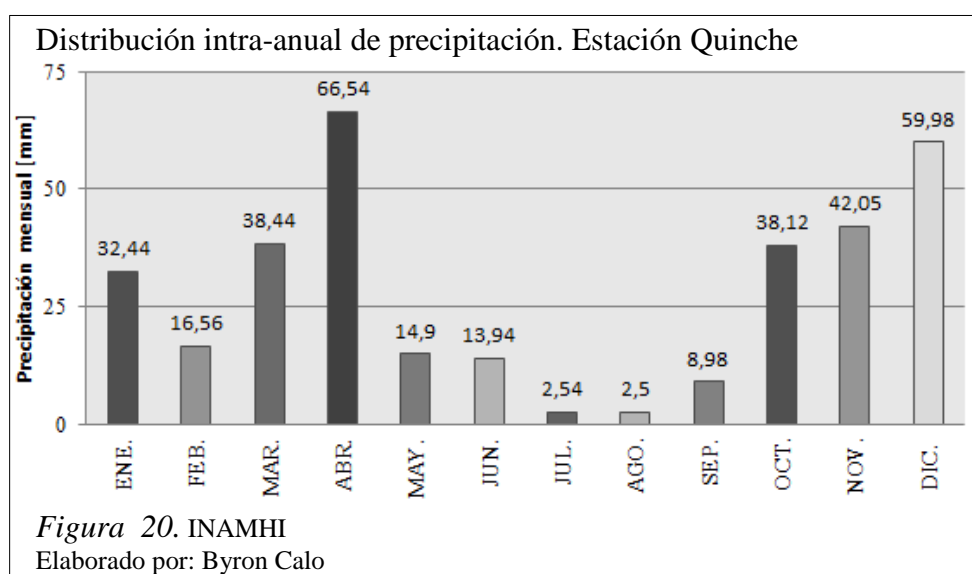
Tabla 27.

Valores pluviométricos mensuales en estación Quinche-Pichincha [mm]

| AÑO         | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SEP  | OCT   | NOV   | DIC   | TOTAL ANUAL | MAX 24h |
|-------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------------|---------|
| 2002        | 25    | 13,4  | 57,1  | 120,5 | 25,8 | 15,7 | 0,3  | 0    | 13   | 68    | 31,5  | 34,4  | 404,7       | 36,7    |
| 2003        | 26,2  | 27    | 18,8  | 78    | 4,9  | 17,8 | 7,1  | 0    | 8,2  | 30,5  | 42,05 | 10,5  | 271,05      | ----    |
| 2004        | 52,4  | 0     | 16,7  | 22    | 4,6  | 9,4  | 2,1  | 0    | 7,9  | 48,6  | 33,9  | 48,2  | 245,8       | 32,8    |
| 2005        | 11    | 22,8  | 29,8  | 28,7  | 22,2 | 7,7  | 3,2  | 12,5 | 15,8 | 20,3  | 20,3  | 85,5  | 279,8       | 18      |
| 2006        | 47,6  | 19,6  | 69,8  | 83,5  | 17   | 19,1 | 0    | 0    | 0    | 23,2  | 82,5  | 121,3 | 483,6       | 17      |
| MIN.        | 11    | 0     | 16,7  | 22    | 4,6  | 7,7  | 0    | 0    | 0    | 20,3  | 20,3  | 10,5  | 245,8       |         |
| MAX.        | 52,4  | 27    | 69,8  | 120,5 | 25,8 | 19,1 | 7,1  | 12,5 | 15,8 | 68    | 82,5  | 121,3 | 483,6       |         |
| PREP. MEDIA | 32,44 | 16,56 | 38,44 | 66,54 | 14,9 | 13,9 | 2,54 | 2,5  | 8,98 | 38,12 | 42,05 | 59,98 | 336,99      |         |

Nota. Anuarios meteorológicos INAMHI

Elaborado por: Byron Calo



De acuerdo a la figura 20 anterior se observa la estación lluviosa se extiende desde los meses de octubre a abril, a excepción del mes de febrero donde baja considerablemente. Durante los meses de mayo a septiembre el temporal baja.

#### 4.1.3.2 Curvas intensidad – duración – frecuencia.

Uno de los primeros pasos que debe seguirse en el diseño de drenaje urbano, es la determinación de la tormenta de diseño o un evento que involucre una relación entre la intensidad de lluvia, la duración y las frecuencias (IDF) o periodos de retorno apropiados para la obra (Chow, 1994, p. 465). Para tal efecto se recurre al estudio de lluvia intensas del INAMHI, el cual considera registros de estaciones pluviográficas para precipitaciones máximas de 5, 10, 30, 60, 120, 360 y 1444 minutos; además de diferentes probabilidades de excedencia de las precipitaciones máximas.

En el sitio del proyecto se analizará y dimensionará diferentes estructuras, razón por la cual es indispensable disponer de intensidades para diferentes periodos de retorno; la estación M022, llamada “Tabacundo” es la más cercana al proyecto (6.7Km) y de acuerdo al *anexo 6* (mapas de zonificación) pertenece a la zona 14 y sus ecuaciones representativas son:

Ecuación 7. Ecuaciones zona 14. Estación Tabacundo

$$I_{TR} = \frac{133.83 I d_{TR}}{t^{0.4283}} \quad \text{para } 5min < t < 40min$$

$$I_{TR} = \frac{800.89 I d_{TR}}{t^{0.9189}} \quad \text{para } 40min < t < 1440min$$

Donde:

$I_{TR}$  = intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno en mm/h,

$I d_{TR}$  = intensidad diaria para un periodo de retorno dado en mm/h,

TR = periodo de retorno en años,

t = tiempo de duración de la lluvia en minutos.

De acuerdo al *anexo 6* y las ecuaciones anteriores se obtienen los siguientes resultados:



Tabla 28.

Parámetros curvas IDF

| TR<br>[años] | IdTR<br>[mm/h] | Tiempo de duración [min] |        |        |        |       |       |       |       |      |      |
|--------------|----------------|--------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|
|              |                | 5                        | 10     | 15     | 20     | 30    | 60    | 120   | 360   | 720  | 1440 |
| 5            | 1,5            | 100,76                   | 74,88  | 62,94  | 55,64  | 46,77 | 27,91 | 14,76 | 5,38  | 2,84 | 1,50 |
| 10           | 1,8            | 120,91                   | 89,85  | 75,53  | 66,77  | 56,13 | 33,49 | 17,71 | 6,45  | 3,41 | 1,81 |
| 25           | 2              | 134,34                   | 99,84  | 83,92  | 74,19  | 62,36 | 37,21 | 19,68 | 7,17  | 3,79 | 2,01 |
| 50           | 2,5            | 167,93                   | 124,79 | 104,90 | 92,74  | 77,95 | 46,51 | 24,60 | 8,96  | 4,74 | 2,51 |
| 100          | 3              | 201,51                   | 149,75 | 125,88 | 111,29 | 93,55 | 55,82 | 29,52 | 10,76 | 5,69 | 3,01 |

Elaborado por: Byron Calo

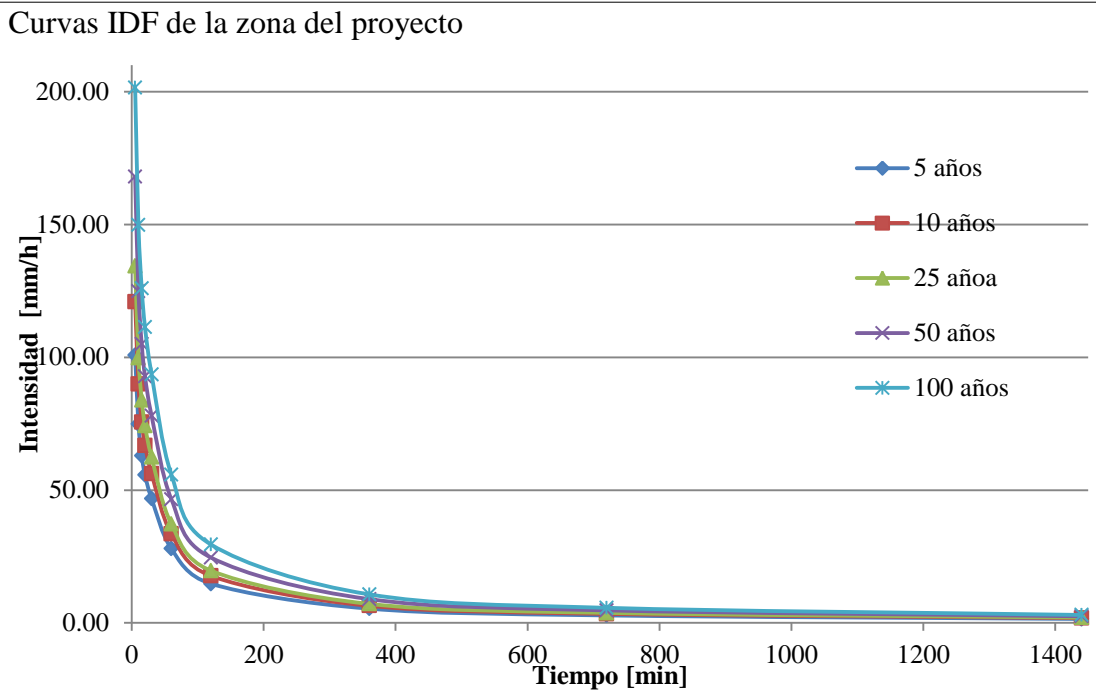


Figura 21.

Elaborado por: Byron Calo

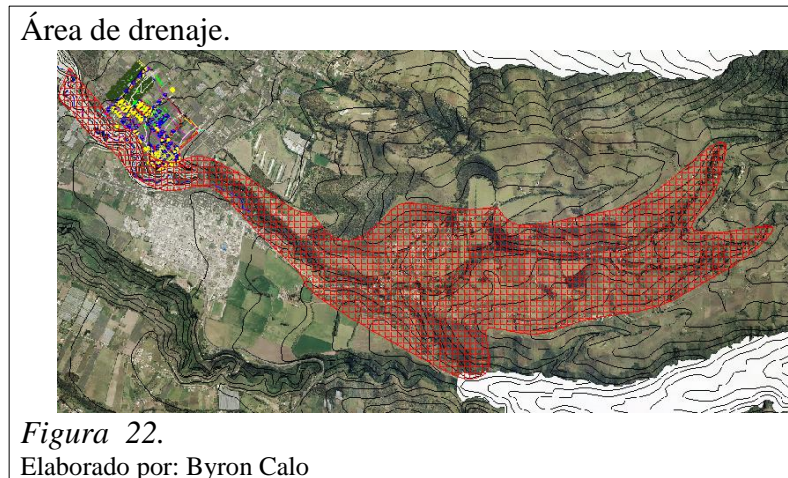
Posteriormente para el diseño de la red se utilizará la ecuación de intensidad DAC-Aeropuerto recomendada por la EPMAPS puesto que se ajustan a los valores obtenidos en las IDF.

**4.1.3.3 Determinación la altura de agua: quebrada el Quinche.**

El sitio de descarga será la Quebrada el Quinche, específicamente en las coordenadas 9988941.598N, 521716.579E para lo cual se necesita conocer el nivel máximo de crecida para establecer la cota de cimentación de la estructura de descarga.

Para la determinación del nivel máximo de crecida se generarán caudales aplicando métodos hidrometeorológicos, como es el método racional y a través del programa hidráulico HEC-RAS se determinan los niveles de agua. La máxima crecida se

estima para periodos de retorno de 5 y 10 años; seguidamente se muestra la micro cuenca y los parámetros de cálculo.



a) Área de drenaje

$$A = 440 \text{ [Ha]}$$

$$Q = \frac{CIA}{360} \quad [m^3/s]$$

Donde:

Q = caudal pico [ $m^3/s$ ]

I = intensidad de precipitación [ $mm/h$ ]

A = área de drenaje [Ha]

C = coeficiente de escorrentía

b) Tiempo de concentración

$$L_{\text{rio}} = 7076 \text{ [m]}$$

$$\Delta H = 2979\text{m} - 2500\text{m} = 479 \text{ [m]}$$

$$t_c = 0.0195 \left[ \frac{L^3}{\Delta H} \right]^{0.385} \quad [min]$$

Donde:

$t_c$  = tiempo de concentración, en minutos

L = longitud del cauce principal, en metros

$\Delta H$  = desnivel entre la cota más alta y la más baja, en metros

$$t_c = 0.0195 \left[ \frac{7076^3}{479} \right]^{0.385} = 50.65 \text{ [min]}$$

c) Intensidad de precipitación [Ecuación 6]

$$T_r = 5 \text{ [años]} \rightarrow I = 32.61 \text{ [mm/h]}$$

$$Tr = 10 \text{ [años]} \rightarrow I = 39.13 \text{ [mm/h]}$$

d) Coeficiente de escorrentía

Debido a que a la zona se la considera no desarrollada de bosques y pastizales, se estima  $C = 0.3$

e) Caudales de diseño

$$Qd_5 = \frac{0.3 * 32.61 * 440}{360} = 11.96 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$Qd_{10} = \frac{0.3 * 39.13 * 440}{360} = 14.35 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

f) Parámetros necesarios para el modelo

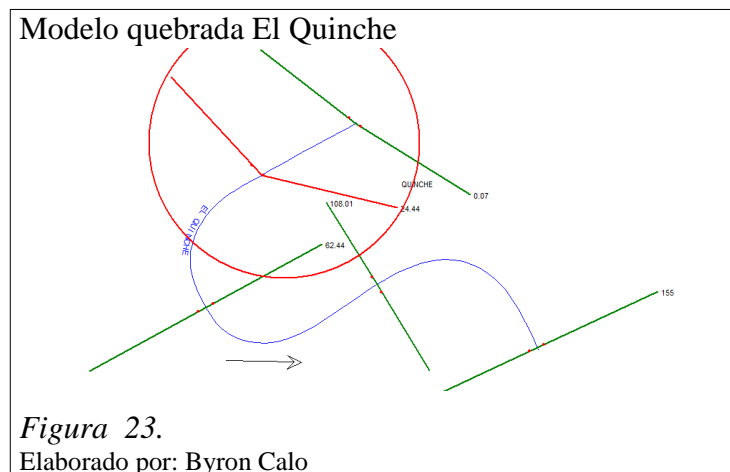
Rugosidad del cauce:  $n = 0.035$

Pendiente aguas arriba:  $0.055 \text{ [m/m]}$

Pendiente aguas abajo:  $0.028 \text{ [m/m]}$

g) Modelo HEC-RAS

Las secciones se exportan del software Civil 3D:



h) Resultados obtenidos:

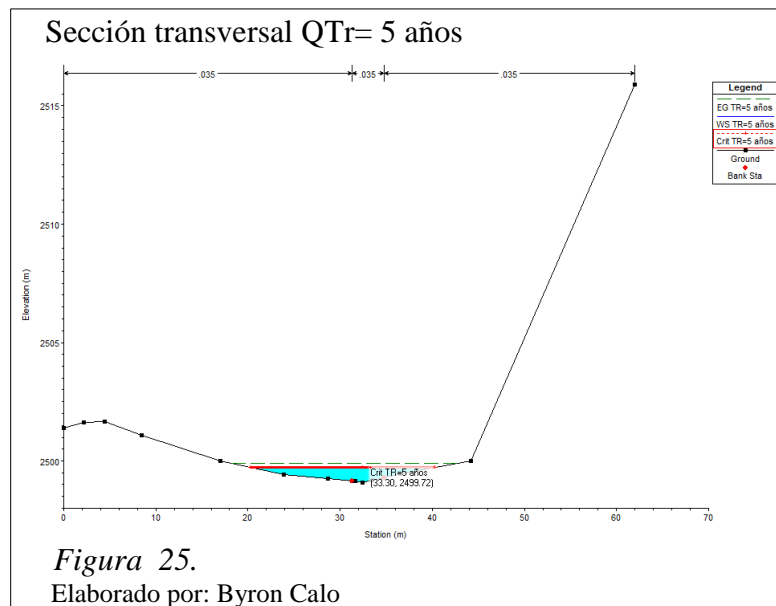
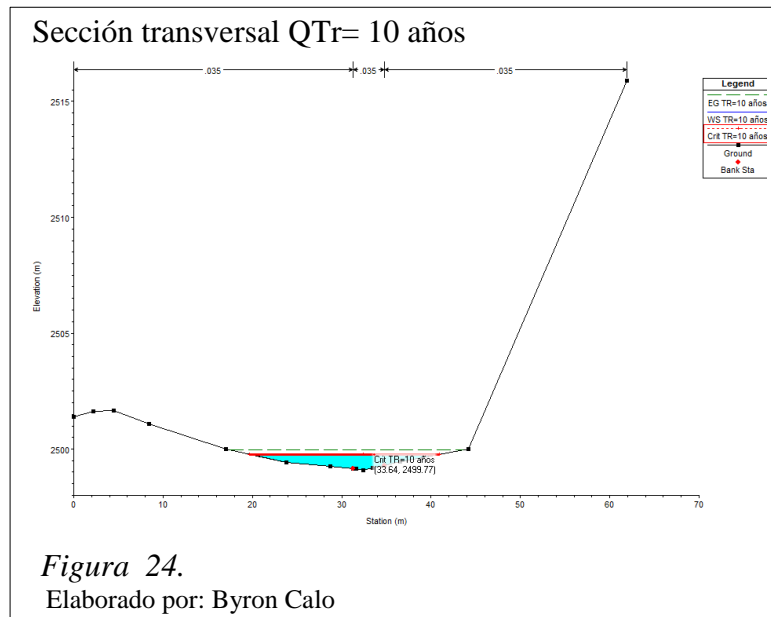
Tabla 29.

Resultados máximas crecidas

| TR [años] | Qd [m <sup>3</sup> /s] | CRECIDA MÁXIMA |             |
|-----------|------------------------|----------------|-------------|
|           |                        | Carga [m]      | Cota [msnm] |
| 5         | 11.96                  | 0.64           | 2499.72     |
| 10        | 14.35                  | 0.69           | 2499.77     |

Nota. HEC-RAS

Elaborado por: Byron Calo



La importancia de obtener las alturas del cauce radica en conocer la posible cota de emplazamiento de la estructura de descarga (fondo del cauce), que será dimensionada posteriormente. Adicionalmente se debe aclarar que la topografía empleada posee curvas de nivel cada 5 metros; por tal razón los datos generados son netamente referenciales.

#### 4.1.4 Descripción general de los sistemas a diseñar.

Un sistema moderno de recolección y evacuación de aguas servidas, comprende generalmente de: una fuente generadora de aguas servidas, un sistema de recolección proveniente de las conexiones domiciliarias (llamados colectores secundarios), un

sistema de recolección y conducción de colectores secundarios (llamados primarios), tratamiento final cuando sea requerido y la disposición final de las aguas (descarga).

Además de los componentes antes mencionados, es necesario tener en cuenta dos factores fundamentales; la cantidad de agua a recolectar y la calidad de la misma. Lo primero en cuanto al dimensionamiento hidráulico y los segundo con respecto a requerimientos de tratamiento, calidad y tipos de materiales a utilizar (Juan José Bolinaga et al., 1999, p. 823).

#### ***4.1.4.1 Tipos de sistemas.***

En el desarrollo urbano se debe disponer no solo de aguas servidas sino también de las provenientes de las precipitaciones; lo cual origina alternativas de como poder conducir estas aguas.

##### ***4.1.4.1.1 Sistemas independientes.***

Estos sistemas conducen las aguas servidas y de lluvia por conductos independientes. Según Bolinaga et al. (1999) este tipo de sistema es recomendable puesto que se protegen los cursos de agua al conducir hacia ellos solo aguas de lluvia y ahorrar en costos de tratamiento al conducir caudales menores a la planta (p.823).

##### ***4.1.4.1.2 Sistemas combinados o unitarios.***

Son aquellos que llevan por un mismo conducto las aguas servidas y de lluvia; “hay que señalar que en Ecuador y otros países de América Latina se ha determinado que la separación de los sistemas de alcantarillado (en sanitario y pluvial) es impracticable por razones de costo y operación” (EPMAPS, 2009, p. 137).

#### **4.1.5 Alternativa de sistemas independientes.**

##### ***4.1.5.1 Red de alcantarillado sanitario.***

En el diseño se contempla descarga directa a red existente “La Esperanza”; estas descargas serán a los pozos Pz409’ y Pz413 como se muestra en el plano ‘Planimetría diseño red sanitaria’ *anexo 8*.

#### 4.1.5.1.1 Periodo de diseño.

De acuerdo a la EPMAPS el periodo mínimo es 30 años, razón por la cual se espera que el proyecto empiece su funcionamiento desde el año 2016 hasta el 2045.

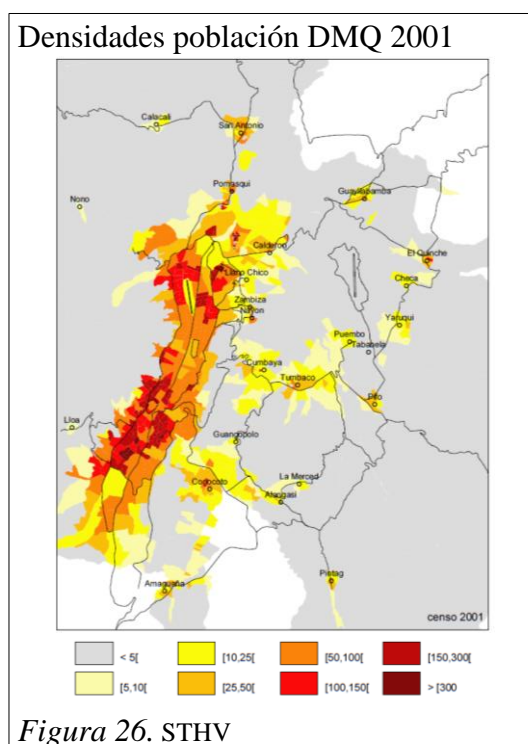
#### 4.1.5.1.2 Población.

Esta población ya se determinó en la *sección 2.4.2.3* y fue estimada cada 5 años hasta el año horizonte del proyecto; la tasa de incremento se estimó en base a proyecciones de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, y fue de **2.49%**, la cual es similar al del censo del INEC entre el año 2001 al 2010 que fue de 2.5%.

Asimismo de acuerdo a la encuesta realizada mediante muestreo se obtuvo una densidad actual de **28.1 hab/ha** y un promedio de **4 hab/viv** . A través de la proyección de la población se obtuvo 1665 habitantes para el año horizonte de final del proyecto (2045), con un área intervenida de 28.324 Ha; a través de estos datos se obtiene una densidad futura en sitio de **59 hab/Ha**.

$$\begin{aligned} \text{DENSIDAD FUTURA} &= \text{Población futura} / \text{Área intervenida} \\ \text{DENSIDAD FUTURA} &= 1665[\text{hab}] / 28.324[\text{Ha}] = 59 \text{ hab/Ha} \end{aligned}$$

Adicionalmente en la figura 26 se definen las densidades máximas al año 2001 para el sector del proyecto es de 5-10 hab/ha, la cual es inferior a la estimada.



Por último se debe mencionar que el servicio de agua potable no está cubierto en todo el sector el Chamizal; de acuerdo a los planos a probados de los barrios se estima un total de **84 conexiones** actualmente.

#### 4.1.5.1.3 Plan de uso y ocupación de suelo.

Otro aspecto que se debe definir es el Plan de uso y ocupación de Suelo en el proyecto a través de los mapas de la STHV. En el *anexo 7* se adjuntan los mapas relacionados y se determina que el uso de suelo principal corresponde al **agrícola residencial (AR)**; su ocupación y edificabilidad corresponde a **aislada (A4)** que son edificaciones que observarán retiros frontal, laterales y posteriores, además de un máximo de 2 pisos.

Asimismo es importante destacar que de acuerdo al mapa de categorización y dimensionamiento vial (*anexo 7*) las calles denominadas: “Calle N”, “Calle B” y “Calle C” constan en el trazado del Municipio Metropolitano de Quito y son consideradas como **locales**; el nombre y la ubicación de calles se pueden observar en el plano topográfico (*anexo 4*).

#### 4.1.5.1.4 Contribuciones de aguas residuales.

“El volumen de aguas residuales aportadas a un sistema de recolección y evacuación está integrado por las aguas residuales, domésticas, industriales, comerciales e institucionales” (EPMAPS, 2009, p. 29).

#### - Domésticas (Qd)

Está dado por la siguiente expresión:

Ecuación 8. Caudal doméstico

$$Qd = \frac{d_{neta} * D * Ard}{86400} * R \quad \left[ \frac{lt}{s} \right]$$

Donde:

$d_{neta}$  = dotación neta por habitante [lt/hab-día]

$Ard$  = área residencial bruta de drenaje sanitario [ha]

$D$  = densidad de población futura [hab/ha]

$R$  = coeficiente de retorno [adimensional]

La dotación neta del sistema es la cantidad de agua que el consumidor efectivamente recibe, por tanto de acuerdo con las condiciones climáticas y las costumbres de los ciudadanos del Chamizal, que son en su mayoría áreas residenciales y de agricultura se considera una dotación de **210 [lt/hab-día]**.

Tabla 30.  
*Dotaciones recomendadas*

| POBLACIÓN [habitantes] | CLIMA    | DOTACIÓN MEDIA FUTURA [lt/hab-día] |
|------------------------|----------|------------------------------------|
| Hasta 5000             | frío     | 120-150                            |
|                        | templado | 130-160                            |
|                        | cálido   | 170-200                            |
| 5000 a 50000           | frío     | 180-200                            |
|                        | templado | 190-220                            |
|                        | cálido   | 200-230                            |
| Más de 50000           | frío     | >200                               |
|                        | templado | >220                               |
|                        | cálido   | >230                               |

Nota. Ex - IEOS

Elaborado por: Byron Calo

“El coeficiente de retorno es la fracción del agua de uso doméstico servida (dotación neta), entregada como agua negra al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales” (EPMAPS, 2009, p. 30). Por recomendaciones de la EPMAPS se adopta **R=0,7** y su justificación radica en que existen pequeños campos de siembra, y lo más probable es que el agua se emplee como riego. Este coeficiente se considera constante hasta el final del periodo de diseño y en toda el área servida.

Las áreas residenciales brutas se estiman de acuerdo al trazado, las cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 31.  
*Áreas de drenaje*

| Designación | Área [Ha] | Designación | Área [Ha] | Designación | Área [Ha] |
|-------------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| 1           | 0.736     | 34          | 0.074     | 69          | 0.194     |
| 2           | 1.109     | 35          | 0.192     | 70          | 0.261     |
| 3           | 0.861     | 36          | 0.118     | 71          | 0.1       |
| 4           | 0.249     | 37          | 0.085     | 72          | 0.199     |
| 5           | 0.204     | 38          | 0.118     | 73          | 0.173     |
| 6           | 0.301     | 39          | 0.081     | 74          | 0.272     |
| 7           | 0.189     | 40          | 0.172     | 75          | 0.253     |
| 8           | 0.044     | 41          | 1.658     | 76          | 0.29      |
| 9           | 0.018     | 42          | 0.21      | 77          | 0.324     |
| 10          | 0.054     | 43          | 0.155     | 78          | 0.22      |
| 11          | 0.211     | 44          | 0.237     | 79          | 0.209     |
| 12          | 0.149     | 45          | 0.157     | 80          | 0.285     |



|    |       |    |       |     |       |
|----|-------|----|-------|-----|-------|
| 13 | 0.224 | 46 | 0.061 | 81  | 1.002 |
| 14 | 0.157 | 47 | 0.106 | 82  | 2.03  |
| 15 | 0.24  | 48 | 0.08  | 83  | 1.595 |
| 16 | 0.099 | 49 | 0.207 | 84  | 0.45  |
| 17 | 0.104 | 50 | 0.203 | 85  | 0.879 |
| 18 | 0.269 | 51 | 0.21  | 86  | 0.151 |
| 19 | 0.152 | 52 | 0.467 | 87  | 0.314 |
| 20 | 0.042 | 53 | 0.021 | 88  | 0.189 |
| 21 | 0.029 | 54 | 0.084 | 89  | 0.206 |
| 22 | 0.175 | 56 | 0.717 | 90  | 0.316 |
| 23 | 0.022 | 57 | 0.812 | 91  | 0.142 |
| 24 | 0.023 | 58 | 0.995 | 92  | 0.231 |
| 25 | 0.258 | 59 | 0.854 | 93  | 0.22  |
| 26 | 0.114 | 60 | 0.192 | 94  | 0.103 |
| 27 | 0.202 | 62 | 0.082 | 95  | 0.293 |
| 28 | 0.152 | 63 | 0.211 | 96  | 0.512 |
| 29 | 0.036 | 64 | 0.122 | 97  | 0.529 |
| 30 | 0.092 | 65 | 0.082 | 106 | 0.053 |
| 31 | 0.039 | 66 | 0.011 | 107 | 0.274 |
| 32 | 0.195 | 67 | 0.263 |     |       |
| 33 | 0.06  | 68 | 0.209 |     |       |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

### - Infiltraciones (QINF)

Es inevitable la infiltración de aguas subsuperficiales a las redes del sistema, principalmente freáticas, o a través de fisuras en las tuberías, juntas, y uniones de pozos con tuberías. Consecuentemente en ausencia de información se adopta el valor de **0,1 lt/s-ha** recomendados por la EPMAPS en la tabla 32.

Tabla 32.

#### *Categorización de infiltraciones*

| Nivel de complejidad del sistema | Infiltración alta [lt/s-ha] | Infiltración media [lt/s-ha] | Infiltración baja [lt/s-ha] |
|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Bajo y medio                     | 0,1 - 0,3                   | 0,1 - 0,3                    | 0,05 - 0,2                  |
| Medio alto y alto                | 0,15 - 0,4                  | 0,1 - 0,3                    | 0,05 - 0,2                  |

Nota. EPMAPS

Elaborado por: Byron Calo

### - Otras contribuciones

El sitio del proyecto no contiene zonas industriales, comerciales o institucionales; no obstante existe una empresa que elabora mermeladas a pequeña escala. Ya que el consumo doméstico es más del 85%, el cálculo se lo realizará únicamente para aportaciones domésticas.

No se considera caudales por conexiones erraras (QCE), puesto que también se plantea el diseño del sistema pluvial.

#### 4.1.5.1.5 Caudal medio diario ( $Q_{mD}$ ).

Ecuación 9. Caudal medio diario.

$$Q_{mDn} = Q_{mDn} + I_n + \sum Q_{s_n} \quad \left[ \frac{m^3}{día} \right]$$

Donde:

f = año final del proyecto. En la ecuación  $n=f$

$Q_{mDn}$  = caudal medio diario de diseño para el año n [ $m^3/día$ ]

$Q_{mDn}$  = caudal medio diario para el año n, debido exclusivamente a usuarios domésticos y pequeños comercios, oficinas e industrias y sanitarios de edificios municipales y grandes establecimiento [ $m^3/día$ ].

$I_n$  = caudal aportado por la infiltración para el año n, en [ $m^3/día$ ]

$\sum Q_{s_n}$  = sumatoria de los caudales medios diarios aportados por los grandes usuarios, para el año n.

#### 4.1.5.1.6 Coeficientes de mayoración y minoración de caudales.

Las variaciones de los coeficientes en función de la población se sustentan en que el uso del agua se hace cada vez más homogéneo. También puesto que se trata de un sistema nuevo la EPMAPS hace recomendaciones de sus valores, y se los debe modificar a lo largo del periodo de diseño cuando el crecimiento demográfico adoptado así lo determine.

Tabla 33.

*Coeficientes de mayoración y minoración.*

| COEFICIENTES DE MAYORACIÓN |                 |
|----------------------------|-----------------|
| 1,1 < K1 < 1,4             | 1,43 < K < 2,66 |
| 1,3 < K2 < 1,9             |                 |
| COEFICIENTES MINORACIÓN    |                 |
| 0,6 < β1 < 0,8             | 0,3 < β < 0,56  |
| 0,5 < β2 < 0,7             |                 |

Nota. EPMAPS

Elaborado por: Byron Calo

Para obtener el caudal máximo instantáneo del proyecto se empleará el caudal medio diario ( $Q_{mD}$ ) afectado por el coeficiente de mayoración o simultaneidad ( $K=2.66$ ).

#### 4.1.5.1.7 Caudales de diseño.

Para dimensionamiento de conducciones y redes de tuberías el caudal máximo para diseño hidráulico sanitario será  $Q_{d30}$ , es decir para el final del periodo de diseño. Para este caudal se trazará el perfil hidráulico, cargas o tirantes y bordes libres.

A continuación se presenta en forma resumida y desagregada la ecuación para el caudal de diseño del sistema de alcantarillado sanitario, considerando que solamente existen caudales domésticos y de infiltración.

Ecuación 10. Caudal de diseño

$$Qd = QMH + Qce$$

$$Qd_{30} = \left[ \frac{d_{neta} * D_{30} * Ard}{86400} * R \right] * K + 0.1 * Ard \quad \text{en} \quad \left[ \frac{lt}{s} \right]$$

El caudal  $Qd_{30}$  de cada tramo de la red de tuberías se obtiene sumando al caudal máximo horario del día máximo,  $QMH_{30}$ , los aportes de conexiones erradas que en este caso se planea sean nulas. Se debe tener en cuenta que si  $Qd_{30} < 1.5 \text{ l/s}$ , debe adoptarse este valor como caudal de diseño (EPMAPS, 2009, p. 38).

Con respecto al caudal mínimo de autolimpieza  $QLo$  se lo define por el caudal máximo horario del día del caudal mínimo diario del año inicial del periodo de diseño (EPMAPS, 2009, p. 39).

Ecuación 11. Caudal de autolimpieza

$$QLo = k_2 * \beta_1 * Qm_{Do}$$

Donde:

$Qm_{Do}$  = caudal medio diario del año inicial

$K_2$  = coeficiente máximo horario

$\beta_1$  = coeficiente mínimo diario

Para el proyecto se asume  $K_2=1.9$  y  $\beta_1=0.8$ ; además no se agregaron los caudales de infiltración de acuerdo a las bases de diseño. La ecuación de autolimpieza será:

$$QLo = 1.52 * Qm_{Do}$$

#### 4.1.5.1.8 Diámetro interno mínimo.

El diámetro interno real mínimo en sistemas de alcantarillado sanitario es de **300mm** con el fin de evitar obstrucciones de los conductos por objetos relativamente grandes introducidos a sistema.

#### 4.1.5.1.9 Velocidad y pendiente mínima.

Para la verificación se emplea el criterio de la velocidad de flujo, la cual debe cumplir la condición de  $V > 0.6 \text{ m/s}$ . Esta velocidad media es obtenida para el caudal a sección llena que corresponda al diámetro y pendiente seleccionados. Consecuentemente la pendiente mínima es función de la velocidad mínima.

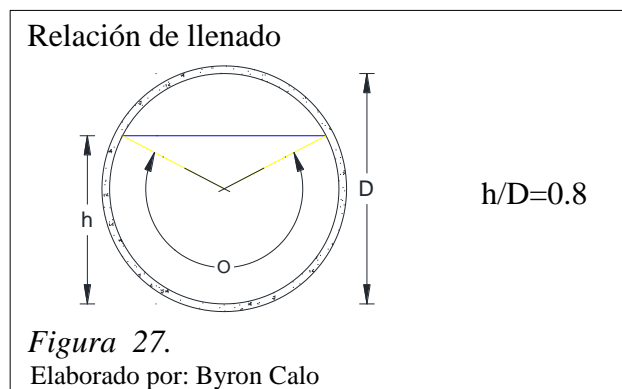
Como complemento se deberá verificar que la velocidad sea mayor a  $0.4 \text{ m/s}$  para el caso único de caudal de autolimpeiza.

#### 4.1.5.1.10 Velocidad y pendiente máxima.

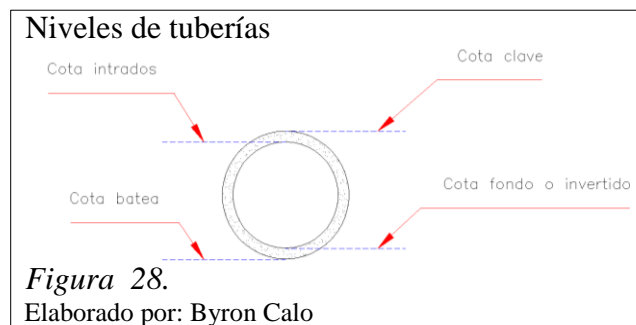
Los valores máximos de la velocidad media dependen del material, pero en general no debe sobrepasar los  $5 \text{ m/s}$ ; valores mayores como el caso de PVC son de  $7.5 \text{ m/s}$ . Consecuentemente la pendiente máxima es función de la velocidad máxima.

#### 4.1.5.1.11 Profundidad hidráulica máxima

Los tubos se diseñan a tubo parcialmente lleno, con el **80%** del diámetro real de este.



#### 4.1.5.1.12 Profundidad mínima y máxima a la cota clave de la tubería.



En primer lugar se definen los niveles que se distinguen en las tuberías de acuerdo a la figura 28.

Para el caso de la cota clave mínima de las redes serán diseñadas para profundidades que permitan la evacuación de las aguas lluvias y/o servidas de los predios a cada lado de las calles, desde los puntos de nivel más bajos referidos a las rasantes de la calzada. En todo caso la EPMAPS recomienda que no sea inferior a **1.5 metros**.

Por otro lado, para el caso de la profundidad a la cota clave máxima es de **5 metros**; aunque puede ser mayor siempre y cuando se garanticen requerimientos geotécnicos y estructurales de materiales y tuberías.

#### 4.1.5.1.13 Cálculo de la red de alcantarillado sanitario.

Premisas para el diseño hidráulico:

- a) El caudal de diseño será el caudal máximo horario a 30 años “Qd30”.
- b) Las tuberías se calcularán como canales de sección circular, para su máxima descarga ( $d/D \approx 0.94$ ), además se debe verificar  $d/D \leq 0.8$  para el caudal máximo horario a 15 años “QM<sub>H15</sub>” y que para “Qd30” no supere la velocidad máxima descrita en la siguiente ecuación:

Ecuación 12. Velocidad máxima en tuberías a flujo libre

$$V_{max} = 6 * (g * R)^{\frac{1}{2}} \quad \left[ \frac{m}{s} \right]$$

Donde:

g = aceleración de la gravedad [9.81 m/s<sup>2</sup>]

R = radio hidráulico

- c) Ya que se trata de flujo uniforme el cálculo se lo realizará mediante la ecuación de Manning; su expresión es:

Ecuación 13. Ecuación de Manning para flujo uniforme.

$$Q = \frac{1}{n} * W * R^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}} \quad \left[ \frac{m^3}{s} \right]$$

Donde:

Q = caudal [m<sup>3</sup>/s]

W = sección de flujo [m<sup>2</sup>]

R = radio hidráulico [m].  $R=W/X$

X = perímetro mojado

J = pendiente de fondo [m/m]

n = coeficiente de rugosidad de Manning, adimensional.

Tanto la sección de flujo como el radio hidráulico son función de la forma geométrica y de la profundidad de flujo “h”; a continuación se especifica las ecuaciones para sección circular de acuerdo a la figura 27:

Ecuación 14. Elementos geométricos secciones circulares

$$W = \frac{1}{8} (\theta - \text{sen}\theta) * D^2 \quad W[m^2], \theta[rad]$$

$$\theta = 180 + 2 * \text{arcsen}\left(\frac{2 * h}{D} - 1\right) \quad [grados] \quad \text{Si } \frac{h}{D} > 0.5$$

$$\theta = 180 - 2 * \text{arcsen}\left(1 - \frac{2 * h}{D}\right) \quad [grados] \quad \text{Si } \frac{h}{D} \leq 0.5$$

$$X = \frac{1}{2} * \theta * D \quad X[m], \theta[rad]$$

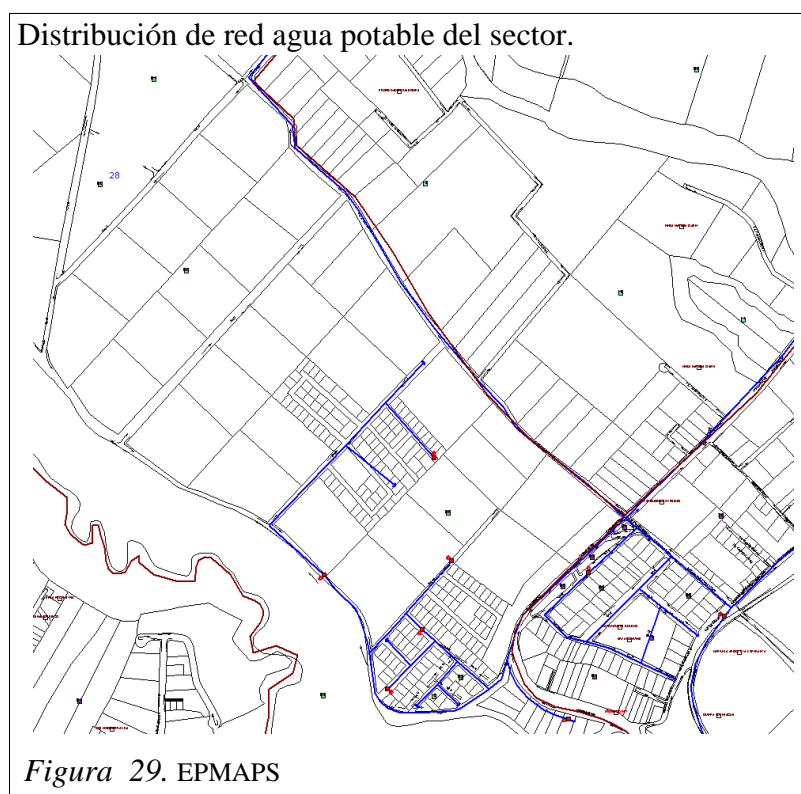
- d) Cuando el caudal de autolimpieza “QLo” sea inferior a **2 lt/s** se adoptará una pendiente mínima del tramo de **0.004 m/m**.
- e) Los caudales de diseño y verificación de cada tramo serán los caudales acumulados correspondientes al extremo aguas abajo del tramo considerado.

#### 4.1.5.1.14 Trazado de la red de alcantarillado sanitario.

- a) Las tuberías deberán proyectarse en tramos rectos entre accesos a las mismas.
- b) Las tuberías seguirán en lo posible el escurrimiento natural del terreno.
- c) Los trazados deberán implicar la menor profundización posible de tuberías.
- d) En lo posible las tuberías se instalarán en la calzada próxima a la vereda, tomando en cuenta la localización de la tubería de agua potable.
- e) En caso de elevadas pendientes deberán preverse saltos.
- f) El trazado de la red y la ubicación de las descargas se realizará de modo de no permitir descargas de aguas servidas sin tratamiento a cauces secos o intermitentes.

#### 4.1.5.1.15 Ubicación de las tuberías.

- a) Previo al trazado se verificará la existencia de otras instalaciones visibles o subterráneas.
- b) Las tuberías se proyectarán para pasar por debajo de la red de agua potable a no menos de 0.15m verticalmente en cruces y no menor a 0.3m en paralelo.
- c) En el trazado se evitará requerir de permisos especiales, servidumbres o expropiaciones; caso contrario se debe contar con la autorización legal previa a la ejecución.



Para el trazado de la red de alcantarillado se considera la ubicación de las tuberías de agua potable de acuerdo a la figura 29 que corresponden a diámetros de 90mm, emplazadas por normativa al lado noroeste de todas las calles.

#### 4.1.5.1.16 Selección del material de las tuberías.

Para el diseño se empleará tubería de policloruro de vinilo (**PVC**); elección basada en los siguientes criterios:

- Movilización rápida y segura.
- Mayor rendimiento en la instalación.

- Mínimo desperdicio por roturas durante transporte y manipulación.
- Fácil mantenimiento.
- Buen comportamiento contra la abrasión.
- Alta rigidez ante sollicitaciones externas.

Hay que mencionar que una desventaja aparente sería su costo, pero se justifica plenamente por su vida útil en el periodo de diseño; además la selección del diámetro será función del dimensionamiento hidráulico.

#### *4.1.5.1.17 Pozos de registro.*

Los pozos se colocarán de acuerdo a los siguientes criterios:

- a) En todo cambio de dirección y/o pendiente, diámetro o material de la conducción.
- b) En toda intersección de tuberías.
- c) A distancia compatible con el método de desobstrucción previsto y hasta un valor máximo de 80m.
- d) Los pozos de registro serán cilíndricos de **1m** como mínimo.
- e) La cota de fondo será la que corresponda al invertido del conducto más bajo.
- f) El fondo se dispondrá en forma de canales (media caña) de sección y pendiente de acuerdo a las tuberías entrantes y salientes. Su altura será “D/2”.

#### *4.1.5.1.18 Ejemplo diseño tramo del sistema sanitario.*

Para visualizar la ubicación del tramo remitirse al *anexo 8*. (Planimetría diseño red Sanitaria).

DATOS FÍSICOS:

Calle o Pasaje: “**J**”

Pozo entrada: **Pz 22A**

Pozo salida: **Pz 69**

Área acumulada drenaje sanitario: **15.177 Ha**

Área tributaria tramo: **0.263 Ha**

Longitud entre pozos: **55.009m**

Cota terreno Pz 22A: **2607.82m**

Cota terreno Pz 69: **2604.85m**



Altura Pz 22A: **4.3m**

Altura Pz 69: **2m**

PARÁMETROS DISEÑO:

Densidad futura:  $D_f = 56$  [hab/Ha]      Densidad inicial:  $D_o = 28.1$  [hab/Ha]  
Dotación neta:  $d_{neta} = 210$  [l/hab-día]       $k_2 = 1.9$   
Coeficiente de retorno:  $R = 0.7$        $\beta_1 = 0.8$   
Coeficiente de mayoración:  $K = 2.66$        $V_{max\ PVC} = 7.5\text{m/s}$   
Coeficiente de rugosidad:  $n = 0.011$        $V_{min\ sección\ llena} = 0.6\text{m/s}$

a) Determinar la pendiente del tramo:

Cota invertido Pz 22A= 2607.82m - 4.3m=2603.52m

Cota invertido Pz 69= 2604.85m - 2m=2602.85m

$$J = \frac{2603.52\text{m} - 2602.85\text{m}}{55.009\text{m}} = 0.012179 \left[ \frac{\text{m}}{\text{m}} \right]$$

b) Determinar población diseño

$$P_f = 59 \left[ \frac{\text{hab}}{\text{Ha}} \right] * 15.177[\text{Ha}] = 896$$

c) Cálculo caudal medio diario doméstico

$$Q_d = \frac{d_{neta} * P_f}{86400} * R \quad \left[ \frac{\text{l}}{\text{s}} \right]$$

$$Q_d = \frac{210[\text{l/hab} \cdot \text{día}] * 896[\text{hab}]}{86400[\text{s/día}]} * 0.7 = 1.524 \left[ \frac{\text{l}}{\text{s}} \right]$$

d) Cálculo caudal diseño

$$Q_{d_{30}} = Q_d * K + 0.1 * A_{rd}$$

$$Q_{d_{30}} = 1.524 \left[ \frac{\text{l}}{\text{s}} \right] * 2.66 + 0.1 \left[ \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{Ha}} \right] * 15.177[\text{Ha}]$$

$$Q_{d_{30}} = 5.57 \left[ \frac{\text{l}}{\text{s}} \right]$$

**$Q_{d30} > 1.5$  [l/s] → OK**

e) Determinación del caudal de autolimpieza

$$Q_{Lo} = 1.52 * \frac{d_{neta} * D_o * A}{86400} * R$$

$$Q_{Lo} = 1.52 * \frac{210 \left[ \frac{\text{l}}{\text{hab}} \cdot \text{día} \right] * 28.1 \left[ \frac{\text{hab}}{\text{Ha}} \right] * 15.177[\text{Ha}]}{86400} * 0.7$$

$$Q_{Lo} = 1.10 \left[ \frac{l}{s} \right]$$

$Q_{lo} < 2 \text{ [l/s]} \rightarrow$  se debe verificar que la pendiente sea mayor al 0.4%, OK

f) Cálculo de parámetros hidráulicos a flujo lleno

$D_{min}=300\text{mm}$

Sección de flujo:

$$W = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * 0.3^2}{4} = 0.0707 \text{ [m}^2\text{]}$$

Perímetro mojado:

$$X = \pi * D = \pi * 0.3 = 0.94247 \text{ [m]}$$

Radio hidráulico:

$$R = \frac{D}{4} = \frac{0.3}{4} = 0.075$$

Caudal:

$$Q = \left[ \frac{1}{n} * W * R^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}} \right] * 1000 \quad \left[ \frac{l}{s} \right]$$

$$Q = \left[ \frac{1}{0.011} * 0.0707 * 0.075^{2/3} * 0.012179^{1/2} \right] * 1000 \quad \left[ \frac{l}{s} \right]$$

$$Q = 126.15 \left[ \frac{l}{s} \right]$$

Velocidad:

$$V = \frac{Q}{W} = \frac{0.12615 \text{ [m}^3\text{/s]}}{0.0707 \text{ [m}^2\text{]}} = 1.784 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

$V > 0.6 \text{ [m/s]} \rightarrow$  OK

g) Parámetros hidráulicos a flujo libre

Para determinar la carga del flujo ‘h’ es necesario realizar aproximaciones sucesivas, puesto que los datos conocidos son el caudal, la pendiente y el diámetro. Para dicho fin se emplea el método ‘Módulo de caudal’ ya que el método gráfico no es práctico actualmente.

Altura flujo inicial:  $h_o=0.01\text{m}$

$Q_{d30}=0.00557 \text{ [m}^3\text{/s]}$

$J= 0.012179 \text{ [m/m]}$

Módulo de caudal necesario:

$$K_{nec} = \frac{Q}{\sqrt{J}} = \frac{0.00557}{\sqrt{0.012179}} = 0.0505 \quad [m^3/s]$$

Ángulo:

$$\theta = 180 - 2 * \arcsen\left(1 - \frac{2 * 0.01}{0.3}\right) \quad Si \quad \frac{h}{D} \leq 0.5$$

$$\theta = 42.078 [^\circ]$$

Sección flujo:

$$W = \frac{1}{8} (\theta - \text{sen}\theta) * D^2$$

$$W = \frac{1}{8} \left(\frac{42.078 * \pi}{180} - \text{sen}(42.078)\right) * 0.3^2$$

$$W = 0.0007229 [m^2]$$

Perímetro mojado:

$$X = \frac{1}{2} * \theta * D$$

$$X = \frac{1}{2} * \frac{42.078 * \pi}{180} * 0.3 = 0.1101 [m^2]$$

Radio hidráulico:

$$R = \frac{0.0007229 [m^2]}{0.1101 [m]} = 0.006562 [m]$$

Módulo de caudal calculado:

$$K_{cal} = \frac{W * R^{2/3}}{n}$$

$$K_{cal} = \frac{0.0007229 * 0.006562^{2/3}}{0.011} = 0.0023 [m^3/s]$$

**Knec > Kcal → asumir otra altura de flujo**

En la tabla 34 se resume las iteraciones realizadas:

Tabla 34.

*Iteraciones determinar 'h'*

| h [m] | θ [°]     | W [m²]   | X [m]    | R [m]    | Kcal [m³/s] |
|-------|-----------|----------|----------|----------|-------------|
| 0.02  | 59.852870 | 0.002024 | 0.156694 | 0.012915 | 0.010128    |
| 0.03  | 73.739795 | 0.003679 | 0.193050 | 0.019056 | 0.023860    |
| 0.04  | 85.666856 | 0.005603 | 0.224275 | 0.024982 | 0.043527    |
| 0.043 | 88.986448 | 0.006224 | 0.232966 | 0.026717 | 0.050569    |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

Como se aprecia la altura de flujo es de **4.3cm**. Ya que este proceso es repetitivo y monótono se realizó una aplicación en visual basic para

aplicaciones (VBA) que se encuentra incorporada a Microsoft Excel; la aplicación realiza automáticamente las aproximaciones y solo muestra resultados en la hoja de cálculo. El código de programación se aprecia en el *anexo 9*.

Relación de llenado:

$$a = \frac{h}{D} = \frac{0.043 [m]}{0.3 [m]} = 0.1433$$

**h/D < 0.8 → OK**

Velocidad media:

$$Vm = \frac{Q}{W} = \frac{0.00557 [m^3/s]}{0.00622 [m^2]} = 0.895 \left[ \frac{m}{s} \right]$$

**Vm < 7.5 [m/s] → OK para PVC**

Velocidad máxima según norma EPMAPS.

$$Vmax = 6 * (g * R)^{\frac{1}{2}} \left[ \frac{m}{s} \right]$$

$$Vmax = 6 * (9.81 * 0.02672)^{\frac{1}{2}} = 3.07 [m/s]$$

**Vm < 3.07 [m/s] → OK**

#### ***4.1.5.2 Red de alcantarillado de aguas lluvia.***

Para el diseño se contempla la descarga del caudal en un 79% a la Quebrada “El Quinche” y el restante 21% a la red existente puesto que la topografía de la zona así lo permite.

##### *4.1.5.2.1 Periodo de diseño.*

“Las medidas estructurales del sistema de drenaje deben diseñarse para una vida útil no inferior a **30 años**” (EPMAPS, 2009, p. 68); lo cual se cumple satisfactoriamente puesto que en este caso el material empleado será PVC.

##### *4.1.5.2.2 Periodo de retorno.*

El periodo de retorno se define como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada, en este caso eventos pluviométricos (Chow, 1994, p. 392).

Los periodos de retorno recomendados por la EPMAPS para fijar el nivel de diseño de las obras de micro drenaje (alcantarillado pluvial) es de **5 años** cuando el área de influencia de la obra es residencial.

#### 4.1.5.2.3 Áreas de drenaje.

Las áreas tributarias se determinaron para el conjunto de tuberías y para cada tramo de tubería a diseñar; en general dependen principalmente del trazado realizado.

#### 4.1.5.2.4 Intensidad de precipitación.

En la sección 4.1.3.2 se graficaron las curvas IDF para diferentes periodos de retorno y duraciones de lluvia. Estas curvas corresponden a la estación meteorológica M022 de Tabacundo; al comparar sus valores con la ecuación de la estación **DAC-Aeropuerto** (Proyecto SISHILAD) se obtienen resultados con variaciones ínfimas, por tal razón para el diseño se emplea dicha ecuación establecida por la EPMAPS:

Ecuación 15. Intensidad precipitación DAC-Aeropuerto

$$I = \frac{55.6656 * T^{0.0922} * [\ln(t + 3)]^{4.1647} * [\ln T]^{0.0985}}{t^{1.6567}} \quad [\text{mm/h}]$$

Donde:

T = periodo de retorno [años]

t = duración de la lluvia [min]

#### 4.1.5.2.5 Método de cálculo lluvia – caudal (Método racional).

El método racional es utilizado para estimar caudales en cuencas pequeñas, que no exceden las 200 Ha en función de datos de precipitación pluvial en el lugar, topografía y del tipo de suelo. Su expresión es:

Ecuación 16. Método racional

$$Q = \frac{CIA}{360} \quad [m^3/s]$$

Donde:

Q = caudal pico [m<sup>3</sup>/s]

I = intensidad de precipitación [mm/h]

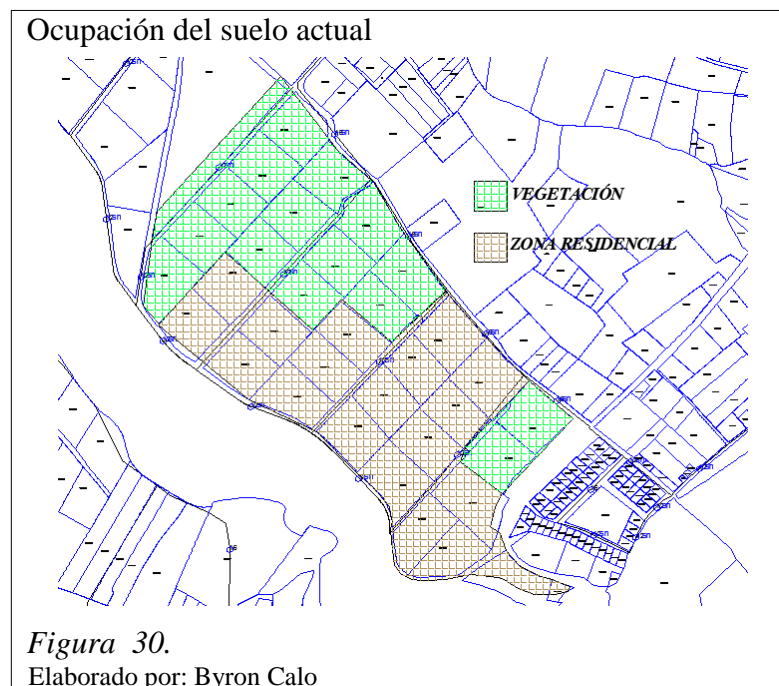
A = área de drenaje [Ha]

C = coeficiente de escorrentía

4.1.5.2.6 Determinación de la escorrentía neta.

“El coeficiente de escorrentía ‘C’ es una de las variables menos precisa del método racional” (Chow, 1994, p. 510) ya que dependen del porcentaje de permeabilidad, pendiente y de las condiciones futuras de ocupación del suelo.

En el sitio del proyecto se presentan áreas de uso residencial y vegetación; un esquema se presenta en la figura a continuación:



Para la zona residencial se emplea un coeficiente de escorrentía **C1=0.3** puesto que sus calles no poseen pavimento. Para el caso de la zona de vegetación se emplea un coeficiente relativamente bajo ya que prevalece suelo boscoso y no existen residencias; entonces, **C2=0.13**. Los valores se adoptaron en base a la tabla siguiente:

Tabla 35.  
Coeficientes de escorrentía

| ZONA RURAL              |                           |                      |                |
|-------------------------|---------------------------|----------------------|----------------|
| Vegetación y topografía |                           | Limo arenoso abierto | Arcilla y limo |
| Bosque                  | Plano, pend: 0 - 5%       | 0.1                  | 0.3            |
|                         | Ondulada, pend: 5 - 10%   | 0.25                 | 0.35           |
|                         | Montañosa, pend: 10 - 30% | 0.3                  | 0.5            |

|                             |           |                     |      |
|-----------------------------|-----------|---------------------|------|
| Pastura                     | Plano     | 0.1                 | 0.3  |
|                             | Ondulada  | 0.16                | 0.36 |
|                             | Montañosa | 0.22                | 0.42 |
| Cultivos                    | Plano     | 0.3                 | 0.5  |
|                             | Ondulada  | 0.4                 | 0.6  |
|                             | Montañosa | 0.52                | 0.72 |
| <b>ZONA URBANA</b>          |           |                     |      |
| <b>Descripción del área</b> |           | <b>Coefficiente</b> |      |
| Negocios centro             |           | 0.70 a 0.95         |      |
| Negocios barrios            |           | 0.50 a 0.75         |      |
| Residencial unifamiliar     |           | 0.30 a 0.60         |      |
| Multi-unidades, contiguas   |           | 0.40 a 0.75         |      |
| Departamentos               |           | 0.60 a 0.85         |      |
| Industrias livianas         |           | 0.50 a 0.80         |      |
| Industrias pesadas          |           | 0.60 a 0.90         |      |
| Industrias sin mejoras      |           | 0.10 a 0.30         |      |

Nota. EPMAPS

Elaborado por: Byron Calo

#### 4.1.5.2.7 Tiempo de concentración.

Es definido como el tiempo de viaje del agua de lluvia caída en el punto más remoto en la cuenca hasta el punto de interés. El tiempo total de viaje es la suma del tiempo del flujo sobre la superficie, más el tiempo de viaje por los conductos.

$$tc = ti + tf \quad [min]$$

Donde:

tc = tiempo de concentración

ti = tiempo inicial

tf = tiempo de flujo a lo largo de los conductos

El tiempo de concentración mínimo en zonas urbanas, para tramos iniciales de alcantarillado sin sistemas afluentes, se adoptará igual a **12 min** por recomendaciones de la EPMAPS.

$$tf = \frac{L}{60 * V} \quad [min]$$

Donde:

tf = tiempo de viaje en el conducto [min]

L = longitud [m]

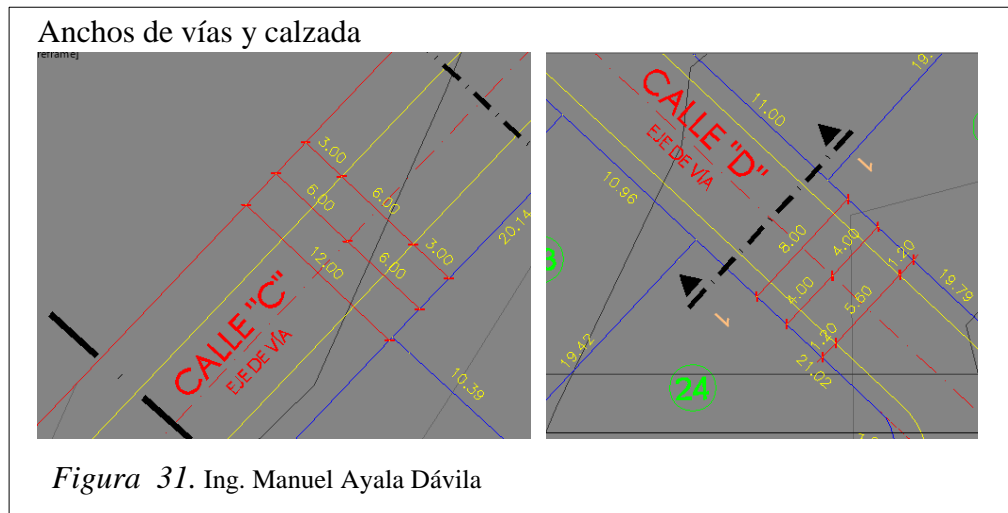
V = velocidad media en la sección, estimado con la Ec. Manning [m/s]

El tiempo de concentración total para cada tramo será la suma del tiempo de concentración inicial más el tiempo de flujo en los conductos precedentes. En los puntos de convergencia de dos o más tuberías, se usará el mayor 'tc' encontrado.

#### 4.1.5.2.8 Distancia mínima entre conductos de otros servicios y quebradas.

Las distancias mínimas entre los conductos pluviales y conductos de otras redes de servicios públicos debe ser 1m en la dirección horizontal y 0.5m en la dirección vertical, medida entre la cota clave de la tubería pluvial y la clave de las otras tuberías.

En general en la zona del proyecto en ancho de calzada en de **9m** y su ancho de vía de **6m**, esto refleja el espacio limitado para la instalación de la red pluvial.



#### 4.1.5.2.9 Dimensionamiento para escurrimiento a superficie libre.

Para escurrimientos estacionarios y uniformes, el dimensionamiento de la sección de los conductos a superficie libre se emplea la Ec. de Manning que se describieron en las ecuaciones 13 y 14 de la sección 4.1.5.1.13.

Asimismo la profundidad hidráulica para el caudal de diseño en un colector debe estar entre **70% y 85%** del diámetro real del conducto. El coeficiente de rugosidad será de **n=0.011** para tubería PVC; el criterio para la elección del tipo de tubería se estableció en la sección 4.1.5.1.16.

#### 4.1.5.2.10 Estructuras de disipación de energía.

Así mismo cuando se presenta las condiciones de flujo estacionario no uniforme en conductos a superficie libre por la variación en secciones transversales, pendientes y



velocidades, que es el caso de la descarga hacia la quebrada El Quinche se produce el denominado Resalto Hidráulico, del cual se realiza las siguientes consideraciones:

Profundidad crítica cauces rectangulares:

$$h_{cr} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \quad [m]$$

Si  $h_o = h_{cr}$  → flujo crítico

Si  $h_o > h_{cr}$  → flujo subcrítico

Si  $h_o < h_{cr}$  → flujo supercrítico

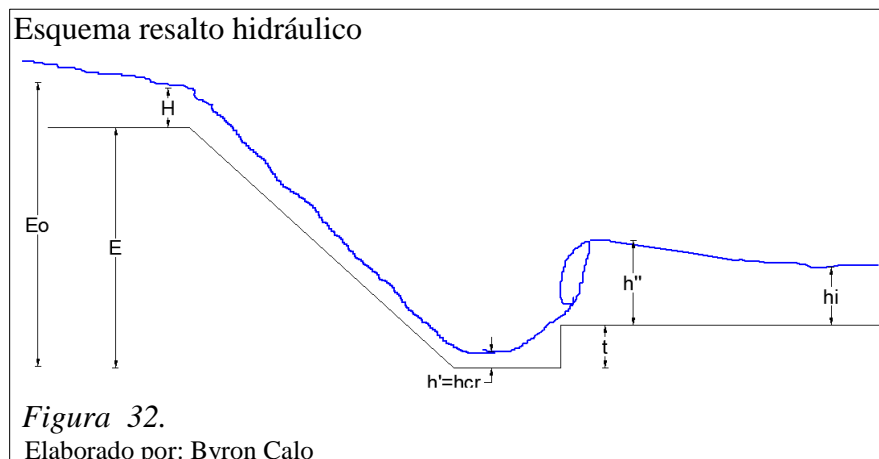
Donde:

$h_{cr}$  = profundidad crítica

$q$  = caudal unitario [ $m^3/s\cdot m$ ]

$g$  = aceleración de la gravedad [ $m/s^2$ ]

$h_o$  = profundidad normal de flujo [ $m$ ]



Las alturas conjugadas del resalto se obtienen a través de las expresiones:

Ecuación 17. Alturas conjugadas - Resalto hidráulico

$$h' = \frac{h''}{2} \left[ \sqrt{1 + 8 \left( \frac{h_{cr}}{h''} \right)^3} - 1 \right] \quad [m]$$

$$h'' = \frac{h'}{2} \left[ \sqrt{1 + 8 \left( \frac{h_{cr}}{h'} \right)^3} - 1 \right] \quad [m]$$

Ecuación 18. Energía específica de sección

$$E_o = E + H + \frac{V^2}{2g} \quad [m]$$

$$Eo = hc + \frac{q^2}{hc^2 * 2g * \varphi^2} \quad [m]$$

Donde:

$h'$  = primera conjugada [m]

$h''$  = segunda conjugada [m]

$h_{cr}$  = profundidad crítica [m]

$q$  = caudal unitario [ $m^3/s \cdot m$ ]

$V$  = velocidad media [m/s]

$Eo$  = Energía específica de sección [m]

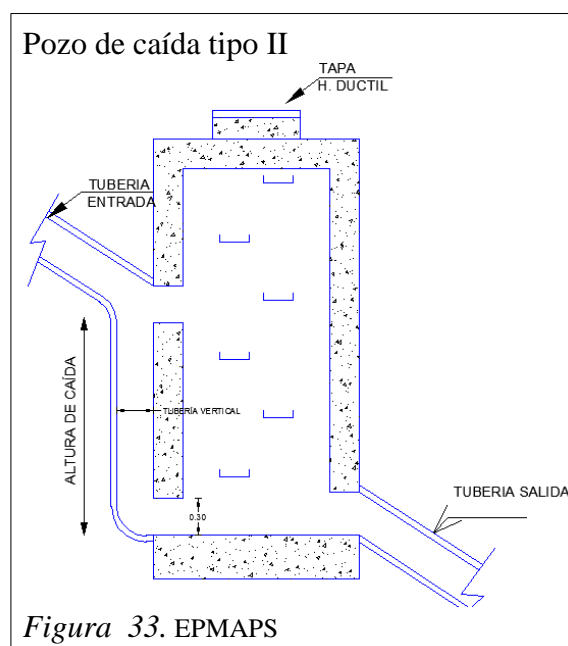
$\varphi$  = coeficiente de velocidad

$h$  = profundidad normal [m]

Adicionalmente otro parámetro que nos permite caracterizar el flujo (secciones rectangulares) es el número de Froude, cuya expresión es:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g * h}}$$

Por otro lado para el caso de disipación de energía en las redes de tuberías donde se presenten fuertes pendientes del terreno y se verifiquen velocidades de escurrimiento en conductos mayores a las permisibles, se requiere colocar estructuras comúnmente utilizadas llamados “Pozos de caída”. Para el proyecto se emplea el pozo de caída tipo II apto para saltos máximos de **3m** y secciones de conductos hasta **900mm**; su esquema se presenta en la figura a continuación.



#### *4.1.5.2.11 Diámetro interno mínimo.*

El diámetro interno mínimo en alcantarillados pluviales será de 400mm, esto con el fin de evitar obstrucciones en el colector, sin embargo, verificando condiciones de velocidad máxima y mínima podrán aceptarse diámetros de **300mm**. (EPMAPS, 2009, p. 98).

#### *4.1.5.2.12 Velocidad mínima y máxima.*

La velocidad mínima permisible es de **0.6 m/s** y adicionalmente asegurarse que la altura de flujo tenga un mínimo de 5cm en caso de fuertes pendientes y de 7.5cm en casos normales.

La velocidad máxima permisible para tubería PVC es de **7.5 m/s** donde se considera posibles efectos de erosión provocados por arena y otros materiales acarreados por el escurrimiento.

#### *4.1.5.2.13 Pendiente máxima y mínima.*

La pendiente mínima se deberá proyectar con el objeto de tener excavaciones mínimas, en general será de **0.5%** como mínimo y estará acorde a la velocidad mínima.

Las pendientes máximas serán aquellas que no permitan sobrepasar la velocidad máxima permisible; no obstante, si se obtienen pendientes no admisibles se dispondrá de estructuras especiales para reducir la energía.

#### *4.1.5.2.14 Profundidad máxima y mínima a la cota clave*

La profundidad mínima no será menor a **1.5m** con respecto a la cota clave de la tubería. La profundidad máxima en general será de **5m**, si es mayor se deberá garantizar requerimientos geotécnicos y estructurales.

#### *4.1.5.2.15 Ejemplo diseño tramo del sistema de aguas lluvias.*

Para visualizar la ubicación del tramo remitirse al *anexo 10* (Planimetría diseño red aguas lluvia).

**DATOS FÍSICOS:**

Calle o Pasaje: "C"

Pozo entrada: **Pz 100**

Pozo salida: **Pz 101**

Área acumulada drenaje sanitario: **0.736 Ha**

Área tributaria tramo: **0.736 Ha**

Longitud entre pozos: **55.636m**

Cota terreno Pz 100: **2622.9m**

Cota terreno Pz 101: **2622.6m**

Altura Pz 100: **1.8m**

Altura Pz 101: **1.8m**

**PARÁMETROS DISEÑO:**

Periodo de retorno:  $Tr = 5$  [años]

Uso suelo: vegetación  $C = 0.13$

Tiempo concentración tramos iniciales:  $t_c = 12$  [min]

Rugosidad PVC: 0.011

$V_{min} = 0.6$  [m/s]

$V_{max} = 7.5$  [m/s]

Pendiente minima:  $J = 0.005$  [m/m]

Relación llenado:  $h/D < 0.85$

a) Determinar la pendiente del tramo:

Cota invertido Pz 100 =  $2622.9m - 1.8m = 2621.1m$

Cota invertido Pz 101 =  $2622.6m - 1.8m = 2620.8m$

$$J = \frac{2621.1m - 2620.8m}{55.636m} = 0.00539 \left[ \frac{m}{m} \right]$$

$J > 0.005$  [m/m] → OK, no es necesario cambiar la pendiente

b) Determinación del tiempo de concentración

$$t_c = t_i + t_f \quad [min]$$

Ya que 't<sub>f</sub>' es función de la velocidad en el tramo de tubería se asume una velocidad  $V_o = 0.94m/s$ , que posteriormente se corregirá.

$$t_f = \frac{55.636 m}{0.94 m/s * 60s/min} = 0.986 [min]$$

Entonces:

$$tc = 12 + 0.986 = 12.986 \quad [min]$$

c) Cálculo de la intensidad de precipitación

$$I = \frac{55.6656 * T^{0.0922} * [\ln(t + 3)]^{4.1647} * [\ln T]^{0.0985}}{t^{1.6567}}$$
$$I = \frac{55.6656 * 5^{0.0922} * [\ln(12.986 + 3)]^{4.1647} * [\ln 5]^{0.0985}}{12.986^{1.6567}} = 67.55 \quad [mm/h]$$

d) Determinación del caudal pico

$$Q = \frac{CIA}{360} \quad [m^3/s]$$
$$Q = \frac{0.13 * 67.55 mm/h * 0.736 Ha}{360} = 0.01795 \quad [m^3/s]$$

e) Cálculo de parámetros hidráulicos a flujo lleno

$$D_{min} = 300 \quad [mm]$$

Sección de flujo:

$$W = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{\pi * 0.3^2}{4} = 0.0707 \quad [m^2]$$

Perímetro mojado:

$$X = \pi * D = \pi * 0.3 = 0.94247 \quad [m]$$

Radio hidráulico:

$$R = \frac{D}{4} = \frac{0.3}{4} = 0.075$$

Caudal:

$$Q = \left[ \frac{1}{n} * W * R^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}} \right] * 1000 \quad \left[ \frac{l}{s} \right]$$

$$Q = \left[ \frac{1}{0.011} * 0.0707 * 0.075^{2/3} * 0.00539^{1/2} \right] * 1000 \quad \left[ \frac{l}{s} \right]$$

$$Q = 83.919 \quad \left[ \frac{l}{s} \right]$$

Velocidad:

$$V = \frac{Q}{W} = \frac{0.083919 \quad [m^3/s]}{0.0707 \quad [m^2]} = 1.187 \quad \left[ \frac{m}{s} \right]$$

f) Parámetros hidráulicos a flujo libre

Al igual que el caso del diseño del sistema sanitario se emplea el ‘**Módulo de caudal**’ para encontrar la altura de flujo ‘**h**’.

Qdis=0.01795 [m<sup>3</sup>/s]

Altura flujo inicial: ho=0.05m

J=0.00539

Módulo de caudal necesario:

$$K_{nec} = \frac{Q}{\sqrt{J}} = \frac{0.01795}{\sqrt{0.00539}} = 0.244 \text{ [m}^3/\text{s]}$$

Ángulo:

$$\theta = 180 - 2 * \arcsen\left(1 - \frac{2 * 0.05}{0.3}\right) \quad \text{Si } \frac{h}{D} \leq 0.5$$
$$\theta = 96.379 [^\circ]$$

Sección flujo:

$$W = \frac{1}{8} (\theta - \text{sen}\theta) * D^2$$
$$W = \frac{1}{8} \left(\frac{96.379 * \pi}{180} - \text{sen}(96.379)\right) * 0.3^2$$
$$W = 0.0077436 \text{ [m}^2\text{]}$$

Perímetro mojado:

$$X = \frac{1}{2} * \theta * D$$
$$X = \frac{1}{2} * \frac{96.379 * \pi}{180} * 0.3 = 0.2523 \text{ [m}^2\text{]}$$

Radio hidráulico:

$$R = \frac{0.0077436 \text{ [m}^2\text{]}}{0.2523 \text{ [m]}} = 0.0307 \text{ [m]}$$

Módulo de caudal calculado:

$$K_{cal} = \frac{W * R^{2/3}}{n}$$
$$K_{cal} = \frac{0.0077436 * 0.0307^{2/3}}{0.011} = 0.069 \text{ [m}^3/\text{s]}$$

**Knec > Kcal → asumir otra altura de flujo**

En la tabla se resume las iteraciones realizadas:

Tabla 36.

*Iteraciones, parámetros hidráulicos.*

| h [m] | Θ [°]     | W [m <sup>2</sup> ] | X [m]   | R [m]   | Kcal [m <sup>3</sup> /s] |
|-------|-----------|---------------------|---------|---------|--------------------------|
| 0.06  | 106.26020 | 0.01006             | 0.27819 | 0.03618 | 0.10008                  |
| 0.08  | 124.36372 | 0.01513             | 0.32558 | 0.04648 | 0.17783                  |
| 0.09  | 132.84364 | 0.01784             | 0.34778 | 0.05128 | 0.22380                  |
| 0.094 | 136.15732 | 0.01894             | 0.35646 | 0.05314 | 0.24339                  |

Elaborado por: Byron Calo

Entonces la altura de flujo es  **$h=0.094\text{m}$**

Relación de llenado:

$$a = \frac{h}{D} = \frac{0.094 \text{ [m]}}{0.3 \text{ [m]}} = 0.3133$$

**$h/D < 0.8 \rightarrow \text{OK}$**

Velocidad media:

$$V_m = \frac{Q}{W} = \frac{0.01795 \text{ [m}^3\text{/s]}}{0.01894 \text{ [m}^2\text{]}} = 0.947 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

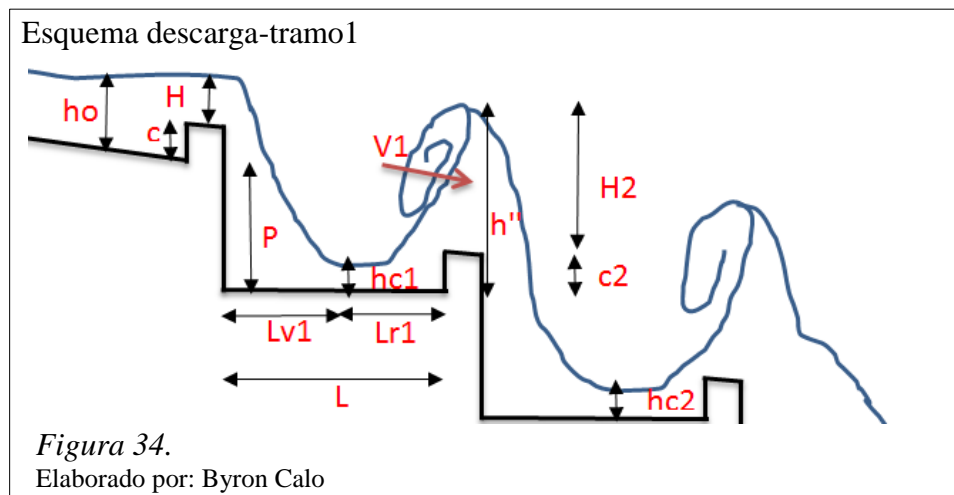
**$V_m < 7.5 \text{ [m/s]} \rightarrow \text{OK para PVC}$**

**$V_m \approx V_o$  (tiempo de flujo en conducto)  $\rightarrow$  No es necesaria recalcular.**

#### 4.1.5.2.16 Diseño descarga.

Debido a las condiciones del terreno se plantea como anteproyecto la implementación de la descarga hacia la quebrada 'El Quinche', donde se hace necesaria la implantación de un canal en hormigón armado desde: Pz113 (salida) al Pz114 que corresponde al primer tramo proyectado.

La pendiente del tramo 1 (Pz113 a Pz 114) es de 25.51%, por esta razón se plantea el diseño de escalones a fin de no exceder la velocidad máxima  $V_{\text{max}}=6.5\text{m/s}$  (H.A).



- a) Determinar la altura de flujo inicial

$$Q_d = 1.24 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$n = 0.014 \text{ (H.A)}$$

$$K_{\text{nec}} = 12.4 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

b= 1 [m]

Pendiente: i=0.01 [m/m]

Tabla 37.

Iteraciones

| h [m] | b [m] | W [m <sup>2</sup> ] | X [m] | R [m]    | C [m <sup>1/2</sup> /s] | K [m <sup>3</sup> /s] |
|-------|-------|---------------------|-------|----------|-------------------------|-----------------------|
| 0.2   | 1     | 0.2                 | 1.4   | 0.142857 | 51.644288               | 3.903941              |
| 0.3   | 1     | 0.3                 | 1.6   | 0.187500 | 54.038777               | 7.019843              |
| 0.4   | 1     | 0.4                 | 1.8   | 0.222222 | 55.590837               | 10.482309             |
| 0.453 | 1     | 0.453               | 1.906 | 0.237671 | 56.217024               | 12.415200             |

Elaborado por: Byron Calo

ho=0.45m → Altura total: h=0.6m

b) Tipo de flujo

$$q = \frac{1.24 \text{ m}^3/\text{s}}{1 \text{ m}} = 1.24 \text{ [m}^3/\text{s} \cdot \text{m]}$$

$$hcr = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{1.24^2}{9.81}} = 0.54 \text{ [m]}$$

h < hcr → flujo supercrítico

c) Número de escalones necesarios

$$\#escalones = \frac{20.1 \text{ m}}{H_{max \text{ esc.}}} = \frac{20.1 \text{ m}}{1.5 \text{ m}} = 14 \text{ escalones}$$

d) Altura del escalón vertedero

$$V_o = 1.24 \text{ m}^3/\text{s} / 0.453 \text{ m}^2 = 2.74 \text{ [m/s]}$$

φ=0.9 ; ε=1

$$H_o = \left[ \frac{Q}{m * b * \varepsilon * \sqrt{2 * g}} \right]^{2/3} \text{ [m}^3/\text{s]}$$

$$H_o = \left[ \frac{1.24}{0.43 * 1 * 1 * \sqrt{2 * 9.81}} \right]^{2/3} \text{ [m}^3/\text{s]}$$

$$H_o = 0.751 \text{ [m]}$$

$$H = 0.751 \text{ m} - \frac{2.74^2}{19.62} = 0.368 \text{ [m]}$$

$$c = h_o - H = 0.45 \text{ m} - 0.37 \text{ m} = 0.08 \text{ [m]}$$

NOTA: Debido a la mínima altura no se lo incluye

e) Diseño primer escalón

Energía total:



$$Eo = 1.5m + 0.45m + \frac{2.74^2}{19.62} = 2.33 \text{ [m]}$$

Altura contraída:

$$2.33 = hc + \frac{1.24^2}{hc^2 * 19.62 * 0.9^2} \text{ [m]}$$

$$hc1 = 0.213 \text{ [m]}$$

Altura segunda conjugada:

$$h'' = \frac{0.213}{2} \left[ \sqrt{1 + 8 \left( \frac{0.54}{0.213} \right)^3} - 1 \right] \text{ [m]}$$

$$h'' = 1.11 \text{ [m]}$$

Murete escalón 'c2'

$$V1 = \frac{1.24 \text{ m}^3/\text{s}}{1.11\text{m} * 1\text{m}} = 1.12 \text{ [m/s]}$$

$$H2 = 0.83\text{m} - \frac{1.12^2}{19.62} = 0.77 \text{ [m]}$$

$$c2 = h'' - H2 = 1.11\text{m} - 0.77\text{m} = 0.34 \text{ [m]}$$

NOTA: se asumen alturas de muretes c2=0.35m

Longitud vuelo resalto

$$Lv = \frac{Q}{hcr * b} * \sqrt{\frac{2 * (P + c + 0.5 * hcr)}{9.81}} \text{ [m]}$$

$$Lv1 = \frac{1.24}{0.54 * 1} * \sqrt{\frac{2 * (1.5 + 0.0 + 0.5 * 0.54)}{9.81}} = 1.38 \text{ [m]}$$

Longitud del resalto

$$Lr1 = 2 * (1.9h'' - hc) \text{ [m]} \quad \text{Ec. Pavlosky}$$

$$Lr1 = 2(1.9 * 1.11 - 0.213) = 3.80 \text{ [m]}$$

Longitud total:

$$L = 1.38\text{m} + 3.8\text{m} = 5.18 \text{ [m]}$$

Se asume longitudes de **5.5m** para el desarrollo del resalto. Para los demás escalones el diseño es similar al anterior descrito.

### Descarga – tramo1

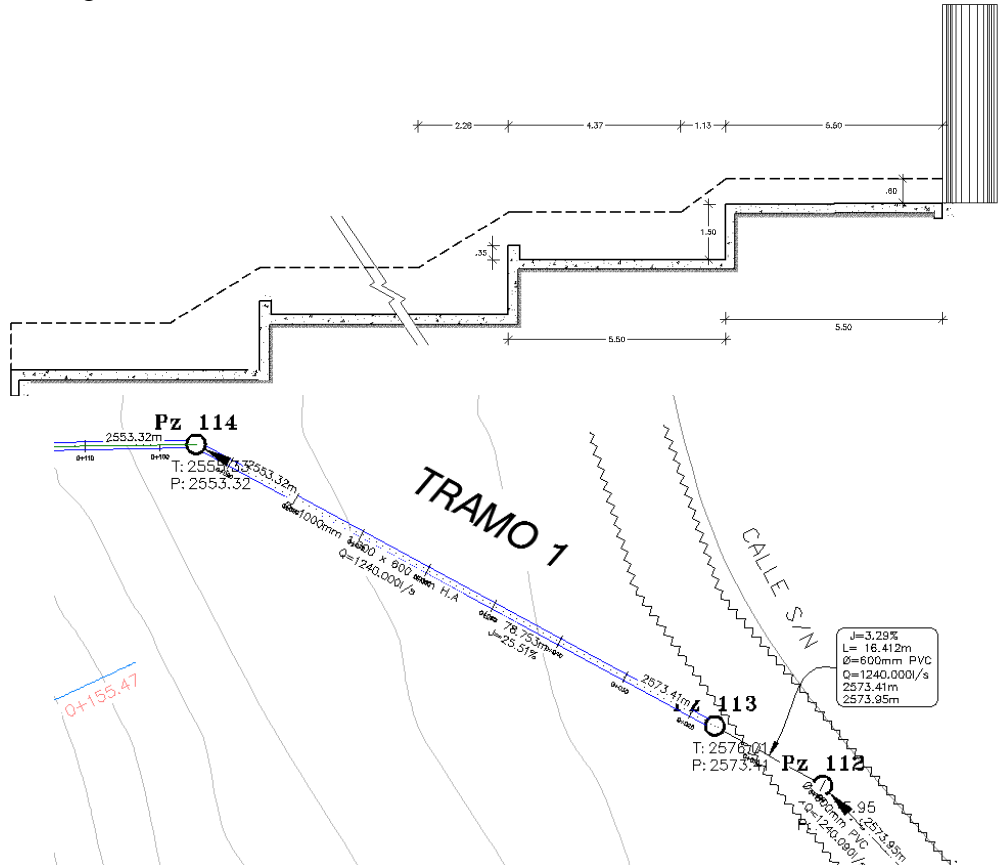


Figura 35.  
Elaborado por: Byron Calo

Para el segundo tramo (Pz 114- Pz 115) como anteproyecto se diseña una estructura de descarga denominada 'RAPIDA', en la cual a la llegada al fondo del cuerpo receptor se determinará el resalto hidráulico producido.

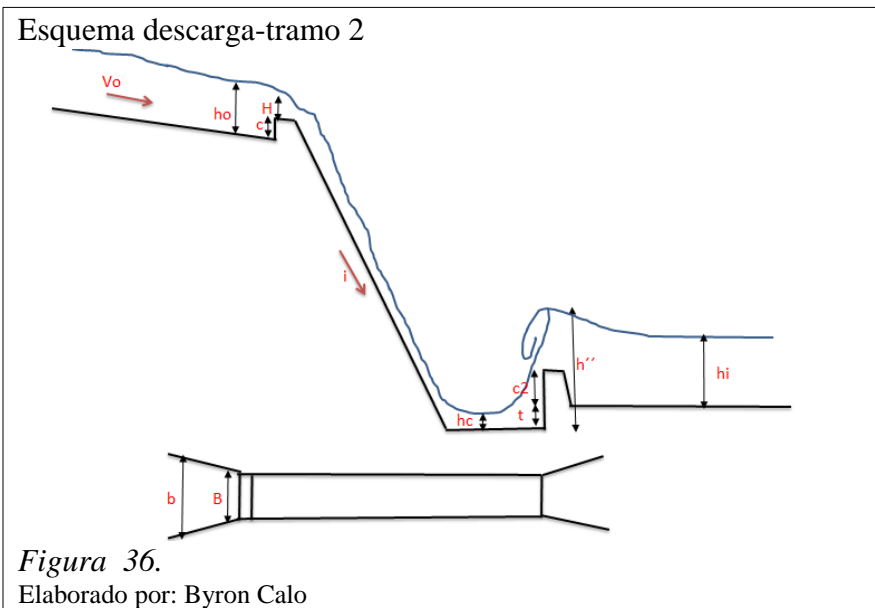


Figura 36.  
Elaborado por: Byron Calo

a) Parámetros hidráulicos de entrada a la rápida

$$V_o = 1.08 \text{ [m/s]}$$

$$h_o = 1.15 \text{ [m]}$$

$$m = 0.43$$

$$b = 1 \text{ [m]}$$

b) Altura escalón entrada a la RÁPIDA

$$B = 0.9 \text{ [m]} \rightarrow \epsilon = 0.9$$

$$Q = 1.24 \text{ [m}^3\text{/s]} ; i = 77.91\%$$

$$H_o = \left[ \frac{Q}{m * b * \epsilon * \sqrt{2 * g}} \right]^{2/3} \text{ [m]}$$

$$H_o = \left[ \frac{1.24}{0.43 * 0.90 * 0.90 * \sqrt{2 * 9.81}} \right]^{2/3} \text{ [m]}$$

$$H_o = 0.864 \text{ [m]}$$

$$H = 0.864m - \frac{1.08^2}{19.62} = \mathbf{0.80 \text{ [m]}}$$

$$c = h_o - H = 1.15m - 0.8m = \mathbf{0.35 \text{ [m]}}$$

c) Determinación de la profundidad normal

Debido a la generación de altas velocidades en estas estructuras se puede presentar fenómenos erosivos; para contrarrestar este efecto, la aireación del flujo por medios naturales y artificiales es una alternativa. Para este caso se emplea la aireación natural que es fomentada cuando la longitud del rápido es suficientemente larga que permite el desarrollo de la capa límite y mediante bases suficientemente anchas. El efecto que se desea producir es incrementar la viscosidad mediante la excitación del flujo introduciendo **rugosidad artificial** que induzca a un flujo con mayor turbulencia, incrementando el arrastre de aire. (Juan José Bolinaga et al., 1999, p. 363)

$$n_a = n * k \quad ; \quad k = 1.67 \quad ; \quad n = 0.014$$

$$Q = \frac{1}{n_a} * W * R^{\frac{2}{3}} * J^{\frac{1}{2}}$$

Con esta consideración se realiza el cálculo de la altura del flujo, con el método 'Módulo de caudal', descrito anteriormente. La altura de flujo es:

Tabla 38.  
Iteraciones

| h [m] | b [m] | W [m <sup>2</sup> ] | X [m] | R [m]    | C [m <sup>1/2</sup> /s] | K [m <sup>3</sup> /s] |
|-------|-------|---------------------|-------|----------|-------------------------|-----------------------|
| 0.12  | 0.9   | 0.108               | 1.14  | 0.094737 | 28.853863               | 0.959151              |
| 0.13  | 0.9   | 0.117               | 1.16  | 0.100862 | 29.156728               | 1.083399              |
| 0.15  | 0.9   | 0.135               | 1.2   | 0.112500 | 29.692235               | 1.344476              |
| 0.155 | 0.9   | 0.1395              | 1.21  | 0.115289 | 29.813682               | 1.412161              |

Elaborado por: Byron Calo

$$h = 0.16 \text{ [m]}$$

$$V = 1.24 / 0.139 = 8.9 \text{ [m/s]}$$

$$hcr = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{1.38^2}{9.81}} = 0.58 \text{ [m]}$$

d) Cálculo de la longitud teórica (Curva superficie libre)

$$Lo = \frac{\epsilon_0 - \epsilon_{cr}}{i - \bar{i}fr} \quad [m]$$

$$\epsilon_0 = h + \frac{Q^2}{W^2 * 2g} \quad [m]$$

$$\epsilon_{cr} = hcr + \frac{Q^2}{W_{cr}^2 * 2g} \quad [m]$$

$$\bar{i}fr = \frac{Q^2}{\bar{W}^2 \bar{C}^2 \bar{R}} \quad [m/m]$$

$$\bar{h} = \frac{hcr + h}{2} \quad [m]$$

Donde:

Lo = longitud teórica de la curva de superficie libre

ε<sub>0</sub> = energía específica de sección en la sección final [flujo uniforme]

ε<sub>cr</sub> = energía específica en la sección crítica

i<sub>fr</sub> = gradiente de fricción promedio

h̄ = altura promedio entre las secciones consideradas.

Entonces:  $h = 0.16\text{m} \rightarrow W = 0.144\text{m}^2$

$hcr = 0.58\text{m} \rightarrow W_{cr} = 0.522\text{m}^2$

$$\epsilon_0 = 0.16 + \frac{1.24^2}{0.144^2 * 19.62} = 3.94 \text{ [m]}$$

$$\epsilon_{cr} = 0.58 + \frac{1.24^2}{0.522^2 * 19.62} = 0.87 \text{ [m]}$$

$$\bar{h} = \frac{0.58 + 0.16}{2} = 0.37 \text{ [m]}$$

Entonces:  $\bar{W} = 0.333 \text{ m}^2$  ;  $\bar{X} = 1.64 \text{ m}$

$\bar{R} = 0.203 \text{ m}$  ;  $\bar{C} = 32.791 \text{ m}^{1/2}/\text{s}$

$$\bar{i}fr = \frac{1.24^2}{0.333^2 * 32.791^2 * 0.203} = 0.0635 \text{ [m/m]}$$

$$L_o = \frac{3.94 - 0.87}{0.7791 - 0.0635} = 4.29 \text{ [m]}$$

La longitud real de la RÁPIDA es de 85.5m. Consecuentemente se concluye que existe la longitud necesaria para el desarrollo de flujo uniforme; asimismo la curva de superficie libre corresponde a: **curva de caída tipo bII**. Además 'h' será la longitud de cálculo para la obra de disipación aguas abajo.

e) Cálculo del resalto hidráulico

$$h'' = \frac{0.16}{2} \left[ \sqrt{1 + 8 \left( \frac{0.58}{0.16} \right)^3} - 1 \right] \text{ [m]}$$

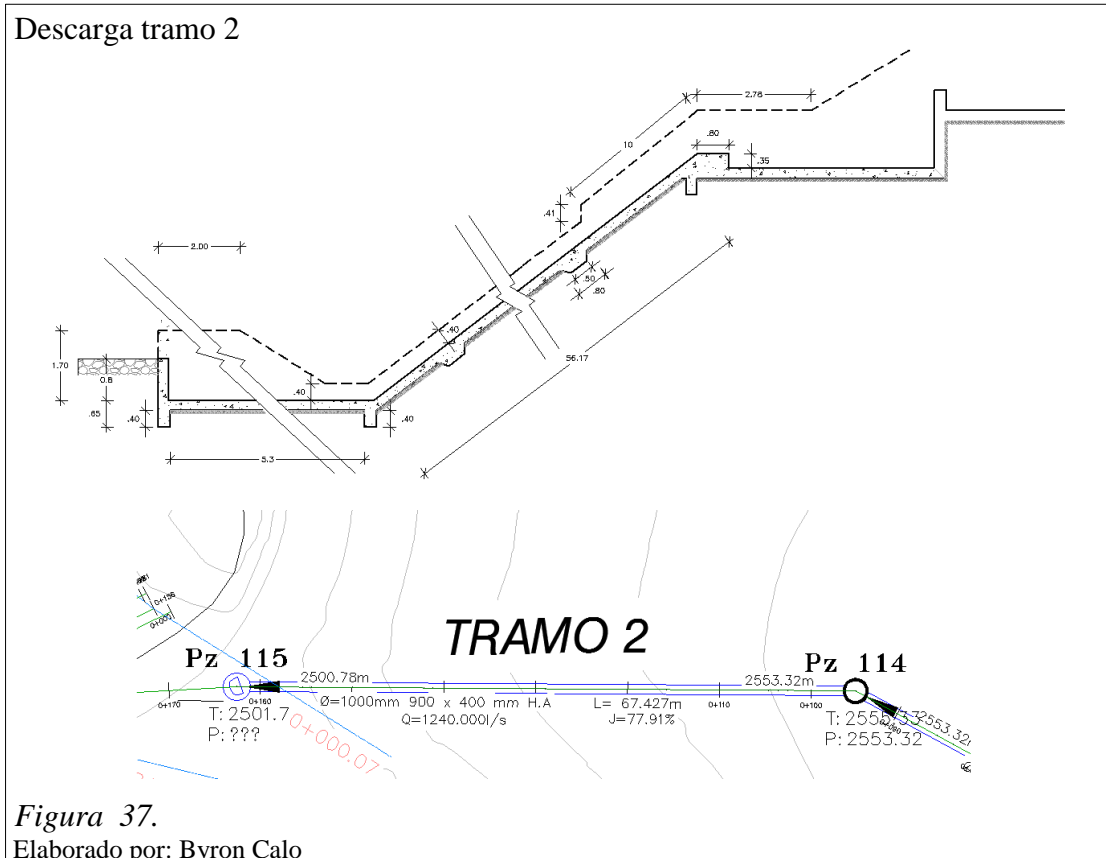
$$h'' = 1.484 \text{ [m]}$$

$$Lr1 = 2(1.9 * 1.48 - 0.16) = 5.3 \text{ [m]}$$

Se recomienda que el resalto se encuentre ligeramente sumergido para impedir su desplazamiento, ya que acarrea mayores gastos en la protección del cauce. (Sandoval, 1993, p. 250), consecuentemente se dimensiona un colchón de aguas como se observó en la figura 36.

Crecida Tr=10 años: hi= 0.69 [m]

$$t = 1.48m - 0.69 = 0.8 \text{ [m]}$$



#### 4.1.6 Diseño de la alternativa de alcantarillado combinado.

Para esta alternativa se define la suma de caudales sanitarios y pluviales tomando en cuenta parámetros comunes con los sistemas separados; asimismo se hará énfasis en los parámetros exclusivos de sistemas combinados.

De acuerdo a datos obtenidos en el diseño de sistemas independientes la topografía del sector permite la descarga del 65% de las aguas residuales a la red existente ‘La Esperanza’, y el restante 35% a la quebrada El Quinche. Por tanto será necesario el dimensionamiento de una estructura de separación de caudales para permitir el desvío de las aguas lluvia hacia la quebrada y conducir el caudal sanitario directamente hacia el tratamiento primario no mecanizado.

##### 4.1.6.1 Criterios y parámetros comunes para sistemas combinados.

Están conformados por parámetros hidráulicos e hidrológicos, los mismos que se aplicaron en la alternativa de sistemas independientes, en base a la normativa de la EPMAPS. En la tabla siguiente se resume los temas precedentes ya tratados:

Tabla 39.

*Parámetros diseño estudiados*

| PARÁMETROS                  |                                    |
|-----------------------------|------------------------------------|
| HIDROLÓGICOS                | HIDRÁULICOS                        |
| Áreas de drenaje            | Cálculo de caudales                |
| Curvas IDF                  | Diámetro interno mínimo            |
| Intensidad de precipitación | Velocidad máxima                   |
| Coefficiente de escorrentía | Velocidad mínima                   |
| Tiempo de concentración     | Pendiente máxima                   |
|                             | Pendiente mínima                   |
|                             | Profundidad hidráulica máxima      |
|                             | Profundidad mínima a la cota clave |
|                             | Profundidad máxima a la cota clave |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

#### 4.1.6.2 Diseño de la red.

Para el diseño se tomó en cuenta todas las bases impuestas por la normativa precedente; la metodología para el dimensionamiento hidráulico fue el mismo expuesto en diseño de sistemas independientes, salvo que en este caso el caudal de diseño ‘Qd30’ es la suma del caudal sanitario y aguas lluvia.

En el *anexo 11* se presenta los resultados obtenidos en el diseño hidráulico; y del cual se deriva la planimetría de la red, expuesto en el *anexo 12*.

#### 4.1.6.3 Separador de caudales.

Este tipo de estructuras derivan parte del caudal a drenajes o cuerpos receptores, a fin de aliviar los caudales que transportan los conductos; esto es esencial ya que al proyectar un planta de tratamiento de aguas residuales solamente el caudal sanitario debe ingresar al tratamiento y las aguas lluvias derivadas a la quebrada. Adicionalmente se determinó que la red “La esperanza” donde se pretendía descargar las aguas residuales tiene capacidad hidráulica suficiente para recibir el restante caudal generado en la zona. En la tabla 40 se resume sus datos importantes:

Tabla 40.

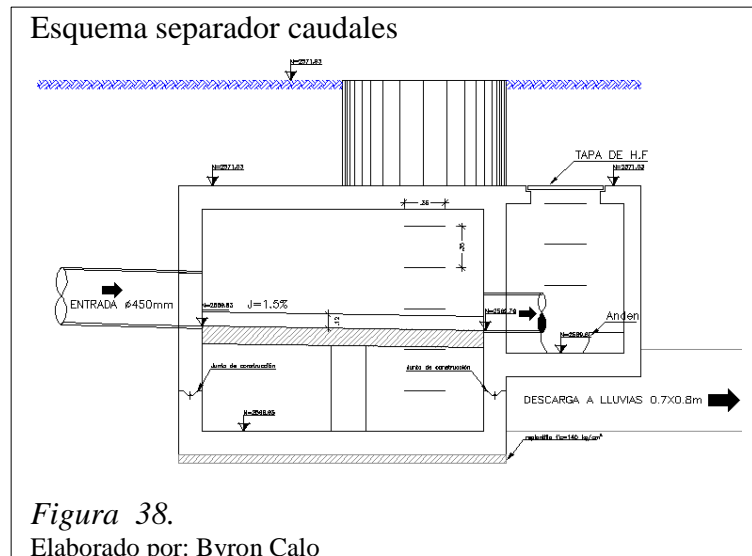
*Datos red “La Esperanza”*

| POZO Nro. | Cota terreno [m] | Altura [m] | Cota invertido [m] | Ø tub. Entrada | I [%] | Qmax [l/s] |
|-----------|------------------|------------|--------------------|----------------|-------|------------|
| PZ 408    | 2594.299         | 3.9        | 2590.399           | 400            | 7.76  | 780        |
| PZ 409'   | 2589.89          | 3.6        | 2586.29            | 400            |       |            |
| PZ 412    | 2577.52          | 4.05       | 2573.47            | 400            | ----  | ----       |
| PZ 413    | 2575.81          | 4.75       | 2571.06            | 400            |       |            |

Nota. Pozo 408' a 409' capacidad al 85% de llenado.

Elaborado por: Byron Calo

Consecuentemente en el **PZ 61** se dimensiona una estructura de separación de caudales; en la figura 38 se presenta su esquema. De acuerdo a los datos obtenidos del análisis hidráulico se realiza su diseño:



DATOS:

Caudal aguas lluvia: **439.61 [l/s]**

Caudal sanitario: **3.17 [l/s]**

Cota terreno: **2571.93 [m]**

Cota invertido tubería entrada: **2569.83 [m]**

Pendiente canal ingreso: **0.01 [m/m]**

Diámetro tubería entrada: **450 [mm]**

Rugosidad: 0.014

a) Altura de agua flujo caudal sanitario

Por aproximaciones  **$h=0.0211\text{m}$** , consecuentemente por cuestiones constructivas se asume  $h=0.12\text{m}$

b) Caudal máximo de ingreso

Como se aprecia en la figura 38 el ingreso del flujo se restringirá a través de vertederos; es decir la sección de ingreso será de  $0.3 \times 0.12\text{m}$ , que de acuerdo a la pendiente establecida el caudal máximo será de  **$42.3\text{ l/s}$** ; a partir del cual a través de los vertederos laterales el agua caerá a la cámara que conducirá el efluente hacia el canal de descarga de aguas lluvia.



c) Orificio de salida caudal aguas lluvia

El caudal efectivo de aguas lluvia que descargará será:

$$Q_{\text{Eluvias}} = 439.61 \text{ l/s} - 42.3 \text{ l/s} = \mathbf{397.31 \text{ [l/s]}}$$

Con este caudal, una pendiente mínima de 0.5% y una base de 0.7m la altura necesaria es de 0.36m. Por fines constructivos e impedir obstrucciones se asume igual a **0.7m**.

Las dimensiones y la configuración de la estructura de separación se encuentran en el *anexo 13*.

#### 4.1.6.4 Descarga aguas lluvia.

La descarga en el tramo 1 se realiza a través de un canal escalonado, dimensionado como se indicó en la sección 4.1.5.2.16. En la tabla 41 se muestran los parámetros dimensionados:

Tabla 41.

*Calculo escalones*

| <b>DATOS:</b>                  |         |        |
|--------------------------------|---------|--------|
| Q=                             | 0.397   | [m³/s] |
| Vo=                            | 1.59    | [m/s]  |
| ho=                            | 0.36    | [m]    |
| ΔH=                            | 15.14   | [m]    |
| J=                             | 28.1    | [%]    |
| Cota inv. inicial=             | 2568.93 | [m]    |
| Cota inv. Final=               | 2553.79 | [m]    |
| Altura escalon=                | 1.5     | [m]    |
| # escalón=                     | 10      |        |
| <b>PARÁMETROS HIDRÁULICOS:</b> |         |        |
| hc=                            | 0.1     | [m]    |
| h"=                            | 0.76    | [m]    |
| V1=                            | 0.75    | [m/s]  |
| Lv=                            | 1.03    | [m]    |
| Lr=                            | 2.7     | [m]    |
| LT=                            | 3.8     | [m]    |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

Debido a la pendiente pronunciada, dificultad constructiva y caudal relativamente pequeño se emplea tubería de H.S de 450mm para el tramo 2 en el cual al final se dimensiona una estructura de disipación tipo impacto a su llegada al cuerpo receptor. En la tabla 42 se muestran las características hidráulicas de la tubería de llegada a la estructura disipadora.

Tabla 42.

*Parámetros tubería llegada tramo 2*

| DATOS:                  |         |                     |
|-------------------------|---------|---------------------|
| Q=                      | 0.397   | [m <sup>3</sup> /s] |
| V <sub>o</sub> =        | 0.75    | [m/s]               |
| h <sub>o</sub> =        | 0.36    | [m]                 |
| ΔH=                     | 53.03   | [m]                 |
| J=                      | 79.39   | [%]                 |
| Cota inv. inicial=      | 2553.79 | [m]                 |
| Cota inv. Final=        | 2502.95 | [m]                 |
| ∅ tubería=              | 450     | [mm]                |
| rugosidad (H.S)=        | 0.014   |                     |
| PARÁMETROS HIDRÁULICOS: |         |                     |
| h(d)=                   | 0.125   | [m]                 |
| V=                      | 11      | [m/s]               |
| X=                      | 0.499   | [m]                 |
| W=                      | 0.036   | [m <sup>2</sup> ]   |
| R=                      | 0.072   | [m]                 |
| Fr=                     | 9.9     |                     |
| Tipo flujo=             |         | supercrítico        |

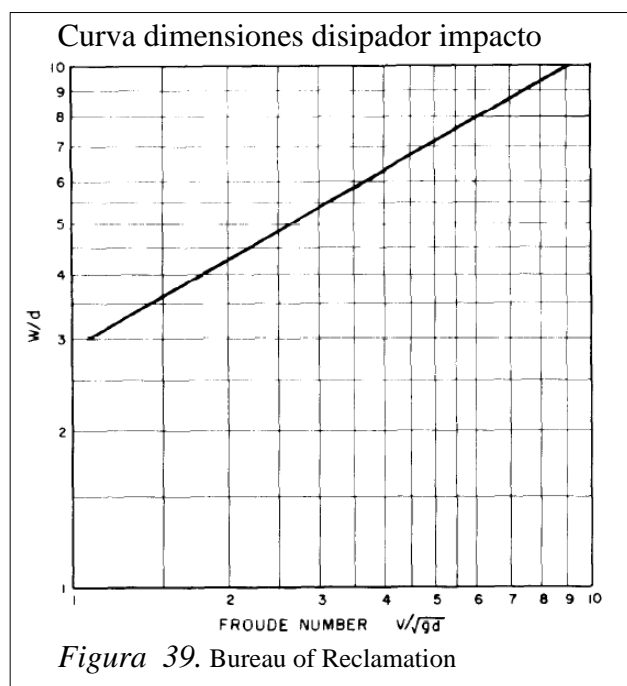
Nota.

Elaborado por: Byron Calo

**4.1.6.5 Disipador tipo impacto.**

Debido a las altas velocidades y a parámetros encontrados en el diseño de la alternativa independiente se opta por un disipador con pantalla deflectora puesto que se prevé menor costo.

Este tipo de disipador fue desarrollado por U.S Bureau of Reclamation utilizando resultados sobre investigaciones; para dicho fin se emplea la figura a continuación:



Con los parámetros hidráulicos determinados en la tabla 42 la relación  $W/d=10$ ; a través de la cual se dimensiona los diferentes elementos de la estructura. En la tabla 43 se resume sus dimensiones:

Tabla 43.

*Dimensiones estructura disipación (impacto)*

| DESIGNACIÓN                   | ECUACIÓN    | CALCULADO [m] | ADOPTADO [m] |
|-------------------------------|-------------|---------------|--------------|
| Ancho [W]                     | $W=d*10$    | 1.300         | 1.50         |
| Longitud [L]                  | $L=4/3(W)$  | 1.733         | 1.80         |
| Dif. Altura [f]               | $f=1/6(W)$  | 0.217         | 0.25         |
| Desfase perimetral [e]        | $e=1/12(W)$ | 0.108         | 0.15         |
| Altura cámara [H]             | $H=3/4(W)$  | 0.975         | 1.20         |
| Distancia hacia deflector [a] | $a=1/2(W)$  | 0.650         | 0.65         |
| Altura deflector [b]          | $b=3/8(W)$  | 0.488         | 0.50         |
| Altura muro salida [c]        | $c=1/2(W)$  | 0.650         | 0.65         |
| Cuña pantalla deflectora      | $f/2=$      | 0.108         | 0.15         |
|                               | $3/4(f)=$   | 0.163         | 0.20         |
|                               | $f/4=$      | 0.054         | 0.05         |
| Separación cuña               | -----       | -----         | 0.50         |
| Diámetro enrocado             | $D=W/20$    | 0.065         | 0.07         |

Nota. Ecuaciones small canals-Bureau of Reclamation

Elaborado por: Byron Calo

En el *anexo 14* se muestran los planos de la descarga pluvial y su estructura disipadora de energía.

#### **4.1.6.6 Tratamiento aguas residuales (PTAR).**

Ya que los requerimientos del proyecto para la alternativa combinada no permiten descargar el total del caudal de aguas residuales a la red existente se hace necesario el tratamiento del 35% del caudal previa su descarga al cuerpo receptor.

##### *4.1.6.6.1 Marco legal.*

Las normas que rigen el control ambiental del país, son dictadas por el Ministerio del Ambiente como órgano rector; que a través del Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA) previene, controla y realiza el seguimiento de la contaminación ambiental.

La normatividad que aplica el país la dicta el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente, LIBRO VI, anexo 1. Esta norma determina los siguientes parámetros y es de obligatorio cumplimiento:

- a) Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de agua o sistemas de alcantarillado.
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos.
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

De acuerdo a la realidad del cuerpo receptor, la quebrada “El Quinche” en relación a la sección 3.1 del Anexo1 (TULAS) se clasifica en aguas de uso estético; ya que su curso de agua es inaccesible a las personas pues tiene un desnivel de 50 metros aproximadamente con referencia al asentamiento de habitantes próximos a la quebrada.

Los criterios de calidad para aguas de uso estético son los siguientes:

- a) Ausencia de material flotante y de espumas provenientes de la actividad humana
- b) Ausencia de grasas y aceites que formen película visible.
- c) Ausencia de sustancias productoras de color, olor, sabor, y turbiedad no mayor a 20 unidades de turbidez nefelométricas (UTN).
- d) El oxígeno disuelto será no menor al 60% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l.

Los criterios generales de descarga de efluentes se establecen en la sección 4.2 del anexo 1 (TULAS), que en general prohíben cualquier tipo de descarga hacia el cuerpo receptor salvo el caso de cumplir los límites máximos permisibles. Los parámetros máximos se presentan en las tablas del *anexo 16* y sus principales características se resumen en la tabla siguiente:

Tabla 44.  
*Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce*

| Parámetros         | Expresado como                | Unidad   | Límite máximo permisible |
|--------------------|-------------------------------|----------|--------------------------|
| Aceites y Grasas.  | Sustancias solubles en hexano | mg/l     | 0,3                      |
| Coliformes Fecales | Nmp/100 ml                    |          | Remoción > al 99.9%      |
| Color real         | Color real                    | unidades | * Inapreciable en        |

|  |                              | de color | dilución: 1/20 |
|--|------------------------------|----------|----------------|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)                               | D.B.O5.                      | mg/l     | 100            |
| Demanda Química de Oxígeno   | D.Q.O.                       | mg/l     | 250            |
| Fósforo Total  | P                            | mg/l     | 10             |
| Materia flotante   | Visibles                     |          | Ausencia       |
| Nitratos + Nitritos  | Expresado como Nitrógeno (N) | mg/l     | 10,0           |
| Nitrógeno Total Kjeldahl Organoclorados totales                      | N                            | mg/l     | 15             |
| Potencial de hidrógeno   | pH                           |          | 5-9            |
| Sólidos Sedimentables  |                              | ml/l     | 1,0            |
| Sólidos Suspendidos totales  | (SST)                        | mg/l     | 100            |
| Sólidos totales  |                              | mg/l     | 1600           |
| Sulfatos   | SO4=                         | mg/l     | 1000           |
| Temperatura  | °C                           |          | < 35           |
| * La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida. |                              |          |                |

Nota. Anexo 1 (TULAS)  
Elaborado por: Byron Calo

#### 4.1.6.6.2 Nivel de tratamiento.

Para determinar el nivel de tratamiento se toma en cuenta la calidad de los cuerpos receptores de El Quinche que fue determinado en los estudios “Diseños definitivos de las obras de interceptación y tratamiento de las aguas residuales de parroquias que descargan a los ríos Guayllabamba y San Pedro” ya que la zona del proyecto pertenece al área de influencia del mencionado estudio y además la quebrada El Quinche es un afluente directo del río Guayllabamba.

Tabla 45.  
*Concentraciones cuerpos receptores Quinche*

| Parámetros                 | Valor medio |
|----------------------------|-------------|
| T° [C]                     | 19.28       |
| pH [unid pH]               | 7.19        |
| OD [mg/l]                  | 0.77        |
| Turbiedad [UT]             | 217.43      |
| Color [UC]                 | 353.57      |
| SST [mg/l]                 | 348.38      |
| SSV [mg/l]                 | 249.78      |
| DBO 5 [mg/L]               | 263.17      |
| DQO [mg/l]                 | 612.17      |
| Grasas y aceites [mg/l]    | 27.39       |
| Detergentes [mg/l]         | 3.73        |
| Nitrógeno Amoniacal [mg/l] | 18.11       |
| Nitrógeno Orgánico [mg/l]  | 4.35        |

|                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| Nitrógeno kjehldal [mg/l]      | 22.47       |
| Sulfatos [mg/l]                | 42.62       |
| Fosfatos [mg/l]                | 2.85        |
| Coliformes totales [NMP/100ml] | 1.29E+09    |
| E. coli [NMP/100ml]            | 49383333.33 |

Nota. EPMAPS

Elaborado por: Byron Calo

Comparando los valores de las concentraciones de cargas contaminantes los parámetros como: demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), demanda química de oxígeno (DQO), grasas y aceites, y SST superan los valores permisibles. Uno de los parámetros más usados para definir el nivel de tratamiento es la demanda bioquímica de oxígeno que de acuerdo a los datos anteriores será necesario remover como mínimo el **60% del DBO5** para cumplir con el requerimiento de descarga hacia el cuerpo receptor.

Tabla 46.

*Procesos de tratamiento y grados de remoción*

| PROCESO DE TRATAMIENTO        | REMOCIÓN, % |                     |
|-------------------------------|-------------|---------------------|
|                               | DBO         | Sólidos suspendidos |
| Sedimentación primaria        | 25 - 40     | 40 - 70             |
| Lodos activados (a)           | 55 - 95     | 55 - 95             |
| Filtros percoladores (a)      | 50 - 95     | 50 - 92             |
| Lagunas aireadas (b)          | 80 - 90     | (c)                 |
| Zanjas de oxidación (d)       | 90 - 98     | 80 - 95             |
| Lagunas de estabilización (e) | 70 - 85     | (c)                 |

Nota. Ex IEOS

Elaborado por: Byron Calo

Para la selección de los procesos de tratamiento de las aguas residuales se usará como guía los valores de la tabla anterior; además se seleccionarán procesos que puedan ser construidos y mantenidos sin mayor dificultad (Sanitarias, 1992, p. 338).

Con la información precedente el proceso de tratamiento seleccionado es **sedimentación primaria complementada con filtros percoladores**; es decir un tratamiento preliminar primario (FOSA SÉPTICA) más tratamiento secundario a través de un Filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA).

#### 4.1.6.6.3 Diseño de PTAR.

Al ingresar las aguas residuales al tanque séptico comienza la sedimentación por gravedad de las partículas pesadas, las cuales sedimentan en el fondo de la cámara y

deben extraerse periódicamente; se sabe que puede sedimentar hasta el 80% de los sólidos en suspensión (Salud, 2005, p. 4).

Seguidamente otros procesos que se llevan a cabo es la flotación de grasas, aceites y espumas; contrariamente la materia orgánica (lodos) sedimentada es descompuesta por bacterias anaerobias. Como el efluente de los tanques sépticos es anaerobio y contiene elevado número de patógenos se continúa con el siguiente proceso de tratamiento (FAFA).

#### a) TANQUE SÉPTICO

La metodología para el diseño del tanque séptico es la recomendada por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y es la siguiente:

“Para el caso de sistemas nuevos se determinará el caudal medio de diseño en base a la dotación de agua potable” (Sanitarias, 1992, p. 332), es decir será la suma de caudales domésticos, por infiltración y aguas ilícitas:

$$Qd = \frac{P * d * R}{86400} \quad [l/s]$$

$$Qinf = 0.1 \frac{l}{hab * 86400} \quad [l/s]$$

$$Qili = 5 \frac{l}{hab * 86400} \quad [l/s]$$

$$Qmd = Qd + Qinf + Qili$$

De acuerdo a las normas Ex – IEOS el tiempo de retención recomendable es de 6 horas, sin embargo se adopta un tiempo de **18h** de retención a fin de remover la mayor cantidad de DBO. Para determinar el volumen de lodos producidos se toma el valor recomendado por OPS de **0.1 l/hab\*día**. El volumen útil se calcula por la expresión:

$$V = N * T * (C + Lf)$$

Donde:

N= número de contribuyentes [hab]

C= contribución per cápita o caudal medio [l/hab\*día]

T= tiempo de retención [días]

Lf= producción de lodo [l/hab\*día]

Para complementar el diseño óptimo del tanque séptico se lo ha dividido en dos compartimientos para disminuir los efectos de llegada de grandes cantidades de aguas servidas; es decir la mayor parte de los procesos de digestión se llevarán a cabo en el primer compartimiento y en el segundo solo pasarán algunos materiales suspendidos.

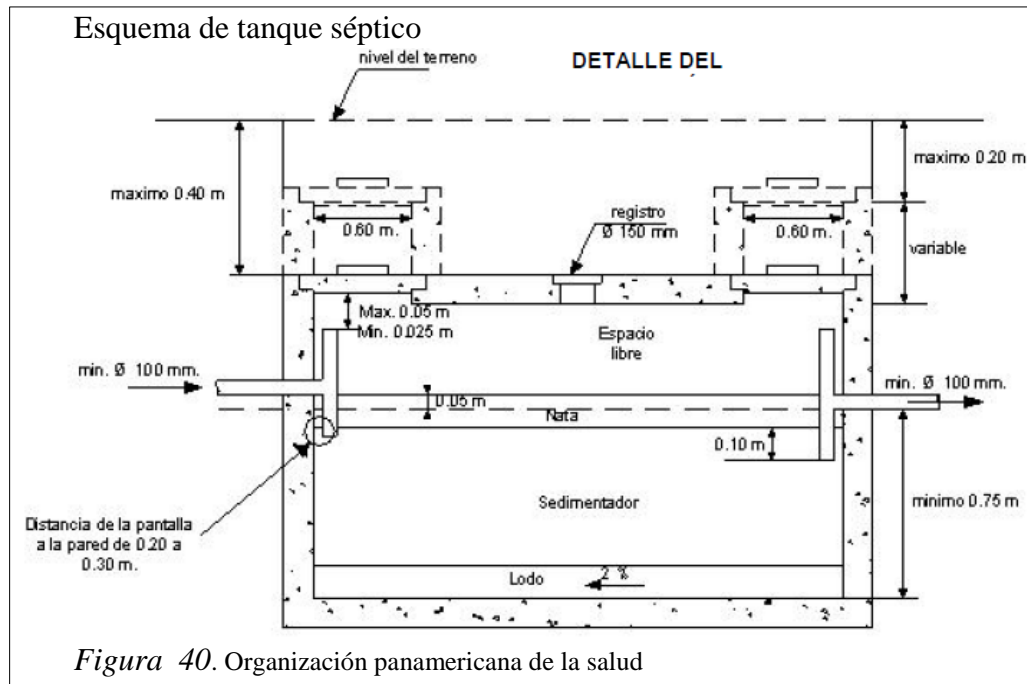
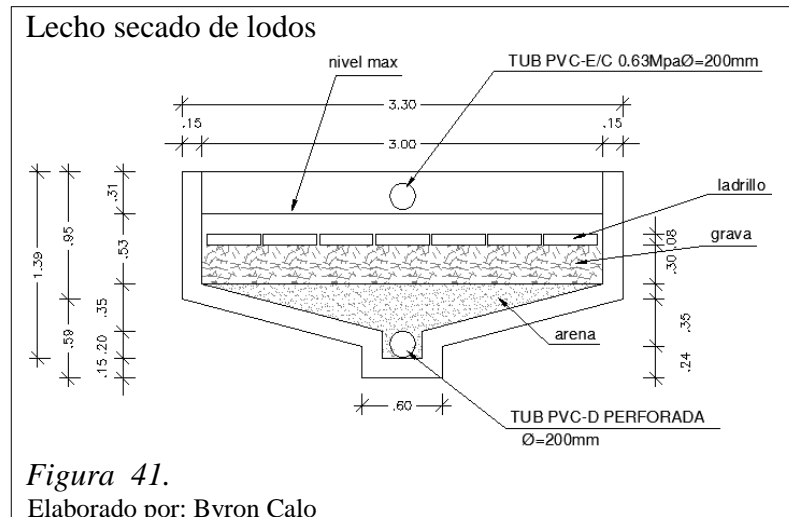


Figura 40. Organización panamericana de la salud

La OPS recomienda para el caso de alcantarillados combinados se asuma la producción de lodos igual a  $0.1 \text{ l/had} \cdot \text{día}$ ; es decir se producirá  $1 \text{ m}^3$  de lodo por mes de operación de la fosa séptica

Asimismo la OPS recomienda dimensiones del lecho de secado de lodos sea mínimo de  $3 \times 3 \times 0.15 \text{ m}$  que es lo adoptado; y de acuerdo al párrafo anterior se determina que los lodos digeridos se deberán retirar cada 6 semanas de operación de la fosa séptica. No obstante ya los primeros años de operación del sistema la producción de lodos será menor se recomienda realizar inspecciones a fin de abrir la válvula en el momento oportuno. En la figura a continuación se muestra un esquema de la estructura proyectada.





### b) FILTRO ANEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE.

El reactor anaerobio flujo ascendente es un proceso de crecimiento adherido, para el tratamiento de residuos solubles; es el tratamiento más sencillo de mantener porque la biomasa permanece como una película microbial adherida y porque como el flujo es ascensional, el riesgo de taponamiento es mínimo.

Para producir el crecimiento biológico anaerobio se lo rellena con grava de diferente granulometría debidamente graduada a fin de retener bacterias e impedir su salida en el efluente. La salida del agua se produce en la parte superior del reactor por medio de un canal hacia su disposición final.

La metodología y los parámetros de cálculo se presentan a continuación:

El volumen útil se lo calculará para un tiempo de retención de **8h** ya que se recomienda que su valor sea entre 5h y 17h. Con respecto al caudal será el medio diario; la expresión para el cálculo de volumen útil es:

$$V = N * T * C$$

Donde:

N= número de contribuyentes [hab]

C= contribución per cápita [lt/hab\*día]

T= tiempo de retención [días]

Para el caso del proyecto se adopta una forma circular ya que permite una mejor recirculación del efluente y mantener una expansión uniforme; se recomienda una

altura entre 2m y 2.5m, para el proyecto se adopta de **2m** y su diámetro se determina con la expresión:

$$D = \sqrt{\frac{4 * V}{\pi * h}}$$

Donde:

V = volume útil [m<sup>3</sup>]

h = altura del tanque [m]

En la parte superior del reactor para recolectar el efluente se usará tubería perforada apoyada sobre un canal rectangular, la tubería trabajará como orificio sumergido, por tanto es necesario determinar en número de orificios necesarios, la expresión es:

$$Q_o = A * \mu \sqrt{2 * g * h} \quad [m^3/s]$$

Donde:

Q<sub>o</sub> = caudal orificio sumergido [m<sup>3</sup>/s]

μ = coeficiente de descarga [0.62]

g = gravedad [9.81 m/s<sup>2</sup>]

h = carga sobre el orificio [m]

Para el diseño se asume una carga de **5cm** y orificios de **1cm**; con estos datos se determina el número de orificios necesarios:

$$\#orificios = \frac{Q_{md}}{Q_o}$$

Con las bases de diseño anteriores se dimensionó las dos estructuras, que se resume en la tabla siguiente:

Tabla 47.  
Resume dimensionamiento PTAR

| PARÁMETROS DE DISEÑO           |       |
|--------------------------------|-------|
| Caudal medio diario [l/s]      | 0.897 |
| Población futura [hab]         | 510   |
| Dotación [l/hab*día]           | 210   |
| TANQUE SÉPTICO                 |       |
| Volumen útil [m <sup>3</sup> ] | 58.22 |
| Tiempo retención [días]        | 0.75  |
| Altura [m]                     | 2.3   |
| Ancho [m]                      | 3.25  |
| Longitud [m]                   | 7.8   |
| FILTRO ANAEROBIO               |       |
| Volumen útil [m <sup>3</sup> ] | 28.83 |

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| Tiempo de retención [días] | 0.3333 |
| Altura [m]                 | 2      |
| Diámetro [m]               | 4      |
| Caudal por orificio [l/s]  | 0.048  |
| Diámetro orificios[m]      | 0.01   |
| # orificios                | 20     |

Elaborado por: Byron Calo

Finalmente el ultimo parámetro a considerar es la granulometría del lecho filtrante que para el proyecto se emplea las recomendaciones de la EPMAPS; se usará grava de 3/4" a 3" en 3 capas de 30cm cada una. La memoria de cálculo de la PTAR se encuentra para su visualización *anexo 17*; asimismo el plano de la FOSA SÉPTICA Y FILTRO ANAEROBIO en el *anexo 18*.

#### **4.1.7 Comparación de alternativas y selección de la mejor.**

Luego de haber dimensionado e interpretado las diferentes alternativas de diseño se compara los aspectos técnicos y económicos de las diferentes alternativas:

##### **4.1.7.1 Comparación técnica.**

Durante la etapa de diseño surgieron varios aspectos que por su naturaleza no se pueden implementar como:

- a) Para el caso de la alternativa de sistemas independientes el caudal máximo horario acumulado es de 13.69 l/s; lo cual al analizar la cantidad de tubería que se instalaría para conducir este caudal ínfimo no lo justica.
- b) Así mismo para la instalación de las tuberías de sistemas independientes se determinó que el ancho de las vías no es suficiente, ya que los espacios libres de separación mínimos no se cumplirían. Por otra parte se determinó que para descargar las aguas residuales a la red existente “La esperanza” serían necesarias excavaciones superiores a 8m en la calle ‘Norte’; lo que es impracticable.
- c) Para el caso de la alternativa combinada el mayor problema que se presenta es la pendiente pronunciada de la tubería hacia el cuerpo receptor y la construcción de la PTAR que demanda mano de obra calificada; sin embargo ya que el caudal a tratar no es considerable se puede decir que es viable.

En el distrito metropolitano de Quito no se construyen sistemas independientes y no son recomendables por su costo. Es práctica común realizar sistemas combinados que se complementan con estructuras de separación e interceptores para evitar la contaminación de los cauces.

#### 4.1.7.2 Comparación económica.

Para determinar el costo aproximado de cada alternativa se calcula los volúmenes de obra comunes y representativos de cada alternativa a grosso modo, excluyendo los rubros no comunes. En la tabla a continuación se resume las cantidades y el costo unitario de acuerdo a la base de datos de la EPMAPS:

Tabla 48.

*Cantidades de obra para cada alternativa*

|   | Unidad         | P. Unit. | SISTEMAS INDEPENDIENTES |                      | SISTEMA COMBINADO |                      |
|---|----------------|----------|-------------------------|----------------------|-------------------|----------------------|
|   |                |          | Cantidad                | Total                | Cantidad          | Total                |
| Tub. PVC 300mm                            | m              | 27.31    | 9460                    | 258352.6             | 3770              | 102958.7             |
| Tub. PVC 400mm                            | m              | 45.92    | 1220                    | 56022.4              | 428.5             | 19676.72             |
| Tub. PVC 450mm                            | m              | 46.34    | -----'                  |                      | 622               | 28823.48             |
| Tub. PVC 500mm                            | m              | 71.63    | 178                     | 12750.14             | 62                | 4441.06              |
| Tub. PVC 600mm                            | m              | 84.25    | 525                     | 44231.25             | 323               | 27212.75             |
| Excavación zanja maquina                  | m <sup>3</sup> | 2.07     | 18212.8                 | 37700.496            | 10411             | 21550.77             |
| Rasanteo zanja                            | m <sup>2</sup> | 1.2      | 9106.4                  | 10927.68             | 4164.4            | 4997.28              |
| Pozos revisión (1.7m a 2.2m) promedio     | u              | 582.32   | 155                     | 90259.6              | 15                | 8734.8               |
| Pozos revisión (2.2m a 2.6m) promedio     | u              | 637.54   | 30                      | 19126.2              | 56                | 35702.24             |
| Pozos revisión (mayor a 2.6m) promedio    | u              | 708.1    | 15                      | 10621.5              | 19                | 13453.9              |
| Relleno                                   | m <sup>3</sup> | 4.18     | 17302.16                | 72323.0288           | 9890.45           | 41342.081            |
| Hormigón 210 Kg/cm <sup>2</sup>           | m <sup>3</sup> | 128.66   | 64                      | 8234.24              | 66.9              | 8607.354             |
| Acero refuerzo fy=4200 Kg/cm <sup>2</sup> | Kg             | 1.91     | 450                     | 859.5                | 4622.55           | 8829.0705            |
| Malla 150x150x6mm                         | m <sup>2</sup> | 6.94     | 390                     | 2706.6               | 315               | 2186.1               |
|   |                |          | <b>Σ=</b>               | <b>\$ 624,115.23</b> |                   | <b>\$ 328,516.31</b> |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

De acuerdo a los datos de la tabla precedente la alternativa de sistemas independientes es más costosa en un 53% aproximadamente que el sistema combinado, esto especialmente radica en que se instalaría el doble de tubería.

#### 4.1.7.3 Selección de la mejor alternativa.

Luego del análisis se determina que la alternativa de sistemas independientes es impracticable por razones de costos, operación y construcción; en consecuencia la

alternativa de sistema combinado se selecciona como la de mayor eficiencia, menor costo y tiempo de ejecución.

Por tanto se elaboran los perfiles de la red en base a la normativa de dibujo requerida por la EPMAPS, en el *anexo 19* se presentan los perfiles hidráulicos definitivos del sistema combinado.

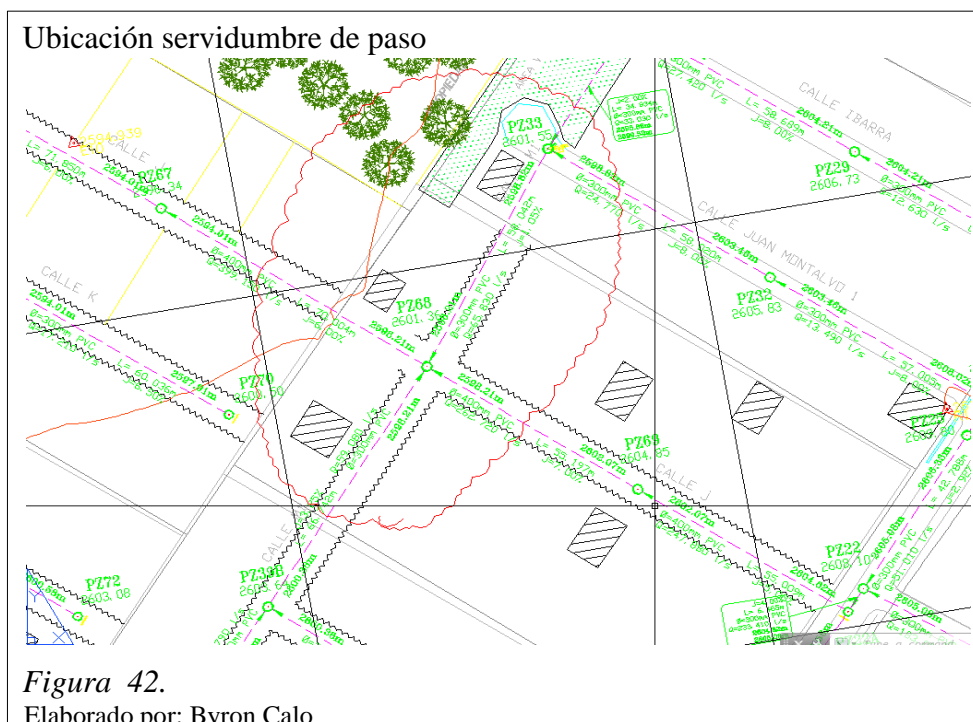
#### 4.1.8 Temas complementarios de la alternativa seleccionada

Luego de seleccionar la mejor alternativa se trata varios temas para complementar el diseño, tales como: servidumbre de paso, parámetros de diseño estructural y diseño de sumideros y cunetas.

##### 4.1.8.1 Servidumbre de paso.

Por las condiciones topográficas del área de estudio, el proyecto requiere de algunas servidumbres de paso para poder evacuar las aguas servidas hacia la descarga final.

Los pasos de servidumbres que se tiene en el proyecto son en la calle “J” y su intersección con la calle “M1”, la afectación es de 20m al norte y 25m al oeste respectivamente, estas servidumbres deberán ser tramitadas por la entidad o departamento competente antes de iniciar la construcción.



#### **4.1.8.2 Parámetros de diseño estructural.**

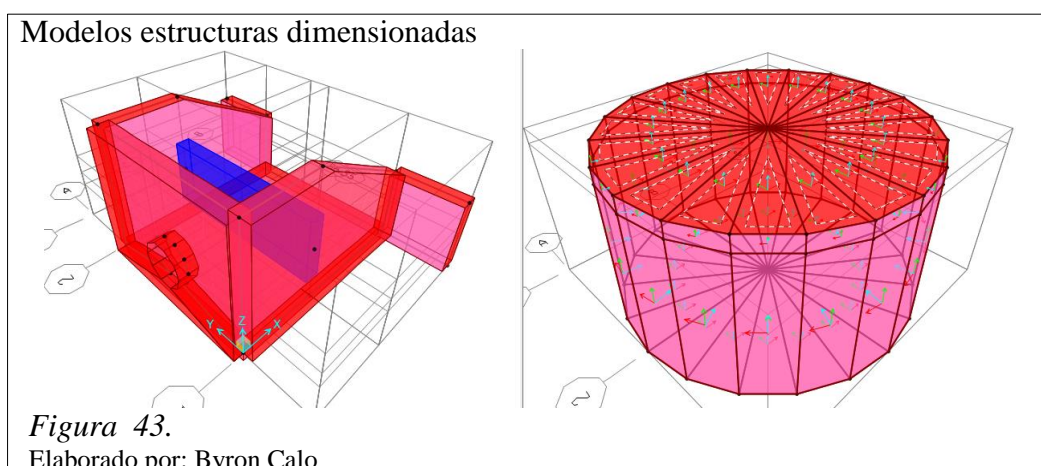
La implantación de las estructuras calculadas consta en los planos respectivos; dichas estructuras son: pozos de inspección, separador de caudales, estructura disipadora con pantalla deflectora, estructuras de la PTAR y diseño estructural de la tubería instalada.

##### *4.1.8.2.1 Pozos de inspección.*

Según la experiencia de la EPMAPS en este tipo de estructuras no es necesario incluir armadura de refuerzo; sin embargo si es necesario un correcto hormigonado y técnicas eficientes de construcción con hormigón simple. Los pozos pueden alcanzar alturas mayores a 5 metros sin necesidad de refuerzo.

##### *4.1.8.2.2 Análisis y diseño de estructuras.*

Para el dimensionamiento se consideró las cargas principales como presión de suelo, agua, carga muerta y viva. Para determinar las sollicitaciones más críticas se realizó el modelo estructural en el software SAP2000 para su posterior dimensionamiento en base a la normativa NEC y su diseño por última resistencia en hormigón armado. En la figura a continuación se muestra los modelos de varias estructuras.



De acuerdo a la naturaleza de cada estructura se consideró la carga sísmica mínima en función del espectro inelástico de diseño en base a las normas de la NEC. Asimismo para la configuración estructural se consideró características de los materiales como: hormigón de 210 Kg/cm<sup>2</sup>, acero de refuerzo 4200 Kg/cm<sup>2</sup> y capacidad portante del suelo igual a 5 Kg/cm<sup>2</sup>.

Los parámetros, así como los criterios del dimensionamiento de cada estructura contemplada en el proyecto se muestran en el *anexo 20* (Memoria de cálculo estructural).

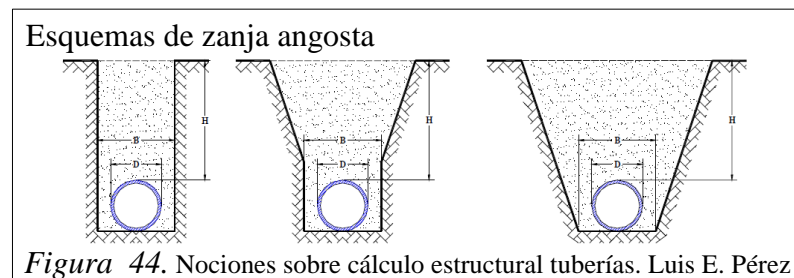
#### 4.1.8.2.3 Cálculo estructural de las tuberías.

Cuando un tubo se instala bajo tierra queda sometida a varias solicitaciones que afectan su comportamiento mecánico, esto depende de las dimensiones de la zanja circundante, tipo de suelo y el tipo de cargas a la que será expuesta.

El análisis estructural de la resistencia de las tuberías será basado en las fórmulas de Marston; para lo cual es necesario definir el tipo de tubería a instalarse, que puede ser rígida o flexible. En el caso de tuberías rígidas las cargas aplicadas son absorbidas completamente por el tubo, mientras que en las tuberías flexibles parte de la carga es absorbida por el tubo transmitiendo la carga restante al terreno que se encuentra a su alrededor; el proyecto contempla únicamente tubería PVC flexible.

#### a) Carga vertical de relleno

Primero se define que para el proyecto la zanja tipo será ‘zanja angosta’ ya que su ancho “B” es relativamente pequeño frente al diámetro de la tubería “D”; que no es caso de tuberías bajo terraplén, denominadas “zanja ancha”. En la figura a continuación se muestra esquemas de zanja angosta.



La expresión para determinar la carga vertical por metro lineal de tubería enterrada es:

$$qr = C_z \cdot \gamma_r \cdot h_r \cdot D \quad [kN/m]$$

Donde:

$qr$  = carga vertical de relleno [kN/m]

$C_z$  = coeficiente de Marston para instalación en zanja (adimensional)

$\gamma_r$  = peso específico del relleno [kN/m<sup>3</sup>]

hr = altura de relleno [m]

D = diámetro exterior de tubería [m]

El coeficiente de Marston se calcula con la expresión:

$$C_z = \frac{1 - e^{-2k\mu \cdot \frac{hr}{b}}}{2k\mu \cdot \frac{hr}{b}}$$

Donde:

k = coeficiente de Rankine (presión activa),  $k = \text{tg}^2(45 - \frac{\phi}{2})$

u =  $\text{tg}\phi$ , coeficiente de rozamiento

b = ancho de la zanja en clave de la tubería [m]

### b) Determinación de la carga viva

De acuerdo a las bases de diseño de la EPMAPS el criterio para el cálculo será la especificada en las normas de la American Water Works Association (AWWA); en la cual asume la carga móvil como una carga estática uniformemente repartida a lo largo de la tubería, que es:

$$W_e = C_s * \frac{P_c \cdot F}{L}$$

Donde:

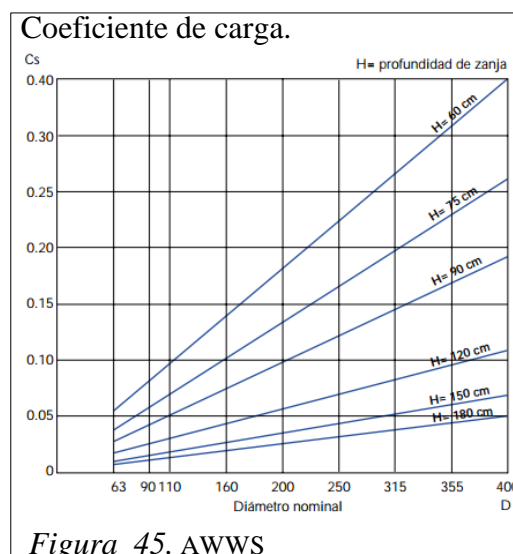
$W_e$  = carga viva [kg/m de tubería]

$C_s$  = coeficiente de carga en función del diámetro del tubo

$P_c$  = carga concentrada constante igual a 4550 kg (1 rueda).

F = factor de impacto que para vías se emplea 1.5

L = longitud efectiva del tubo donde ocurre la carga [0.9m según AWWA]





**c) Estimación de la deflexión en tuberías PVC.**

El cálculo estructural deberá considerar que bajo las sollicitaciones de cargas externas anteriormente mencionadas la deformación admisible de cualquier diámetro no podrá superar el 5% del diámetro original de la tubería sin carga. La fórmula más ampliamente utilizada es la desarrollada por Spangler-Iowa que relaciona la deflexión de la tubería bajo cargas y las propiedades de la tubería y el suelo; su expresión es:

$$\Delta x = \frac{K(De \cdot Wc + We)}{\frac{E \cdot I}{r^3} + 0.061 * E'} \quad [cm]$$

Donde:

$\Delta x$  = máxima deformación transversal [cm]

De = factor de deformación de largo plazo, igual a 1.5 para todo tipo de suelo.

K = constante de encamado, para PVC según AWWA igual a 0.10

Wc = qr = carga de relleno [kg/m]

We = carga viva sobre la tubería en [kg/cm]

r = (D-e)/2, radio promedio del tubo

E = módulo de elasticidad del PVC [kg/cm<sup>2</sup>]

I = momento de inercia de la pared del tubo por metro de longitud,

I = e<sup>3</sup>/12 [cm<sup>4</sup>/cm], donde 'e' es el espesor del tubo.

E' = módulo de elasticidad del suelo, para el proyecto se estima 28 kg/cm<sup>2</sup>.

Luego de haber definido todos los parámetros se realiza el cálculo respectivo que se resume en la tabla siguiente tanto los datos como los resultados:

Tabla 49.

*Resume cálculo estructural tubería PVC*

| <b>DATOS:</b>                    |       |                      |                                |        |                       |
|----------------------------------|-------|----------------------|--------------------------------|--------|-----------------------|
| Tubería:                         | PVC   |                      |                                |        |                       |
| yr=                              | 16    | [KN/m <sup>3</sup> ] | b=                             | 0.8    | [m]                   |
| hr=                              | 1     | [m]                  | e=                             | 0.2    | [cm]                  |
| D=                               | 0.3   | [m]                  | E=                             | 28000  | [Kg/cm <sup>2</sup> ] |
| ∅=                               | 50    | [°]                  | E'=                            | 28     | [Kg/cm <sup>2</sup> ] |
| <b>CARGA VERTICAL DE RELLENO</b> |       |                      | <b>CARGA VIVA</b>              |        |                       |
| k=                               | 0.13  |                      | Cs=                            | 0.1    |                       |
| u=                               | 1.19  |                      | Pc=                            | 4550   | [kg]                  |
| Cz=                              | 0.83  |                      | F=                             | 1.5    |                       |
| qr=                              | 3.984 | [KN/m]               | L=                             | 0.9    | [m]                   |
|                                  | 405.7 | [Kg/m]               | We=                            | 758.33 | [kg/m]                |
| <b>DEFLEXIÓN TUBERÍA 300mm</b>   |       |                      | <b>DEFLEXIÓN TUBERÍA 600mm</b> |        |                       |
| De=                              | 1.5   |                      | qr=                            | 851    | [Kg/m]                |
| K=                               | 0.1   |                      | Cs=                            | 0.15   |                       |
| Wc=qr=                           | 405.7 | [Kg/m]               | We=                            | 1137   | [kg/m]                |

|               |           |                       |               |      |      |
|---------------|-----------|-----------------------|---------------|------|------|
| We=           | 758.33    | [Kg/m]                | r=            | 29.9 | [cm] |
| r=            | 14.9      | [cm]                  | $\Delta x=$   | 1.41 | [cm] |
| I=            | 6.667E-06 | [cm <sup>4</sup> /cm] | % $\Delta x=$ | 2.35 | [%]  |
| $\Delta x=$   | 0.8       | [cm]                  |               |      |      |
| % $\Delta x=$ | 2.6667    | [%]                   |               |      |      |

Elaborado por: Byron Calo

Como se aprecia los resultados obtenidos son favorables ya que no exceden la deflexión admisible (5%) tanto para tuberías de 300 y 600mm.

#### 4.1.8.3 Diseño de sumideros.

Los sumideros son las estructuras más comúnmente utilizadas para incorporar el escurrimiento superficial a los colectores. Estos elementos pueden tener o no una capacidad establecida para interceptar el caudal pluvial que corre por la cuneta, para enseguida conducirlo al sistema de drenaje pluvial. Son también frecuentemente llamadas bocas de tormenta.

Hay diferentes tipos de sumideros, pero los más utilizados pueden reunirse en dos categorías: horizontales y verticales. Los horizontales se encuentran en la solera de la cuneta longitudinal o transversal a la vía; por otra parte los verticales se abren en la pared vertical del bordillo. En cualquier caso, se debe usar sumideros del mismo tipo y tamaño con el objeto de reducir costos.

##### 4.1.8.3.1 Ubicación de los sumideros.

Para el proyecto se emplea las dimensiones del sumidero estándar de la EPMAPS, que es del tipo horizontal (rejas). Y su ubicación se realizará de acuerdo al gráfico siguiente:

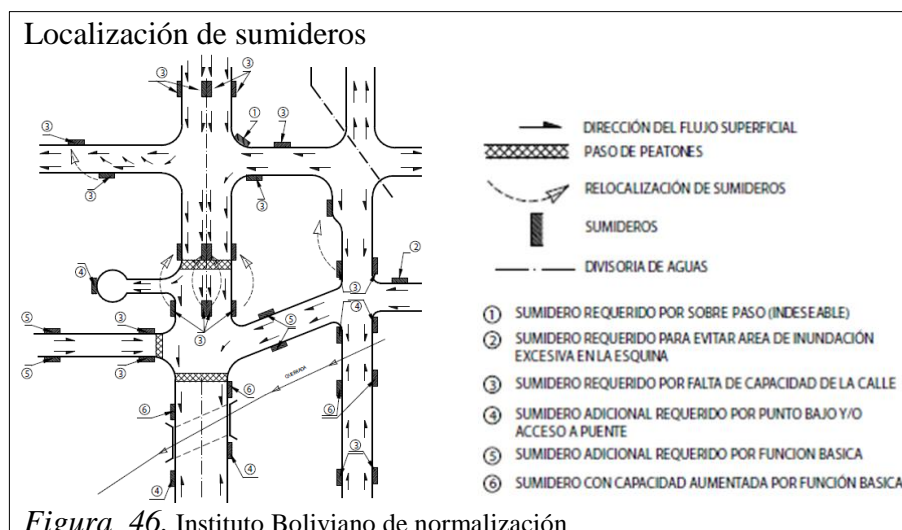


Figura 46. Instituto Boliviano de normalización

En concordancia a la figura anterior y la condición que cada sumidero debe tener su conexión directa al pozo de inspección se realiza la ubicación para determinar posteriormente su capacidad hidráulica de escurrimiento.

#### 4.1.8.3.2 Determinación de los caudales pluviales.

Para determinar los caudales pluviales máximos se emplea en método racional; se tomará en cuenta el área aportante para cada calle a fin de determinar posteriormente si es necesario incorporar mayor número de sumideros.

Para determinar los caudales se emplean los mismos parámetros como intensidad, coeficiente de escurrimiento y periodo de retorno expuestos en la sección 4.1.5.2. a excepción del tiempo de concentración que es constante e igual a 12 minutos. En la tabla 50 se resume los datos obtenidos:

Tabla 50.

*Caudales pluviales generados cada tramo de vía*

| Nombre calle [m] | I [mm/h] | Área [Ha] | Tr [años] | tc [min] | Coefficiente escorrentía | Caudal [m <sup>3</sup> /s] | Nro. Sumideros |
|------------------|----------|-----------|-----------|----------|--------------------------|----------------------------|----------------|
| CALLE 'C'        | 69.88    | 4.5       | 5         | 12       | 0.3                      | 0.26205                    | 16             |
| CALLE SUR-ESTE   | 69.88    | 2.5       | 5         | 12       | 0.3                      | 0.1455833                  | 24             |
| CALLE 'B'        | 69.88    | 7.88      | 5         | 12       | 0.3                      | 0.4588787                  | 28             |
| CALLE SUR        | 69.88    | 2.73      | 5         | 12       | 0.3                      | 0.158977                   | 15             |
| CALLE 'N'        | 69.88    | 6.13      | 5         | 12       | 0.3                      | 0.3569703                  | 28             |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

#### 4.1.8.3.3 Estimación de los caudales de aproximación.

Para determinar la capacidad de un sumidero, es necesario conocer primero las características del escurrimiento en la cuneta aguas arriba de este. La capacidad de una cuneta depende de su forma, pendiente y rugosidad. Si se conocen las pendientes transversales y longitudinales de la calle, la cuneta puede representarse como un canal abierto se sección triangular y su capacidad hidráulica puede estimarse generalmente con la ecuación de Izzard, es:

Ecuación 19. Ecuación de Izzard

$$Q_0 = 0.375 \left[ \frac{Z}{n} \right] \sqrt{I} \cdot y_0^{\frac{8}{3}} \quad [m^3/s]$$

Donde:

Q<sub>0</sub> = caudal en la cuneta triangular [m<sup>3</sup>/s]

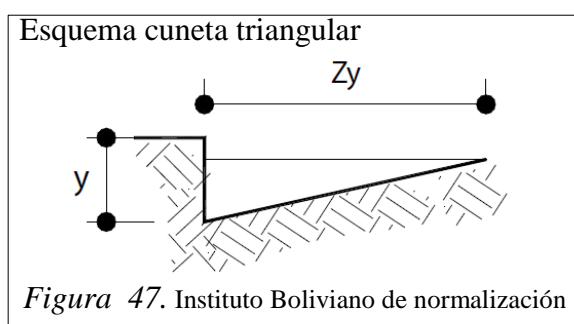
$I$  = pendiente longitudinal [m/m]

$Z$  = inverso de la pendiente transversal [m/m]

$n$  = coeficiente de rugosidad de Manning

$y_o$  = profundidad de flujo [m]

Ya que la zona del proyecto actualmente posee en su mayoría calles de tierra y/o de macadam (empedrado), y posteriormente se espera que posean un pavimento sea flexible o semi-rígido se realiza un promedio del coeficiente de rugosidad igual a:  **$n=0.021$**  para todos los casos de análisis.



Además es necesario determinar las particularidades de cada vía del proyecto, las cuales se resume en la tabla siguiente tomando en cuenta la pendiente transversal, pendiente longitudinal y el ancho de inundación que como restricción en lo posible no debe superar los 2.5m.

Tabla 51.

*Características de la vías*

| Nombre calle [m] | TRAMO POZO Nro. |     | % caudal pluvial | Caudal pluvial [m³/s] | n     | Sx    | I [%] | Yo [m] | T[m]  |
|------------------|-----------------|-----|------------------|-----------------------|-------|-------|-------|--------|-------|
| CALLE 'C'        | 100             | 101 | 16.4             | 0.0430                | 0.021 | 0.025 | 1     | 0.062  | 2.479 |
|                  | 101             | 1   | 25               | 0.0655                | 0.021 | 0.025 | 1.6   | 0.066  | 2.659 |
|                  | 1               | 2   | 19               | 0.0498                | 0.021 | 0.025 | 1     | 0.065  | 2.620 |
|                  | 2               | 3   | 10               | 0.0262                | 0.021 | 0.025 | 4.3   | 0.039  | 1.567 |
|                  | 3               | 4   | 3.3              | 0.0086                | 0.021 | 0.025 | 3.3   | 0.027  | 1.086 |
|                  | 4               | 5   | 11               | 0.0288                | 0.021 | 0.025 | 3     | 0.043  | 1.737 |
|                  | 5               | 6   | 5.3              | 0.0139                | 0.021 | 0.025 | 2.4   | 0.034  | 1.377 |
|                  | 6               | 7   | 4.3              | 0.0113                | 0.021 | 0.025 | 3.8   | 0.029  | 1.168 |
|                  | 7               | 8   | 3.4              | 0.0089                | 0.021 | 0.025 | 4.3   | 0.026  | 1.045 |
| 8                | 48              | 2.3 | 0.0060           | 0.021                 | 0.025 | 8.9   | 0.020 | 0.788  |       |
| SUR-ESTE         | 40              | 41  | 15               | 0.0218                | 0.021 | 0.025 | 1.5   | 0.045  | 1.783 |
|                  | 41              | 13  | 8                | 0.0116                | 0.021 | 0.025 | 3.9   | 0.029  | 1.177 |
|                  | 13              | 42  | 4                | 0.0058                | 0.021 | 0.025 | 3.6   | 0.023  | 0.921 |
|                  | 42              | 43  | 2.6              | 0.0038                | 0.021 | 0.025 | 4.5   | 0.019  | 0.752 |
|                  | 43              | 44  | 2.16             | 0.0031                | 0.021 | 0.025 | 4.3   | 0.018  | 0.707 |
|                  | 44              | 45  | 34               | 0.0495                | 0.021 | 0.025 | 6.7   | 0.046  | 1.830 |
|                  | 45              | 46  | 21               | 0.0306                | 0.021 | 0.025 | 8.8   | 0.036  | 1.451 |
|                  | 46              | 47  | 9                | 0.0131                | 0.021 | 0.025 | 5.8   | 0.029  | 1.142 |

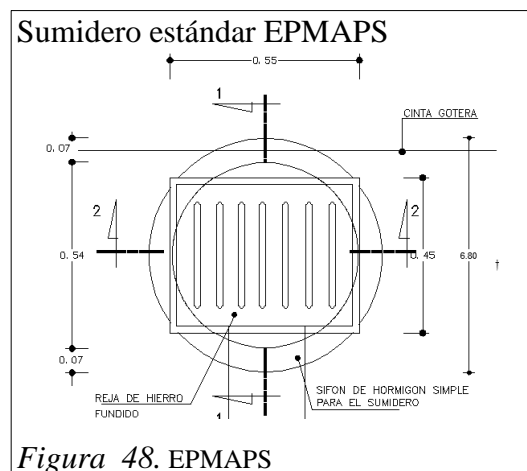
|           |      |     |       |        |       |       |      |       |       |
|-----------|------|-----|-------|--------|-------|-------|------|-------|-------|
|           | 47   | 48  | 4.24  | 0.0062 | 0.021 | 0.025 | 5.2  | 0.022 | 0.879 |
| CALLE B   | 406A | 36A | 11    | 0.0505 | 0.021 | 0.025 | 0.9  | 0.067 | 2.686 |
|           | 36A  | 36  | 11.6  | 0.0532 | 0.021 | 0.025 | 0.9  | 0.068 | 2.740 |
|           | 36   | 28  | 8.64  | 0.0396 | 0.021 | 0.025 | 0.5  | 0.068 | 2.739 |
|           | 28   | 31  | 12.61 | 0.0579 | 0.021 | 0.025 | 2.4  | 0.059 | 2.352 |
|           | 31   | 25  | 4     | 0.0184 | 0.021 | 0.025 | 2.9  | 0.037 | 1.476 |
|           | 25   | 22  | 23    | 0.1055 | 0.021 | 0.025 | 4.3  | 0.066 | 2.642 |
|           | 22   | 37  | 27    | 0.1239 | 0.021 | 0.025 | 3.4  | 0.073 | 2.932 |
|           | 37   | 38  | 2.15  | 0.0099 | 0.021 | 0.025 | 2.1  | 0.031 | 1.242 |
| CALLE SUR | 48   | 49  | 2.19  | 0.0035 | 0.021 | 0.025 | 7.4  | 0.017 | 0.664 |
|           | 49   | 50  | 3.52  | 0.0056 | 0.021 | 0.025 | 5.4  | 0.021 | 0.841 |
|           | 50   | 51  | 7     | 0.0111 | 0.021 | 0.025 | 6.1  | 0.027 | 1.064 |
|           | 51   | 52  | 5.1   | 0.0081 | 0.021 | 0.025 | 3.9  | 0.026 | 1.028 |
|           | 52   | 38  | 3     | 0.0048 | 0.021 | 0.025 | 0.5  | 0.031 | 1.238 |
|           | 38   | 53  | 4.3   | 0.0068 | 0.021 | 0.025 | 0.5  | 0.035 | 1.417 |
|           | 53   | 54  | 11.44 | 0.0182 | 0.021 | 0.025 | 4.9  | 0.033 | 1.333 |
|           | 54   | 55  | 5.21  | 0.0083 | 0.021 | 0.025 | 8.4  | 0.022 | 0.897 |
|           | 55   | 56  | 11.7  | 0.0186 | 0.021 | 0.025 | 7.2  | 0.031 | 1.251 |
|           | 56   | 57  | 8.44  | 0.0134 | 0.021 | 0.025 | 9.2  | 0.026 | 1.057 |
|           | 57   | 58  | 18.7  | 0.0297 | 0.021 | 0.025 | 5.8  | 0.039 | 1.553 |
|           | 58   | 59  | 19.4  | 0.0308 | 0.021 | 0.025 | 10.6 | 0.035 | 1.406 |
| CALL. N°  | 56   | 74A | 2     | 0.0071 | 0.021 | 0.025 | 4.5  | 0.024 | 0.954 |
|           | 74A  | 74  | 17    | 0.0607 | 0.021 | 0.025 | 0.8  | 0.074 | 2.942 |
|           | 74   | 75  | 24    | 0.0857 | 0.021 | 0.025 | 6    | 0.057 | 2.295 |
|           | 75   | 76  | 57    | 0.2035 | 0.021 | 0.025 | 6.6  | 0.078 | 3.118 |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

#### 4.1.8.3.4 Cálculo del caudal interceptado.

Se emplean los sumideros estándar de la EPMAPS como lo indica la figura 48 de sección 0.45X0.55m y área neta de los orificios igual al 40% del área bruta; se emplea la ecuación que la representa de acuerdo a las bases de diseño:



Ecuación 20. Caudal interceptado sumidero en solera de cuneta

$$Q = Cc * K * \left[ 1 - \frac{P}{100} \right] * L * B * [2 * g * H]^{\frac{1}{2}} \quad [m^3/s]$$

Donde:

Q = caudal interceptado por el sumidero [m<sup>3</sup>/s]

Cc = coeficiente para sumideros en cunetas con depresión, se emplea C=0.6

K = relación entre el área de orificios de la reja y su área total

P = porcentaje de obstrucción de la reja por basura, usar mínimo P=50

L = longitud del sumidero [m]

B = ancho del sumidero [m]

g = aceleración de la gravedad [m/s<sup>2</sup>]

H = profundidad de la cara superior de la reja respecto de la superficie del agua sobre la reja (yo)

Aplicando la ecuación anterior y conociendo el número de sumideros para cada tramo de vía se determina si son suficientes para captar el total de la escorrentía superficial; los resultados se resumen en la tabla a continuación:

Tabla 52.

*Caudales de interceptación*

| Nombre calle [m] | TRAMO POZO Nro. |       | Yo [m] | B [m] | L [m] | # sum | Qi [m <sup>3</sup> /s] | Qo [m <sup>3</sup> /s] | Qi/Qo  |
|------------------|-----------------|-------|--------|-------|-------|-------|------------------------|------------------------|--------|
| CALLE C          | 100             | 101   | 0.062  | 0.45  | 0.55  | 2     | 0.066                  | 0.043                  | 1.524  |
|                  | 101             | 1     | 0.066  | 0.45  | 0.55  | 2     | 0.068                  | 0.066                  | 1.035  |
|                  | 1               | 2     | 0.065  | 0.45  | 0.55  | 2     | 0.067                  | 0.050                  | 1.352  |
|                  | 2               | 3     | 0.039  | 0.45  | 0.55  | 4     | 0.104                  | 0.026                  | 3.974  |
|                  | 3               | 4     | 0.027  | 0.45  | 0.55  | 1     | 0.022                  | 0.009                  | 2.507  |
|                  | 4               | 5     | 0.043  | 0.45  | 0.55  | 2     | 0.055                  | 0.029                  | 1.902  |
|                  | 5               | 6     | 0.034  | 0.45  | 0.55  | 2     | 0.049                  | 0.014                  | 3.515  |
|                  | 6               | 7     | 0.029  | 0.45  | 0.55  | 6     | 0.135                  | 0.011                  | 11.972 |
|                  | 7               | 8     | 0.026  | 0.45  | 0.55  | 2     | 0.043                  | 0.009                  | 4.774  |
| 8                | 48              | 0.020 | 0.45   | 0.55  | 1     | 0.018 | 0.006                  | 3.063                  |        |
| SUR-ESTE         | 40              | 41    | 0.045  | 0.45  | 0.55  | 2     | 0.056                  | 0.022                  | 2.543  |
|                  | 41              | 13    | 0.029  | 0.45  | 0.55  | 2     | 0.045                  | 0.012                  | 3.876  |
|                  | 13              | 42    | 0.023  | 0.45  | 0.55  | 2     | 0.040                  | 0.006                  | 6.858  |
|                  | 42              | 43    | 0.019  | 0.45  | 0.55  | 1     | 0.018                  | 0.004                  | 4.765  |
|                  | 43              | 44    | 0.018  | 0.45  | 0.55  | 1     | 0.017                  | 0.003                  | 5.563  |
|                  | 44              | 45    | 0.046  | 0.45  | 0.55  | 4     | 0.113                  | 0.049                  | 2.274  |
|                  | 45              | 46    | 0.036  | 0.45  | 0.55  | 4     | 0.100                  | 0.031                  | 3.279  |
|                  | 46              | 47    | 0.029  | 0.45  | 0.55  | 1     | 0.022                  | 0.013                  | 1.697  |
| 47               | 48              | 0.022 | 0.45   | 0.55  | 1     | 0.020 | 0.006                  | 3.159                  |        |
| CALLE B          | 406A            | 36A   | 0.067  | 0.45  | 0.55  | 2     | 0.068                  | 0.050                  | 1.351  |
|                  | 36A             | 36    | 0.068  | 0.45  | 0.55  | 2     | 0.069                  | 0.053                  | 1.294  |
|                  | 36              | 28    | 0.068  | 0.45  | 0.55  | 4     | 0.138                  | 0.040                  | 3.473  |
|                  | 28              | 31    | 0.059  | 0.45  | 0.55  | 4     | 0.128                  | 0.058                  | 2.205  |

|           |     |     |       |      |      |    |       |       |       |
|-----------|-----|-----|-------|------|------|----|-------|-------|-------|
|           | 31  | 25  | 0.037 | 0.45 | 0.55 | 2  | 0.051 | 0.018 | 2.753 |
|           | 25  | 22  | 0.066 | 0.45 | 0.55 | 4  | 0.135 | 0.106 | 1.281 |
|           | 22  | 37  | 0.073 | 0.45 | 0.55 | 9  | 0.321 | 0.124 | 2.587 |
|           | 37  | 38  | 0.031 | 0.45 | 0.55 | 2  | 0.046 | 0.010 | 4.700 |
| CALLE SUR | 48  | 49  | 0.017 | 0.45 | 0.55 | 1  | 0.017 | 0.003 | 4.868 |
|           | 49  | 50  | 0.021 | 0.45 | 0.55 | 1  | 0.019 | 0.006 | 3.410 |
|           | 50  | 51  | 0.027 | 0.45 | 0.55 | 1  | 0.021 | 0.011 | 1.928 |
|           | 51  | 52  | 0.026 | 0.45 | 0.55 | 1  | 0.021 | 0.008 | 2.601 |
|           | 52  | 38  | 0.031 | 0.45 | 0.55 | 2  | 0.046 | 0.005 | 9.705 |
|           | 38  | 53  | 0.035 | 0.45 | 0.55 | 2  | 0.050 | 0.007 | 7.244 |
|           | 53  | 54  | 0.033 | 0.45 | 0.55 | 1  | 0.024 | 0.018 | 1.321 |
|           | 54  | 55  | 0.022 | 0.45 | 0.55 | 1  | 0.020 | 0.008 | 2.379 |
|           | 55  | 56  | 0.031 | 0.45 | 0.55 | 2  | 0.047 | 0.019 | 2.501 |
|           | 56  | 57  | 0.026 | 0.45 | 0.55 | 1  | 0.021 | 0.013 | 1.594 |
|           | 57  | 58  | 0.039 | 0.45 | 0.55 | 1  | 0.026 | 0.030 | 0.872 |
|           | 58  | 59  | 0.035 | 0.45 | 0.55 | 1  | 0.025 | 0.031 | 0.800 |
| CALLE N°  | 56  | 74A | 0.024 | 0.45 | 0.55 | 2  | 0.041 | 0.007 | 5.691 |
|           | 74A | 74  | 0.074 | 0.45 | 0.55 | 2  | 0.071 | 0.061 | 1.176 |
|           | 74  | 75  | 0.057 | 0.45 | 0.55 | 3  | 0.095 | 0.086 | 1.103 |
|           | 75  | 76  | 0.078 | 0.45 | 0.55 | 21 | 0.771 | 0.203 | 3.791 |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

De los resultados de la tabla anterior se tiene la certeza que la cantidad de sumideros necesarios por funciones básicas son suficientes y eficientes para captar toda escorrentía generada en la zona del proyecto.

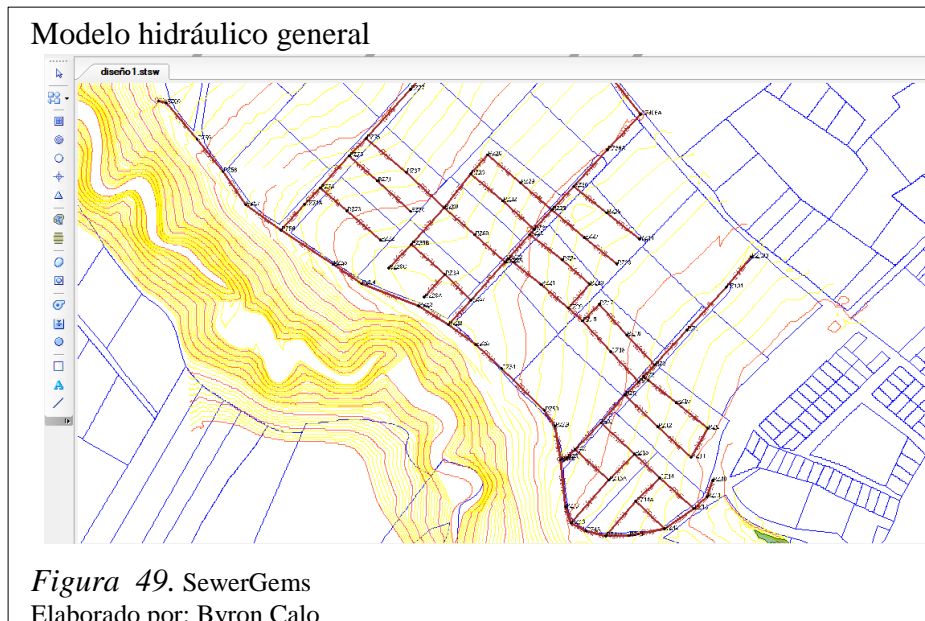
#### **4.1.8.4 Especificaciones técnicas.**

Las especificaciones técnicas del proyecto son las dispuestas por la Empresa de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS) en concordancia a los rubros necesarios para la construcción y extraídos del juego de planos. En el *anexo 21* se visualiza el texto completo de dichas especificaciones.

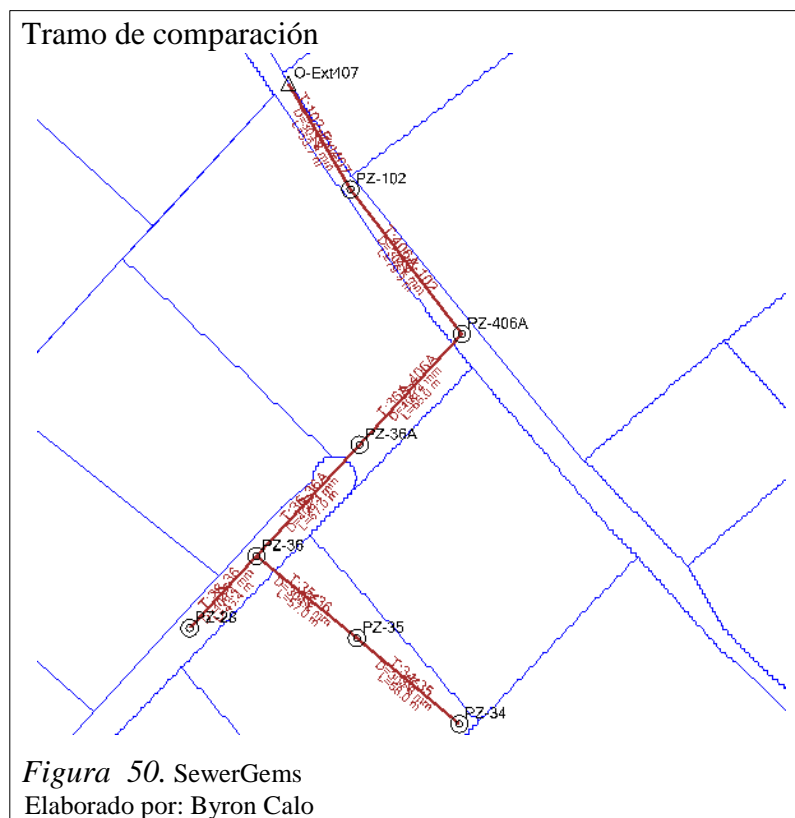
#### **4.1.8.5 Modelo hidráulico con software SewerGEMS V8i.**

El software es ampliamente aplicado para modelamiento y diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y drenaje pluvial urbano; para este se proyectó se empleará como medio de verificación de caudales, velocidades y cargas hidráulicas en las tuberías.

Para realizar el modelo es necesario introducir cotas tanto de terreno y proyecto, cargas sanitarias, material de tubería a emplearse, factores de mayoración de caudales y dotaciones. A continuación se muestra modelo de la red.



Luego de cargar todos los datos necesarios se analiza la red; para fines prácticos se comparan los resultados obtenidos del tramo que descarga hacia el pozo existente PZ407.



Los resultados del análisis hidráulico del tramo y su respectiva comparación con los datos obtenidos en la hoja de MS Excel se muestran en la tabla 53:



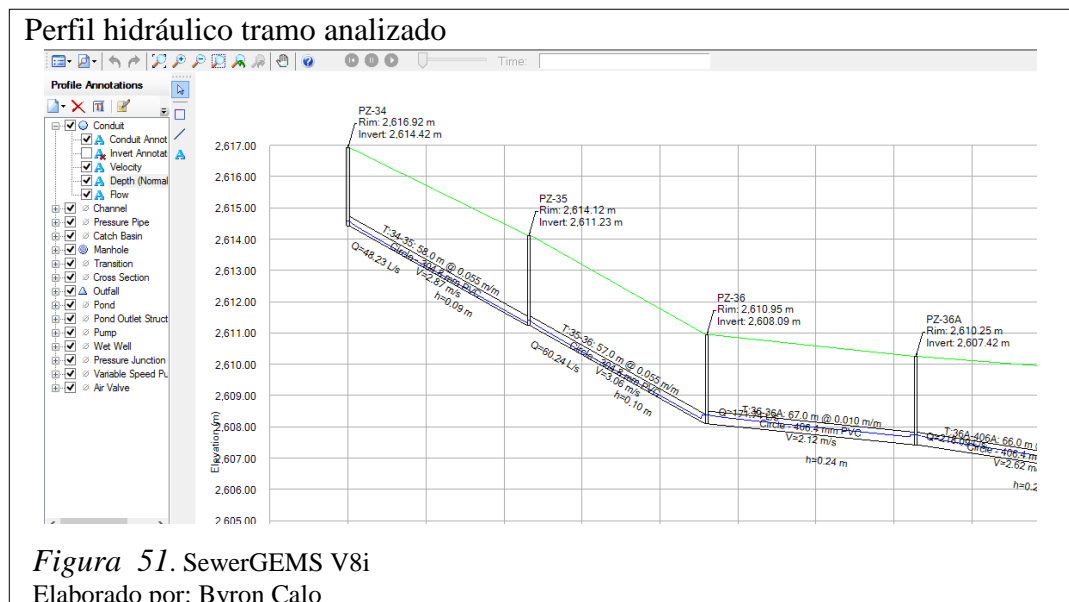
Tabla 53.

Comparación de resultados hidráulicos

| Tramo           | PROGRAMA SEGERGEMS |         |             | CALCULO EXCEL |         |             |
|-----------------|--------------------|---------|-------------|---------------|---------|-------------|
|                 | Q [l/s]            | V [m/s] | h flujo [m] | Q [l/s]       | V [m/s] | h flujo [m] |
| PZ (28-36)      | 58.27              | 1.45    | 0.14        | 58.27         | 1.45    | 0.165       |
| PZ (34-35)      | 48.23              | 2.87    | 0.09        | 48.23         | 2.87    | 0.086       |
| PZ (35-36)      | 60.24              | 3.06    | 0.1         | 60.25         | 3.05    | 0.096       |
| PZ (36-36A)     | 171.74             | 2.12    | 0.24        | 171.74        | 2.11    | 0.246       |
| PZ (36A-406A)   | 218.09             | 2.62    | 0.25        | 218.1         | 2.61    | 0.253       |
| PZ (406A-102)   | 218.09             | 4.39    | 0.2         | 218.1         | 4.37    | 0.19        |
| PZ (102-Ext407) | 218.09             | 4.39    | 0.2         | 218.1         | 4.37    | 0.19        |

Elaborado por: Byron Calo

La tabla anterior refleja que los resultados varían en un 4% con los calculados en el *anexo 11*; es decir los resultados son totalmente confiables. En la figura a continuación se muestra los parámetros que genera el programa.



## 4.2 Viabilidad financiera y económica

### 4.2.1 Metodología utilizada para el cálculo de la inversión total, costos de operación y mantenimiento, ingresos y beneficios.

Para la determinación de la inversión total se ha calculado los volúmenes de obra de acuerdo a los planos y especificaciones técnicas del proyecto; además en concordancia con la base de datos de precios unitarios de la EPMAPS.

Por otra parte, ya que se trata de un proyecto de inversión de carácter social se realizará la evaluación económica del mismo identificando impactos positivos y

negativos, es decir los beneficios sociales del proyecto como: población servida del lugar, ahorro de medicina, visitas al médico, deterioro ambiental, etc. Para el caso de ingresos se tomará en cuenta el cobro del servicio del alcantarillado, y de la instalación de la acometida domiciliaria.

#### 4.2.2 Identificación y valoración de la inversión total, costos de operación y mantenimiento, ingresos y beneficios.

a) Inversión: su valor se estima en 492925.05 dólares, que serán invertidos en la construcción del proyecto del sistema de alcantarillado El Chamizal en la parroquia El Quinche, provincia de Pichincha.

Para determinar el costo de construcción del proyecto se calculó los volúmenes de obra de acuerdo a los planos y análisis de precios unitarios (APU); en la tabla siguiente se resume el costo por componentes.

Tabla 54.  
*Costo inversión del proyecto*

| COMPONENTES  | VALOR \$  |
|--|-----------|
| 1. Expropiación y/o indemnización a predios por servidumbre de paso          | 69.60     |
| 2. Obras de conducción primarias y secundarias emplazadas en vías públicas   | 298516.05 |
| 3. Pozos de registro   | 69486.41  |
| 4. Obras de drenaje, recolección de aguas lluvias y conexiones domiciliarias | 56800.49  |
| 5. Planta de tratamiento y descarga hacia el cuerpo receptor                 | 68052.50  |
| <b>TOTAL: 492925.05 USD</b>  |           |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

b) Costos de operación y mantenimiento: comprende los gastos como sueldos a personal de inspección y manipulación de los diferentes elementos de la red, así como su respectiva reparación, los mismos que se han calculado para el primer año. Adicionalmente se ha considerado los sueldos del personal administrativo para el funcionamiento del sistema.

Tabla 55.  
*Costos de operación y mantenimiento primer año*

| RESUMEN DE LOS COSTOS OPERATIVOS PARA EL PRIMER AÑO DE OPERACIÓN |            |
|--|------------|
| COMPONENTES  | VALOR [\$] |
| Personal   | 7403.04    |
| Maquinaria, equipo y herramienta menor                           | 1497.48    |

|                     |                            |
|---------------------|----------------------------|
| Materiales          | 1228.02                    |
| Equipo de seguridad | 679.65                     |
|                     | $\Sigma =$ <b>10808.19</b> |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

El valor anterior se aplica para el primer año de funcionamiento del proyecto, es decir el año 2016, adicionalmente se calcula la depreciación durante la vida útil de cada activo fijo. El incremento de los costos de operación y mantenimiento se asume igual al 1% anual de acuerdo al índice de precios de la construcción (IPCO) de la Cámara de la Industria de la Construcción; en la tabla a continuación se resume los costos de operación y mantenimiento durante la vida útil.

Tabla 56.

*Costos anuales de O&M*

| DETERMINACIÓN DE LOS COSTO ANUALES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO |                      |                         |                        |
|---|----------------------|-------------------------|------------------------|
| AÑO   | COSTO OPERACIÓN [\$] | DEPRECIACIÓN ANUAL [\$] | TOTAL COSTO ANUAL [\$] |
| 2016  | 10808.19             | 16191.07                | 26999.25               |
| 2017  | 10916.27             | 16191.07                | 27107.33               |
| 2018  | 11025.43             | 16191.07                | 27216.50               |
| 2019  | 11135.68             | 16191.07                | 27326.75               |
| 2020  | 11247.04             | 16191.07                | 27438.11               |
| 2021  | 11359.51             | 16191.07                | 27550.58               |
| 2022  | 11473.11             | 16191.07                | 27664.17               |
| 2023  | 11587.84             | 16191.07                | 27778.90               |
| 2024  | 11703.72             | 16191.07                | 27894.78               |
| 2025  | 11820.75             | 16191.07                | 28011.82               |
| 2026  | 11938.96             | 16191.07                | 28130.03               |
| 2027  | 12058.35             | 16191.07                | 28249.42               |
| 2028  | 12178.93             | 16191.07                | 28370.00               |
| 2029  | 12300.72             | 16191.07                | 28491.79               |
| 2030  | 12423.73             | 16191.07                | 28614.80               |
| 2031  | 12547.97             | 16191.07                | 28739.03               |
| 2032  | 12673.45             | 16191.07                | 28864.51               |
| 2033  | 12800.18             | 16191.07                | 28991.25               |
| 2034  | 12928.18             | 16191.07                | 29119.25               |
| 2035  | 13057.47             | 16191.07                | 29248.53               |
| 2036  | 13188.04             | 16191.07                | 29379.11               |
| 2037  | 13319.92             | 16191.07                | 29510.99               |
| 2038  | 13453.12             | 16191.07                | 29644.19               |
| 2039  | 13587.65             | 16191.07                | 29778.72               |
| 2040  | 13723.53             | 16191.07                | 29914.59               |
| 2041  | 13860.76             | 16191.07                | 30051.83               |
| 2042  | 13999.37             | 16191.07                | 30190.44               |
| 2043  | 14139.36             | 16191.07                | 30330.43               |
| 2044  | 14280.76             | 16191.07                | 30471.82               |
| 2045  | 14423.56             | 16191.07                | 30614.63               |
| $\Sigma =$  | <b>375961.55</b>     | <b>485732.00</b>        | <b>861693.54</b>       |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

En el *anexo 22* se muestra de manera desagregada los costos de O&M y depreciación contemplados en el proyecto.

c) Ingresos: los ingresos principales se derivan de los cobros por el servicio de alcantarillado y conexiones a la red. Para el caso de usuarios del sector doméstico la EPMAPS define un pliego tarifario de 0.31\$/m<sup>3</sup> por consumo de agua potable; además el cobro por conexión a la red de alcantarillado es de 176.72 \$ para tuberías 160mm y un porcentaje del 16.6% del cobro de la planilla de agua se deriva al cobro por servicio de alcantarillado.

Tabla 57.

*Ingresos totales por venta de servicios alcantarillado*

| AÑO  | COBRO<br>ALCANTARILLADO [\$] | COBRO<br>ACOMETIDA [\$] | INGRESO TOTAL<br>SERVICIO [\$] |
|------|------------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 2016 | 1931.18                      | 36050.88                | 37982.06                       |
| 2017 | 2311.03                      | 36978.66                | 39289.69                       |
| 2018 | 2704.29                      | 37862.26                | 40566.55                       |
| 2019 | 3120.42                      | 38834.22                | 41954.64                       |
| 2020 | 3553.91                      | 39806.18                | 43360.09                       |
| 2021 | 3640.69                      | 40778.14                | 44418.83                       |
| 2022 | 3731.41                      | 41794.28                | 45525.69                       |
| 2023 | 3826.08                      | 42854.60                | 46680.68                       |
| 2024 | 3920.74                      | 43914.92                | 47835.66                       |
| 2025 | 4015.41                      | 44975.24                | 48990.65                       |
| 2026 | 4117.96                      | 46123.92                | 50241.88                       |
| 2027 | 4220.52                      | 47272.60                | 51493.12                       |
| 2028 | 4323.07                      | 48421.28                | 52744.35                       |
| 2029 | 4433.52                      | 49658.32                | 54091.84                       |
| 2030 | 4543.96                      | 50895.36                | 55439.32                       |
| 2031 | 4654.40                      | 52132.40                | 56786.80                       |
| 2032 | 4772.73                      | 53457.80                | 58230.53                       |
| 2033 | 4891.07                      | 54783.20                | 59674.27                       |
| 2034 | 5013.34                      | 56152.78                | 61166.12                       |
| 2035 | 5135.62                      | 57522.36                | 62657.98                       |
| 2036 | 5265.79                      | 58980.30                | 64246.09                       |
| 2037 | 5395.95                      | 60438.24                | 65834.19                       |
| 2038 | 5530.06                      | 61940.36                | 67470.42                       |
| 2039 | 5668.12                      | 63486.66                | 69154.78                       |
| 2040 | 5810.11                      | 65077.14                | 70887.25                       |
| 2041 | 5952.11                      | 66667.62                | 72619.73                       |
| 2042 | 6102.00                      | 68346.46                | 74448.46                       |
| 2043 | 6251.89                      | 70025.30                | 76277.19                       |
| 2044 | 6409.66                      | 71792.50                | 78202.16                       |
| 2045 | 6567.44                      | 73559.70                | 80127.14                       |
| Σ=   | <b>137814.49</b>             | <b>1580583.68</b>       | <b>1718398.17</b>              |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

La tabla anterior muestra los ingresos totales hasta el final del periodo de diseño del proyecto. Para determinar el número de acometidas se utilizó una densidad de 4

hab./conex. y se estableció que actualmente el 60% de la población posee el servicio de agua potable. El cálculo de los ingresos desagregado se encuentra en el *anexo 23*.

d) Beneficios valorados: los beneficios que genera un proyecto comprende todos los efectos positivos que se derivan de su ejecución; es decir se identifica el impacto del proyecto sobre la población objetivo. Para el caso de proyectos de saneamiento el principal beneficio se genera a través del ahorro por atención médica.

Los beneficios se deben comparar con las nuevas condiciones sanitarias versus las condiciones existentes; en la comparación incide los indicadores de salud establecidos en la sección 2.3 (línea base del proyecto). En la tabla a continuación se resume el beneficio valorado total hasta el año horizonte del proyecto.

Tabla 58.

*Beneficio valorado (atención médica).*

| AÑO       | BENEFICIO [\$] | AÑO  | BENEFICIO [\$]    |
|-----------|----------------|------|-------------------|
| 2016      | 28396.80       | 2031 | 41064.00          |
| 2017      | 29127.60       | 2032 | 42108.00          |
| 2018      | 29823.60       | 2033 | 43152.00          |
| 2019      | 30589.20       | 2034 | 44230.80          |
| 2020      | 31354.80       | 2035 | 45309.60          |
| 2021      | 32120.40       | 2036 | 46458.00          |
| 2022      | 32920.80       | 2037 | 47606.40          |
| 2023      | 33756.00       | 2038 | 48789.60          |
| 2024      | 34591.20       | 2039 | 50007.60          |
| 2025      | 35426.40       | 2040 | 51260.40          |
| 2026      | 36331.20       | 2041 | 52513.20          |
| 2027      | 37236.00       | 2042 | 53835.60          |
| 2028      | 38140.80       | 2043 | 55158.00          |
| 2029      | 39115.20       | 2044 | 56550.00          |
| 2030      | 40089.60       | 2045 | 57942.00          |
| $\Sigma=$ |                |      | <b>1245004.80</b> |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

La desagregación así como los indicadores económicos de los beneficios de muestran en el *anexo 24*.

#### **4.2.3 Flujos financieros y económicos.**

En la tabla 60 se detallan las variaciones de entradas y salidas de caja, para el periodo de diseño del proyecto.

#### 4.2.4 Indicadores económicos.

Los indicadores de rentabilidad del proyecto más relevantes son la tasa interna de retorno (TIR), el valor actual neto (VAN) y la relación beneficio costo. Para el cálculo de los indicadores se considera la vida útil del proyecto de 30 años; además de una tasa de interés del mercado igual a 12%.

Tabla 59.

*Indicadores de rentabilidad del proyecto*

| INDICADORES    | VALOR    |
|----------------|----------|
| TIRe           | 13.67%   |
| VANe (dólares) | 72666.91 |
| RBCe           | 1.12     |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

Como se observa los indicadores del proyecto son positivos y adicionalmente generaría una ganancia a largo plazo; en consecuencia la ejecución del proyecto resulta conveniente.

Tabla 60.

*Flujo de caja del proyecto*

| RUBROS                     | AÑOS              |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|----------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                            | 0                 | 1               | 2               | 3               | 4               | 5               | 6               | 7               | 8               | 9               | 10              | 11              | 12              | 13              | 14              | 15              |
| <b>INGRESOS/BENEFICIOS</b> |                   |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Ingresos por venta         | 0.00              | 37982.06        | 39289.69        | 40566.55        | 41954.64        | 43360.09        | 44418.83        | 45525.69        | 46680.68        | 47835.66        | 48990.65        | 50241.88        | 51493.12        | 52744.35        | 54091.84        | 55439.32        |
| Beneficios valorados       | 0.00              | 28396.80        | 29127.60        | 29823.60        | 30589.20        | 31354.80        | 32120.40        | 32920.80        | 33756.00        | 34591.20        | 35426.40        | 36331.20        | 37236.00        | 38140.80        | 39115.20        | 40089.60        |
| Valor residual             | 0.00              | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            |
| <b>TOTAL BENEFICIOS</b>    | <b>0.00</b>       | <b>66378.86</b> | <b>68417.29</b> | <b>70390.15</b> | <b>72543.84</b> | <b>74714.89</b> | <b>76539.23</b> | <b>78446.49</b> | <b>80436.68</b> | <b>82426.86</b> | <b>84417.05</b> | <b>86573.08</b> | <b>88729.12</b> | <b>90885.15</b> | <b>93207.04</b> | <b>95528.92</b> |
| <b>EGRESOS O COSTOS</b>    |                   |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| Inversión                  | 492925.05         | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            | 0.00            |
| Costos de O&M              | 0.00              | 10808.19        | 10916.27        | 11025.43        | 11135.68        | 11247.04        | 11359.51        | 11473.11        | 11587.84        | 11703.72        | 11820.75        | 11938.96        | 12058.35        | 12178.93        | 12300.72        | 12423.73        |
| <b>TOTAL COSTOS</b>        | <b>492925.05</b>  | <b>10808.19</b> | <b>10916.27</b> | <b>11025.43</b> | <b>11135.68</b> | <b>11247.04</b> | <b>11359.51</b> | <b>11473.11</b> | <b>11587.84</b> | <b>11703.72</b> | <b>11820.75</b> | <b>11938.96</b> | <b>12058.35</b> | <b>12178.93</b> | <b>12300.72</b> | <b>12423.73</b> |
| <b>F.N.C [B-C]</b>         | <b>-492925.05</b> | <b>55570.68</b> | <b>57501.02</b> | <b>59364.72</b> | <b>61408.16</b> | <b>63467.85</b> | <b>65179.72</b> | <b>66973.38</b> | <b>68848.84</b> | <b>70723.15</b> | <b>72596.30</b> | <b>74634.12</b> | <b>76670.77</b> | <b>78706.22</b> | <b>80906.31</b> | <b>83105.19</b> |

$$VA = \frac{[B - C]}{[1 + i]^t} = \begin{matrix} -492925.05 & 49616.68 & 45839.46 & 42254.63 & 39025.99 & 36013.36 & 33022.07 & 30295.36 & 27806.89 & 25503.48 & 23374.06 & 21455.53 & 19679.48 & 18037.43 & 16555.03 & 15183.01 \end{matrix}$$

| RUBROS                     | AÑOS            |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |
|----------------------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--|
|                            | 16              | 17               | 18               | 19               | 20               | 21               | 22               | 23               | 24               | 25               | 26               | 27               | 28               | 29               | 30               |  |
| <b>INGRESOS/BENEFICIOS</b> |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |
| Ingresos por venta         | 56786.80        | 58230.53         | 59674.27         | 61166.12         | 62657.98         | 64246.09         | 65834.19         | 67470.42         | 69154.78         | 70887.25         | 72619.73         | 74448.46         | 76277.19         | 78202.16         | 80127.14         |  |
| Beneficios valorados       | 41064.00        | 42108.00         | 43152.00         | 44230.80         | 45309.60         | 46458.00         | 47606.40         | 48789.60         | 50007.60         | 51260.40         | 52513.20         | 53835.60         | 55158.00         | 56550.00         | 57942.00         |  |
| Valor residual             | 0.00            | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             |  |
| <b>TOTAL BENEFICIOS</b>    | <b>97850.80</b> | <b>100338.53</b> | <b>102826.27</b> | <b>105396.92</b> | <b>107967.58</b> | <b>110704.09</b> | <b>113440.59</b> | <b>116260.02</b> | <b>119162.38</b> | <b>122147.65</b> | <b>125132.93</b> | <b>128284.06</b> | <b>131435.19</b> | <b>134752.16</b> | <b>138069.14</b> |  |
| <b>EGRESOS O COSTOS</b>    |                 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |  |
| Inversión                  | 0.00            | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             | 0.00             |  |
| Costos de O&M              | 12547.97        | 12673.45         | 12800.18         | 12928.18         | 13057.47         | 13188.04         | 13319.92         | 13453.12         | 13587.65         | 13723.53         | 13860.76         | 13999.37         | 14139.36         | 14280.76         | 14423.56         |  |
| <b>TOTAL COSTOS</b>        | <b>12547.97</b> | <b>12673.45</b>  | <b>12800.18</b>  | <b>12928.18</b>  | <b>13057.47</b>  | <b>13188.04</b>  | <b>13319.92</b>  | <b>13453.12</b>  | <b>13587.65</b>  | <b>13723.53</b>  | <b>13860.76</b>  | <b>13999.37</b>  | <b>14139.36</b>  | <b>14280.76</b>  | <b>14423.56</b>  |  |
| <b>F.N.C [B-C]</b>         | <b>85302.84</b> | <b>87665.09</b>  | <b>90026.09</b>  | <b>92468.74</b>  | <b>94910.12</b>  | <b>97516.05</b>  | <b>100120.67</b> | <b>102806.90</b> | <b>105574.73</b> | <b>108424.13</b> | <b>111272.17</b> | <b>114284.69</b> | <b>117295.82</b> | <b>120471.41</b> | <b>123645.58</b> |  |

$$VA = \frac{[B - C]}{[1 + i]^t} = \begin{matrix} 13914.74 & 12767.92 & 11706.96 & 10736.25 & 9839.02 & 9026.05 & 8274.22 & 7585.91 & 6955.48 & 6377.87 & 5844.10 & 5359.22 & 4911.09 & 4503.62 & 4127.03 \end{matrix}$$

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

#### 4.2.5 Análisis de sensibilidad.

En los proyectos inversión, sean financieros o económicos la variación de los ingresos como de costos pueden variar en el tiempo, por tal razón siempre existe un riesgo al invertir; con estos antecedentes se realiza variaciones de los componentes del flujo de caja hasta igualar a la tasa interés del mercado del 12%.

Tabla 61.  
*Análisis de sensibilidad*

| ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD ECONÓMICA |         |             |          |        |      |
|------------------------------------|---------|-------------|----------|--------|------|
| RUBROS                             | AUMENTO | DISMINUCIÓN | VAN [\$] | TIR    | B/C  |
| Ingresos                           |         | 5.00%       | 53587.68 | 13.24% | 1.09 |
| Ingresos                           |         | 10%         | 34508.45 | 12.80% | 1.06 |
| Ingresos                           |         | 15%         | 15429.22 | 12.36% | 1.03 |
| Ingresos                           |         | 19.05%      | -24.96   | 12.00% | 1.00 |
| Beneficios                         |         | 10%         | 44882.59 | 13.04% | 1.08 |
| Beneficios                         |         | 20%         | 17098.27 | 12.40% | 1.03 |
| Beneficios                         |         | 25.00%      | 3206.11  | 12.07% | 1.01 |
| Beneficios                         |         | 26.10%      | 149.84   | 12.00% | 1.00 |
| Costos de O&M                      | 40%     |             | 35132.57 | 12.81% | 1.06 |
| Costos de O&M                      | 60%     |             | 16365.41 | 12.38% | 1.03 |
| Costos de O&M                      | 70%     |             | 6981.82  | 12.16% | 1.01 |
| Costos de O&M                      | 77.50%  |             | -55.86   | 12.00% | 1.00 |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

### 4.3 Análisis de sostenibilidad

#### 4.3.1 Sostenibilidad económica – financiera.

Ya que se trata de un proyecto de inversión social no se espera obtener beneficios monetarios, pero sí beneficios sociales. Además como resultado del análisis económico (VANe, TIRe, B/Ce) el proyecto es totalmente sostenible.

Asimismo los habitantes del sector El Chamizal han mostrado estar dispuestos a colaborar durante el periodo de construcción y operación con la ayuda de mingas de ser necesarias, en coordinación con los técnicos de la empresa de saneamiento; esto se determinó en la encuesta realizada.



### 4.3.2 Análisis de impacto ambiental y de riesgos.

Previamente de acuerdo a la ley ambiental vigente todo proyecto, en este caso público se deberá regularizar de acuerdo a la lista del Ministerio de Ambiente llamado “Categorización Ambiental Nacional”; consecuentemente de acuerdo al Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA) que se muestra en la tabla siguiente su categoría es:

Tabla 62.

#### *Categorización ambiental del proyecto*

| CÓDIGO CCAN | DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES   | CATEGORÍA |
|-------------|--|-----------|
| 23.4.2.2.5  | Operación, rehabilitación y mejoramiento de sistemas de alcantarillado combinado | II        |
| 94.2.3.7    | Construcción y operación de tanques sépticos y servicios relacionados            | I         |

Nota. Catálogo de Categorización Ambiental Nacional  
Elaborado por: Byron Calo

El proyecto contempla más de una actividad descrita en el catálogo, por tal razón el SUMA establece que se deberá iniciar el proceso con la actividad de mayor categoría (jerarquía), es decir **categoría II**.

Además puesto que se trata de un proyecto de titulación (tesis) no se realiza el registro del mismo en el sistema único de información ambiental (SUIA) de la plataforma virtual del Ministerio de Ambiente y consecuentemente no se puede obtener el certificado de intersección del proyecto. Seguidamente se presenta la Ficha Ambiental elaborada de acuerdo al manual de su categoría.

#### **4.3.2.1 Proyecto, obra o actividad.**

Sistema de alcantarillado para el sector el Chamizal de la Parroquia el Quinche, Cantón Quito, Provincia de Pichincha.

#### **4.3.2.2 Actividad económica.**

Código 23.4.2.2.5.

### 4.3.2.3 Datos generales.

#### 4.3.2.3.1 Sistema de coordenadas.

A continuación se expone las coordenadas de implantación de los pozos de inspección previstos.

Tabla 63.

#### Coordenadas implantación proyecto (pozos)

| Sistema de coordenadas UTM WGS84 Zona 17S. |        |            |         |  |
|--|--------|------------|---------|--|
| Este (X):                                  |        | Norte (Y): |         | Altitud: (msnm)  |
| 800871                                     | 800781 | 9988384    | 9988902 | DESARROLLO<br>DEL PROYECTO:<br><br>2500 m.s.n.m<br>A<br>2630 m.s.n.m |
| 800853                                     | 800602 | 9988369    | 9988708 |  |
| 800849                                     | 800593 | 9988438    | 9988557 |  |
| 800872                                     | 800597 | 9988478    | 9988704 |  |
| 800813                                     | 800488 | 9988341    | 9988655 |  |
| 800765                                     | 800551 | 9988334    | 9988653 |  |
| 800807                                     | 800618 | 9988412    | 9988810 |  |
| 800775                                     | 800558 | 9988377    | 9988592 |  |
| 800829                                     | 800480 | 9988512    | 9988644 |  |
| 800734                                     | 800520 | 9988333    | 9988620 |  |
| 800805                                     | 800594 | 9988479    | 9988784 |  |
| 800843                                     | 800440 | 9988611    | 9988694 |  |
| 800931                                     | 800516 | 9988710    | 9988686 |  |
| 800896                                     | 800556 | 9988667    | 9988740 |  |
| 800707                                     | 800732 | 9988339    | 9988965 |  |
| 800772                                     | 800470 | 9988444    | 9988727 |  |
| 800800                                     | 800428 | 9988564    | 9988732 |  |
| 800785                                     | 800574 | 9988548    | 9988849 |  |
| 800738                                     | 800403 | 9988407    | 9988675 |  |
| 800778                                     | 800551 | 9988541    | 9988823 |  |
| 800687                                     | 800515 | 9988352    | 9988777 |  |
| 800759                                     | 800705 | 9988521    | 9989011 |  |
| 800762                                     | 800470 | 9988606    | 9988773 |  |
| 800679                                     | 800383 | 9988371    | 9988772 |  |
| 800727                                     | 800364 | 9988486    | 9988698 |  |
| 800740                                     | 800424 | 9988582    | 9988813 |  |
| 800692                                     | 800463 | 9988448    | 9988824 |  |
| 800749                                     | 800347 | 9988701    | 9988804 |  |
| 800780                                     | 800326 | 9988732    | 9988781 |  |
| 800725                                     | 800630 | 9988646    | 9989107 |  |
| 800681                                     | 800578 | 9988437    | 9989054 |  |
| 800672                                     | 800589 | 9988436    | 9989071 |  |
| 800712                                     | 800637 | 9988673    | 9989114 |  |
| 800702                                     | 800294 | 9988624    | 9988746 |  |
| 800665                                     | 800386 | 9988480    | 9988846 |  |
| 800705                                     | 800530 | 9988737    | 9989002 |  |
| 800735                                     | 800469 | 9988768    | 9988936 |  |
| 800683                                     | 800409 | 9988642    | 9988871 |  |
| 800675                                     | 800599 | 9988704    | 9989150 |  |
| 800651                                     | 800247 | 9988502    | 9988781 |  |
| 800646                                     | 800631 | 9988672    | 9988740 |  |
| 800661                                     | 800637 | 9988773    | 9988747 |  |
| 800690                                     | 800736 | 9988804    | 9988853 |  |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

#### 4.3.2.3.2 Estado del proyecto, obra o actividad.

Tabla 64.

##### *Estado del proyecto*

|              | ESTADO                              |
|--------------|-------------------------------------|
| Construcción | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Operación    | <input checked="" type="checkbox"/> |
| Cierre       | <input type="checkbox"/>            |
| Abandono     | <input type="checkbox"/>            |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

#### 4.3.2.3.3 Dirección.

Barrios Nuevo Amanecer I,II, III, IV y Barrio Huertos el Chamizal, Sector el Chamizal, de la parroquia El Quinche. Cantón Quito, ciudad Quito, Provincia de Pichincha, zona actualmente delimitada, periférica y perteneciente a la zona rural.

#### 4.3.2.3.4 Datos del promotor.

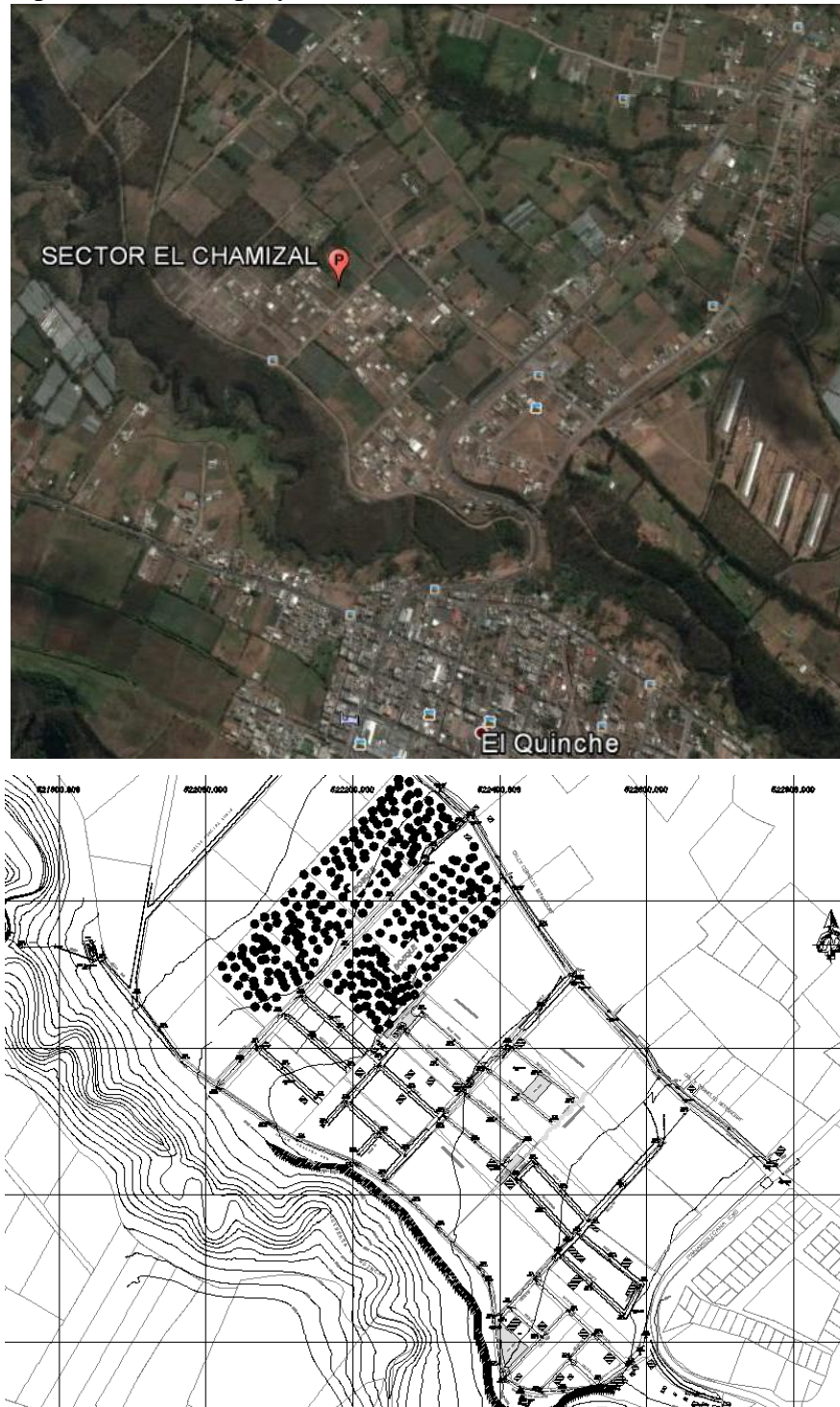
Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento del Distrito Metropolitano de Quito. Ubicado en la avenida Mariana de Jesús entre Alemania e Italia.

Teléfono: 294400-5426

#### 4.3.2.3.5 Características de la zona.

El proyecto abarca 27 Ha; la infraestructura existente es principalmente de tipo residencial y de servicio de agua potable. El mapa del sitio se muestra en la figura 52.

### Mapa de ubicación proyecto El Chamizal



*Figura 52.* Google Earth  
Elaborado por: Byron Calo

#### *4.3.2.3.6 Equipos y accesorios principales a instalar.*

Para la **fase de ampliación y construcción** de la red de alcantarillado, la infraestructura a instalar (accesorios y equipos) es la siguiente:

- a) Tuberías de PVC de 300 mm a 600mm de diámetro: Incluye tubería plástica entre 6 a 9 metros de longitud, con uniones elastoméricas.
- b) Pozos de revisión tipo B1: estructuras de hormigón simple de forma circular, con losa de hormigón armado, tapas y cerco (D=600mm) de hierro fundido y peldaños (estribos de 18mm).
- c) Conexiones domiciliarias: incluye tubería plástica de 160mm, Silla Yee de 300x160mm y 400x160mm, caja de revisión de 0.60x0.60m.
- d) Sumideros de calzada: incluye estructura de hormigón simple, pata de hormigón armado, rejilla, cerco de HF, empate a pozo.
- e) Tratamiento de aguas residuales: incluye fosa séptica, filtro anaerobio de hormigón armado y lecho para secado de lodos construido en hormigón simple.

En esta fase se emplearán retroexcavadores, volquetas, bobcat, compactador, apisonadoras, encofrados, concreteras, equipos y herramientas menores.

Por otra parte para la **fase de operación y mantenimiento** (incluye reparación y cambio) de la red de alcantarillado se podrá utilizar: equipos robotizados para la observación dentro de la tubería, hidrosuccionadores para la limpieza y deseobstaculizar, bombas, compresores, equipos y herramientas menores para mantenimiento de los pozos de revisión, sumideros y conexiones; finalmente para la limpieza de la fosa séptica y lecho secado se empleará un vehículo extractor de lodos. Para daños graves en la tubería, como reparaciones por roturas o aplastamiento será necesario equipos tales como retroexcavadoras, herramientas y equipos menores, estas serán específicas y puntuales en tramos o sitios afectados.

#### *4.3.2.3.7 Descripción de la materia prima utilizada.*

Para la ejecución del proyecto se requerirá el siguiente material:

Tabla 65.

*Materia prima a emplearse*

| ETAPA CONSTRUCCIÓN  | ETAPA O&M                                  |
|---|--|
| Material pétreo   | Material pétreo                            |
| Hierro estructural (Fy=4200 kg/cm <sup>2</sup> )                            | Cemento                                    |
| Tubería Plástica PVC UE de Alcantarillado diferentes diámetros 300 a 600 mm | Tramos de tubería de PVC UE alcantarillado |
| Cemento   | Madera para encofrado                      |
| Agua  | Agua                                       |
| Tableros de madera para encofrado   | Agua residual                              |
| Tableros metálicos o de madera para apuntalamiento                          | Material para apuntalamiento o entibado    |
| Morteros e impermeabilización de paredes de hormigón con aditivos.          |  |
| Rejilla HF  |  |
| Grava y arena para filtros  |  |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

*4.3.2.3.8 Requerimiento de personal.*

- a) Para la fase de construcción: el personal mínimo requerido es de aproximadamente 24 personas: conformado principalmente por residente de obra (ingeniero civil), topógrafo, un personal especializado para los temas específicos de Ambiente y Seguridad Industrial, trabajadores como maestros, albañiles, peones, ayudantes y operador de retroexcavadora y equipos. El contratista adjudicado tendrá la opción prescindir del personal que sea necesario, siendo el número fluctuante de acuerdo a la capacidad de pago del contratista, quien libremente podrá adelantar el proyecto contratando más personal o avanzar según el cronograma sugerido.
  
- b) Para la fase operación y mantenimiento (O&M): para las actividades de limpieza y rehabilitación, la EPMAPS cuenta con cuadrillas y/o unidades para cada zona del Distrito Metropolitano de Quito; estas unidades realizarán el mantenimiento de los componentes del sistema, controlando los aspectos vulnerables en zonas de riesgo, roturas de tuberías, daños en pozos de inspección, sifones, hundimientos, taponamientos, daños en las estructuras de tratamiento y obra de descarga.

Asimismo si la situación lo amerita se puede emplear equipos robotizados para desplazarse al interior de las tuberías y tomar decisiones oportunas de intervención.

*4.3.2.3.9 Espacio físico para la construcción o implementación del proyecto.*

- a) Espacio físico: 11000 m<sup>2</sup>, que corresponde al área de instalación de tubería y colocación de protecciones en las zanjas, bodegas, campamento provisional, señalizaciones, cinta reflectiva, avisos informativos, rotulación y otros.
- b) Tipo de terreno: las obras se emplazarán sobre calles o vías primarias, secundarias y sobre el talud de la quebrada “El Quinche”; la topografía del sector mantiene una baja pendiente positiva y constante con presencia de suelos limos – arenosos, de mediana cohesión (Cangahua).
- c) Consumo esperado de agua potable: pruebas hidrostáticas en red de alcantarillado (D.I de 300mm) 7m<sup>3</sup> por tramo de 100m.
- d) Consumo de energía eléctrica: aproximadamente 40 Kw/mes para el área de sitios de obra y bodegas.
- e) Telefonía: fija y móvil
- f) Acceso vehicular: automóviles, camiones, camionetas, maquinaria pesada.
- g) Facilidades de transporte: transporte público rural, inter-provincial e inter-parroquial.

*4.3.2.3.10 Acuerdos de negociación de tierras.*

La mayoría de conexiones, tuberías, pozos y descarga van por calles abiertas y hacia redes existentes del sector; pero en la fase de diseño se identificó dos servidumbres de paso que van por la intersección entre la calle ‘J’ y ‘M1’ las cuales se encuentran en proceso de legalización.

El procedimiento para indemnización/expropiación a predios afectados es establecido en el Código orgánico de organización territorial, autonomías y descentralización (COOTAD), disposiciones comunes y especiales de los Gobiernos Autónomos Descentralizados y disposiciones especiales de los Gobiernos Metropolitanos y Municipales. En todo caso los permisos deberán ser tramitados previos al inicio de construcción.

*4.3.2.3.11 Datos generales (coordenadas) de la zona de implantación del proyecto.*

Tabla 66.  
*Polígono de implantación*

| E [m]  | N [m]   |
|--------|---------|
| 800765 | 9988334 |
| 800931 | 9988710 |
| 800637 | 9989114 |
| 800294 | 9988746 |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

La tabla anterior se encuentra en el sistema de coordenadas UTM WGS84 Zona 17-S. La altitud de la zona del proyecto oscila de 2500 a 2630 msnm.

**4.3.2.4 Marco legal referencial.**

Tabla 67.

*Marco legal de referencia*

| MARCO LEGAL   |   |
|---|---|
| Ley de Gestión Ambiental  | Capítulo II, artículo 19 Evaluación de Impacto Ambiental y del Control Ambiental de obras públicas, privadas o mixtas.<br>El artículo 21 establece de los sistemas de manejo ambiental y artículo 23 que define los componentes de la evaluación de impacto ambiental.  |
| Ley de Empresas Públicas  | Art. 3.- PRINCIPIOS.- Las empresas públicas se rigen algunos principios, uno de ellos se refiere a lo siguiente:<br>3. Actuar con eficiencia, racionalidad, rentabilidad y control social en la exploración, explotación e industrialización de los recursos naturales renovables y no renovables y en la comercialización de sus productos derivados, preservando el ambiente. |
| Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente | Que incluye: Anexos de agua, suelo, aire.<br>Acuerdo N° 006: Reformar el Título I y IV del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio de Ambiente, emitido el 18 de febrero 2014.<br>Acuerdo N° 068: Reforma Libro VI, Título I: Sistema Único de Manejo Ambiental (SUMA).   |



|  |   |
|--|---|
|  | <p>Acuerdo N° 161: Reforma al Libro VI: prevención y control de la contaminación por sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales.</p> <p>Acuerdo N° 026: Procedimiento de registro de generadores de desechos peligrosos</p> <p>Acuerdo N° 142: Listado Nacional de sustancias químicas peligrosas, desechos peligrosos y especiales.</p>  |
| Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo   | El objetivo de este reglamento es prevenir, disminuir o eliminar los riesgos del trabajo y el mejoramiento del ambiente laboral y en todo centro de trabajo.  |
| Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización   | Impulsa procesos efectivos de autonomía, descentralización y desconcentración estableciendo un esquema ordenado de asignación de competencias para lograr un desarrollo territorial equilibrado con la gestión coordinada de todos los niveles de gobierno.   |
| Reglamento de Seguridad y Salud para la Construcción y Obras Públicas  | <p>Publicado en el Registro oficial N° 249, el 10 de enero de 2008, N° 174. Reglamenta las actividades, construcción y obras públicas en orden a prevenir riesgos de accidentes de trabajo que afectan a los trabajadores de esta actividad económica.</p> <p>Artículos 21 al 30, 38 relativos a instalaciones provisionales. Art. 41.- Excavación</p> <p>Art. 64, 65 relativo a levantamiento de cargas. CAPITULO VII: PROTECCION INDIVIDUAL, artículos 117, 118. CAPITULO VIII: SEÑALIZACION DE SEGURIDAD</p> |
| Ordenanza Metropolitana No. 213 (404)  | <p>Sustitutiva del Título V, “Del Medio Ambiente” del Libro Segundo del Código Municipal. Capítulo III De La Contaminación Vehicular:</p> <p>Art. II.373.8 Vehículos sujetos a revisión vehicular.</p>  |
| Ordenanza 332 Gestión Integral de Residuos Sólidos del DMQ   | <p>Subsección II: Recolección especial de escombros y otros:</p> <p>-Artículo N° 39. Recolección de escombros</p> <p>-Artículo N° 41: Obligación del productor (constructor)</p> <p>Subsección IV: Disposición final de residuos sólidos escombros y otros:</p> <p>-Artículo N° 62: Sitios de Recepción</p>   |
| Acuerdo Ministerial N°066 Instructivo al Reglamento de Aplicación de los Mecanismos de Participación Social establecido en el Decreto N°1040 | <p>-Artículos N°31: Realización de una reunión informativa para proyectos categoría II</p> <p>- Artículo N° 32: incluir en la ficha ambiental la documentación y respaldos para verificar los mecanismos de participación social.</p>   |

Nota. EPMAPS

Elaborado por: Byron Calo

#### ***4.3.2.5 Descripción del proyecto.***

La implementación de la red de alcantarillado se realizará en áreas que se incorporan al desarrollo de la zona rural como son los barrios del sector El Chamizal.

La zona donde se desarrollan los estudios de la red de alcantarillado están ubicados al Norte de la cabecera parroquial, en la zona rural de la parroquia El Quinche y está bajo dependencia de la Administración Tumbaco.

El proyecto corresponde a redes de alcantarillado con tuberías plásticas de 300, 400, 450, 500 y 600mm de diámetro en una longitud de 5032m; por las características topográficas el proyecto contempla dos descargas de las aguas servidas. El 65% de las aguas residuales se descargará a la red existente 'La Esperanza' y su remanente a la quebrada 'El Quinche' previo tratamiento primario.

La red proyectada es de tipo combinado y por otra parte las redes existentes tienen la capacidad suficiente para recibir los caudales generados. Adicionalmente se debe destacar que el tratamiento cumple con los requisitos de descarga hacia el cuerpo receptor y consiste en una fosa séptica complementada con un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA).



Finalmente se realiza una descripción individual de la infraestructura a construir en sus diferentes etapas.

#### *4.3.2.5.1 Fase constructiva.*

- a) Oficinas y bodegas: son construcciones para el desarrollo de actividades del personal técnico y trabajadores del proyecto, pueden ser provisionales o arrendadas. El espacio mínimo de bodega será de 10-15m<sup>2</sup> y para oficinas 5-8m<sup>2</sup> y deberán poseer servicios básicos.
- b) Redes de alcantarillado: el sector 'El Chamizal' no cuenta con redes de alcantarillado, consecuentemente se instalarán 5030m de tubería en calles ya definidas.
- c) Conexiones domiciliarias: se instalarán 146 conexiones domiciliarias que accederán directamente a la red una vez concluida la obra, tendrán un diámetro mínimo de 160 mm y una pendiente que varía entre el 2 y el 15 %; se iniciarán en una caja de revisión y deberán unirse a la tubería matriz con un ángulo comprendido entre 45° y 60°. La unión será hermética para impedir el ingreso de caudales de infiltración.
- d) Pozos de revisión: Se instalarán 85 pozos de revisión tipo B1, los cuales se han diseñado cumpliendo los requerimientos de las normas de diseño, al inicio de tramos de cabecera, y en todo cambio de pendiente, dirección y sección. También se prevé la construcción de 3 pozos de salto de H.A a fin de no exceder las velocidades máximas permisibles.
- e) Separador de caudales: puesto que se trata de un sistema de alcantarillado combinado se emplea una estructura de separación que incluye un canal elevado con vertederos laterales de H.A que en época de lluvias desviará el caudal de escorrentía hacia la descarga a la quebrada.
- f) Tratamiento de aguas residuales: el tratamiento consiste en una fosa séptica que será la encargada de la digestión anaerobia de los sólidos depositados en el fondo, esta fosa séptica se complementará con un filtro de flujo ascendente

que será responsable de la estabilización de la materia orgánica y filtrado de sólidos que pudiesen existir. Como resultado de la acumulación de lodos se dimensionó un lecho de secado que será el encargado de la deshidratación de los lodos digeridos provenientes de la fosa séptica.

- g) Descarga: la descarga consta de 2 tramos. En el primer tramo se construirá un canal escalonado de 0.7x0.8m de sección de hormigón simple reforzado con mallas electrosoldadas; el segundo tramo comprende tubería PVC de 450mm de diámetro que a su llegada al cuerpo receptor será interceptado por una estructura de disipación de energía de tipo impacto.

#### *4.3.2.5.2 Fase de operación y mantenimiento.*

- a) Operación: para estas acciones la EPMAPS tiene la total competencia a través de visitas periódicas. Sin embargo durante la fase de entrega provisional y definitiva de la obra se deberá verificar el correcto funcionamiento de las nuevas redes.
- b) Mantenimiento de infraestructura instalada: las principales actividades de la Empresa Pública será: limpieza de obstrucciones y taponamientos, revisión de roturas en la red y otros problemas generados por hundimientos, desniveles, erosión, alto tráfico vehicular, y extracción de lodos; lo que se lleva a cabo con una frecuencia semestral o en atención especial en caso de emergencias, las que conllevan acción inmediata.

Los insumos empleados pueden ser vehículo hidrosuctionador, robot, camioneta, volqueta, mangueras, compresor, camionetas, martillo neumático, compactador y herramienta menor, agua, y desinfectantes, transporte (camioneta, volqueta), herramientas menores, equipos de monitoreo de campo, equipos de seguridad industrial y desinfectantes para limpieza y desinfección de estructuras de tratamiento.

Se debe mencionar que la población beneficiada al año 2016 será de 576 habitantes con un plazo de ejecución del proyecto de 7 meses.

### 4.3.2.6 Descripción del proceso.

Tabla 68.

Procesos del proyecto

| Interacción en el Proceso   |   |  |
|---|---|--|
| Materiales, insumos, equipos  | Fase del proceso  | Impactos Potenciales   |
| <b>FASE DE CONSTRUCCIÓN:</b>  |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tableros y postes de madera.</li> <li>- Hojas metálicas para cubierta provisional.</li> <li>- Materiales para morteros e impermeabilización del suelo.</li> <li>- Materiales de oficina, instalación de luz, agua, drenaje sanitario y pluvial.</li> <li>- Recipientes para residuos domésticos.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalación y operación de bodegas, oficinas y sitios de trabajo.</li> </ul>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contaminación visual.</li> <li>- Contaminación del suelo.</li> <li>- Contaminación del agua.</li> <li>- Afectación a la calidad del aire.</li> </ul>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Retroexcavadora.</li> <li>- Herramienta manual.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Excavación de zanjas y pozos.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectación a la integridad física de obreros, trabajadores y transeúntes.</li> <li>- Afectación por ruido y vibraciones.</li> <li>- Afectación a la calidad del suelo.</li> <li>- Afectación al agua de cauces cercanos.</li> <li>- Afectación a la calidad del aire.</li> <li>- Afectación visual.</li> <li>- Contaminación de vías de acceso y al entorno.</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Retroexcavadora (combustible-abastecimiento fuera de la obra)</li> <li>- Volqueta, carpa, herramienta manual.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Movimiento de tierra y acopio de material excavado.</li> </ul>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectación a la calidad del suelo.</li> <li>- Afectación al agua de cauces cercanos.</li> <li>- Afectación a la calidad del aire.</li> <li>- Afectación visual, paisajística.</li> <li>- Contaminación de vías de acceso y casas circundantes.</li> </ul>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tubería de PVC, compactador.</li> <li>- Accesorios para uniones.</li> <li>- Bomba de achique.</li> <li>- Martillo neumático.</li> <li>- Herramienta manual</li> <li>- Concreteira</li> <li>- Vibrador</li> <li>- Encofrado de madera o metálico</li> <li>- Material pétreo, agua, cemento, hierro</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Instalación de tubería, construcción de pozos y estructuras especiales.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectación a la calidad del suelo.</li> <li>- Contaminación de vías de acceso, casas circundantes y del entorno.</li> <li>- Afectación a la integridad física de los trabajadores y transeúntes</li> <li>- Molestias a moradores y usuarios.</li> </ul>   |
|   |   |  |

| <b>Interacción en el Proceso</b>  |  |   |
|---|--|---|
| <b>Materiales, insumos, equipos</b>   | <b>Fase del proceso</b>  | <b>Impactos Potenciales</b>   |
| - Tierra, restos de hormigón, restos de madera de encofrado.<br>- Volqueta, lona, combustible,  | - Desalojo y transporte de escombros y residuos sólidos  | - Afectación a la calidad del aire.<br>- Afectación al suelo y al agua.<br>- Obstrucción de la circulación  |
| - Herramientas menores, volquetas   | - Retiro de bodegas oficinas, limpieza del área intervenida  | - Afectación visual<br>- Reclamos de la comunidad vehicular.<br>- Afectación por ruido y vibraciones  |
| <b>FASE DE MANTENIMIENTO:</b>   |  |   |
| Labor de mantenimiento de las redes del alcantarillado a cargo de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (Quito)                                    |  |   |
| - Vehículo hidrosuctionador, robot, volquetas, mangueras, compresor, camionetas, martillo, neumático, compactador y herramienta menor, agua y desinfectantes.               | - Inspección, mantenimiento y reparación de las redes del sistema y de la infraestructura instalada. | - Afección respiratoria al personal, Afectación visual, Afectación a la calidad del aire.<br>- Contaminación del cuerpo hídrico por descarga de aguas servidas y pluviales. |
| <b>FASE DE CIERRE O ABANDONO:</b>   |  |   |
| Se ha considerado a lo relativo a la fase de cierre del proceso constructivo, por cuanto en estos proyectos no se contempla su abandono, sino únicamente su rehabilitación. |  |   |
| - Vegetación  | - Reposición de accesos y lugares de maniobras en general.   | - Afectación a la movilidad de peatones y vehículos.<br>- Generación de residuos.<br>- Molestias a moradores y transeúntes.   |
| - Cemento, material pétreo, adoquines, compactador  |  |   |
| - Agua, concretera  |  |   |
| - Herramienta manual<br>- Contenedores o recipientes<br>- Vehículo  | - Retiro de bodegas oficinas, limpieza del área intervenida  | - Afectación visual, paisajística<br>- Reclamos de la comunidad   |
| - Materiales de limpieza,<br>- Herramienta manual<br>- Contenedores,<br>- Volqueta.   | - Limpieza y ordenamiento del área intervenida y disposición final de escombros                      | - Afectación a la movilidad de peatones y vehículos,<br>- Generación de residuos,<br>- Molestias a moradores y transeúntes.   |

Nota. EPMAPS

Elaborado por: Byron Calo

### ***4.3.2.7 Descripción del área de implantación.***

#### ***4.3.2.7.1 Área de implantación física.***

El proyecto se desarrollará en la parroquia El Quinche, perteneciente a la Administración Zonal Tumbaco, al noreste de la ciudad de Quito, provincia de Pichincha. A 10 Km al norte de la cabecera parroquial.

- a) Superficie del área de implantación: de acuerdo a los documentos técnicos y zona de influencia a servir por el proyecto es de 27 Ha.

- b) Altitud: las cotas de servicio se desarrollan en alturas entre 2590msnm y 2630 msnm en lo referente a las redes proyectadas; para el caso de la descarga hacia la quebrada El Quinche se desarrolla hasta los 2500 msnm.
- c) Clima: es variado, entre templado y subtropical. En lo referente a la temperatura, ésta varía entre los 17 y 17.4 °C, evidenciando temperaturas en los meses de abril, agosto, y octubre, mientras los meses de menor temperatura se presentan en junio y julio (Gobierno Provincial Pichincha, 2012, p. 42). En la sección 4.1.3.1 se muestran los parámetros meteorológicos de la zona del proyecto.
- d) Geología, geomorfología, suelos: forma parte del periodo cuaternario, en su mayoría cubierta por cangahua (ceniza, toba) que son productos del volcanismo. De acuerdo a la exploración geotécnica predomina el suelo limo-arenoso (ML) de color café claro; asimismo se determinó que la capacidad portante del suelo a partir de 1.5m de profundidad supera las 5 T/m<sup>2</sup>.
- e) Ocupación actual del área de implantación: las vías y/o calles donde se emplazarán las diferentes estructuras son de libre acceso y públicas.
- f) Condiciones de drenaje: la zona del proyecto mantiene una pendiente positiva constante hacia el oeste. El proyecto se encuentra ubicado paralelamente a la quebrada 'El Quinche', el cual constituye el principal cuerpo hídrico del sector y servirá como cuerpo receptor del 35% del caudal generado del proyecto.
- g) Aire y ruido: la calidad del aire es buena, existe circulación del mismo, no existe una contaminación por ruido debido a fuentes fijas, solo por tránsito vehicular mínimo.

#### 4.3.2.7.2 Área de implantación biótica.

El área de influencia del proyecto son las calles por donde se construirá la red de alcantarillado, no existe presencia de flora y fauna ya que son áreas de uso público.

- a) Cobertura vegetal y fauna asociada: la cobertura vegetal en la zona se tiene la presencia de chilca, quicuyo, eucalipto, aguacate, penco y arbustos silvestres. Con respecto a la fauna asociada se encuentra animales domésticos como: perros, gatos, vacas.
- b) Medio perceptual: es un sector que cuenta con infraestructura vial de segundo orden, en los alrededores se desarrolla actividades agrícolas para la venta local, la construcción del proyecto no ocasiona cambios en el paisaje de la zona.

#### *4.3.2.7.3 Área de implantación social.*

- a) Demografía: el último dato de población para la parroquia El Quinche fue de 16056 habitantes en el año 2010. Se contabiliza un número aproximado de 5828 viviendas en el mismo año, de las cuales 4363 se encuentran ocupadas actualmente; el promedio de ocupantes es de 3.7 personas por vivienda.
- b) Descripción de los principales servicios (salud, alimentación, educación): la información referente a este ítem se encuentra la sección 2.1 (Descripción de la situación del área de intervención del proyecto) del documento.
- c) Actividades socio-económicas: de acuerdo al último censo la mayoría de la población se dedica en mayor grado a actividades agrícolas, ganaderas y turísticas; en menor grado actividades informales. En la tabla 6 se resume la población económicamente activa de la parroquia.
- d) Organización social (asociaciones, gremios): Existen varias organizaciones barriales que cuentan con sus directivas legalmente conformadas. El presidente de la Junta Parroquial fue elegido democráticamente.
- e) Aspectos culturales: el eje más importante de la parroquia es el religioso, derivado de la presencia de la Virgen de El Quinche y el templo el cual es uno de los principales atractivos turísticos.



### 4.3.2.8 Principales impactos ambientales.

Tabla 69.

Aspectos/impactos ambientales

| Aspecto Ambiental  | Impacto Ambiental  | Positivo / Negativo | Etapas del Proyecto |
|--|--|---------------------|---------------------|
| <b>FASE DE CONSTRUCCIÓN O AMPLIACIÓN</b>   |  |                     |                     |
| Generación de material particulado.  | - Contaminación al aire y salud de los habitantes, dentro del área de influencia directa del proyecto, morador, transeúnte y operadores.   | Negativo            | C                   |
| Generación de Ruido y vibraciones.   | - Contaminación sonora, Irritabilidad, stress, falta de atención, intranquilidad de la población circundante.  | Negativo            | C, O&M              |
| Generación de escombros y residuos de construcción.  | - Contaminación al suelo, aire y agua de cauces cercanos.<br>- Contaminación visual, paisajística.<br>- Afectación al entorno natural y a la libre circulación de vehículos y peatones.<br>- Alto riesgo de accidentes a transeúntes y trabajadores. | Negativo            | C, O&M              |
| Generación de descargas líquidas (aguas grises o negras).  | - Contaminación al suelo, y agua de cauces cercanos/canal riego.   | Negativo            | C                   |
| Generación de desechos domésticos.   | - Contaminación al aire, suelo y agua de cauces cercanos.<br>- Contaminación visual, paisajística.   | Negativo            | C, O&M              |
| Generación de residuos peligrosos (wypes, aceites y lubricantes usados, combustible, residuos de aditivos, pinturas, etc.) | - Afectación a la calidad del suelo, y del agua de cauces cercanos.<br>- Contaminación y afectación a la calidad del suelo, agua y salud de la población cercana   | Negativo            | C, O&M              |
| Ocupación de materiales para la construcción, escombros y basura.  | - Contaminación y afectación a la calidad del suelo y agua, por arrastre de material y dispersión de material particulado, afectación al entorno natural y a la libre circulación de vehículos y peatones.   | Negativo            | C, O&M              |
| Uso de herramientas menores, operación de maquinaria y equipos.  | - Potencial afectación a la integridad física de los trabajadores y transeúntes.   | Negativo            | C, O&M              |
| Método constructivo (movimiento de tierras, remoción de cobertura vegetal, Inestabilidad de taludes en zanjas y laderas).  | - Potencial afectación a la integridad física de los trabajadores, transeúntes y moradores.<br>- Reclamos de la comunidad.<br>- Contaminación y deterioro del suelo, erosión   | Negativo            | C, O&M              |
| Manipulación e uso de hidrocarburos.   | - Contaminación del suelo y a la calidad del agua.<br>- Potencial afectación a la integridad física de los trabajadores.   | Negativo            | C, O&M              |

| Aspecto Ambiental  | Impacto Ambiental   | Positivo / Negativo | Etapas del Proyecto                  |
|--|---|---------------------|--------------------------------------|
| Interrupción de los servicios básicos: agua, luz, teléfono, accesos y movilidad.   | - Daño de la infraestructura de servicios existente<br>- Molestias a moradores y usuarios<br>- Pérdidas económicas<br>- Afectación al bienestar de moradores.   | Negativo            | C, O&M                               |
| Emisión de gases a la atmósfera  | - Contaminación y afectación a la calidad del aire, suelo y agua de cauces/canales cercanos   | Negativo            | C, O&M                               |
| Rehabilitación de áreas afectadas: reposición de capas de coberturas afectadas, (rodadura, aceras bordillos, gradas y vegetal), reposición de servicios básicos e infraestructura. | - Recuperación del entorno y aceptación por parte de la comunidad.  | Positivo            | Cierre Constructivo y Mantenimiento. |
| Ocupación de accesos: vehiculares, peatonales, movilidad en general.   | - Afectación a las actividades socio económico de la población adyacente al área de implantación del proyecto<br>- Impedimento a la movilidad y libre circulación de peatones y vehículos de la población aledaña | Negativo            | C, O&M                               |
| Perspectiva visual: Paisaje y Entorno Urbano / Rural.  | - Contaminación visual del entorno natural y a la libre circulación de vehículos y peatones   | Negativo            | C, O&M                               |
| Instalación de acometidas eléctricas, telefónicas, agua potable y alcantarillado.  | - Mejoramiento y contribución al bienestar de moradores y trabajadores  | Positivo            | C, O&M                               |
| Seguimiento y monitoreo al Plan de Manejo Ambiental  | - Mejora continua y aporte a la toma de decisiones por parte de las autoridades responsables sobre los factores ambientales.  | Positivo            | C, O&M                               |
| <b>FASES DE OPERACIÓN &amp; MANTENIMIENTO</b>  |   |                     |                                      |
| Descarga de aguas servidas y pluviales a cauces naturales.   | - Contaminación del recurso hídrico del cauce.  | Negativo            | Operación                            |
| Operación & Mantenimiento de la red de alcantarillado  | - Recolección de descargas (intercepción), dotación de servicio de alcantarillado y saneamiento.<br>- Mejoramiento de la calidad de vida de moradores y usuarios.   | Positivo            | Fase de O&M                          |
| Procedimientos de operación & mantenimiento de los diferentes componentes del proyecto.  | - Afectación a la salud de los trabajadores y de la comunidad   | Negativo            | O&M                                  |

Nota. EPMAPS

Elaborado por: Byron Calo

#### ***4.3.2.9 Plan de manejo ambiental (PMA).***

Una vez realizada la identificación de impactos, el objetivo principal del PMA es describir las acciones a tomar para reducir, controlar y mitigar los impactos negativos, así como potenciar aquellos impactos positivos. Las medidas deben ser aplicables y factibles de ser implementadas por el personal que desarrolla el proyecto con los recursos y logística necesaria en la obra.

El PMA se aplicará en los frentes de obra, bodegas y oficinas a responsabilidad conjunta de la EPMAPS y el oferente adjudicado a su construcción.

El plan de manejo ambiental presente incluye entre otros, los programas y planes de prevención y reducción de la contaminación, manejo de residuos, contingencias, seguridad industrial y salud ocupacional, relaciones comunitarias, capacitación, monitoreo, rehabilitación de áreas afectadas, y cierre de todas las actividades que el proyecto contemple en base al “Manual de seguridad, salud, ambiente, riesgos y relaciones comunitarias en la ejecución de obras de la EPMAPS”, publicado en enero del año 2014.

4.3.2.9.1 Plan de prevención y mitigación de impactos.

Tabla 70.

Prevención y mitigación de impactos

| ASPECTO AMBIENTAL                  | IMPACTO IDENTIFICADO  | MEDIDAS PROPUESTAS   | INDICADORES   | MEDIO DE VERIFICACIÓN                              | PLAZO (meses) |
|------------------------------------|---|--|---|--|---------------|
| Generación de material particulado | Contaminación de vías de acceso, casas del sector, afectación a la salud de moradores, transeúntes, y trabajadores. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Humedecer el terreno con un sistema de rociadores de agua de modo uniforme, para el control del polvo. El cual se realizará dependiendo de las condiciones climáticas</li> <li>- Usar lonas sobre las volquetas de transporte del material de cobertura a fin de evitar polvo en el sector.</li> <li>- Almacenar y cubrir con lonas de plástico el material de construcción y excavación.</li> </ul>                                | <p>Número de metros cúbicos de agua utilizados</p> <p>Número de volquetas debidamente cubiertas y despachadas</p> | Fotografías/Registro de Supervisión/Libro de Obra. | 5             |
| Generación de emisiones gaseosas.  | Afectación a la calidad del aire.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar que los vehículos o maquinaria posean el certificado de la CORPAIRE o certificado de matriculación al día y el permiso de funcionamiento por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas para la maquinaria pesada.</li> <li>- Verificar la correspondiente revisión técnica para automotores livianos.</li> <li>- Verificar que las maquinarias y equipos utilizados estén en buen estado de funcionamiento.</li> </ul> | maquinarias supervisadas / maquinarias disponibles en obras   | Fotografías/Registro de Supervisión/Libro de Obra. | 6             |
| Generación de ruido y vibración    | Alteración a la calidad de vida de los moradores, transeúntes, personal en obra, y zona circundante en general.     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar horarios y tiempos de operación de la maquinaria que origina ruido a fin de evitar intensidades sonoras concentradas en tiempos prolongados que afecten a la población aledaña.</li> <li>- Observar los límites de velocidad de acuerdo a la normativa de Transito. Se establecerá límites inferiores de velocidad, para el área de influencia directa del proyecto mediante señalización.</li> </ul>                    | Cumplimiento del cronograma aprobado  | Cronograma insitu aprobado.                        | 6             |

| ASPECTO AMBIENTAL                | IMPACTO IDENTIFICADO   | MEDIDAS PROPUESTAS   | INDICADORES  | MEDIO DE VERIFICACIÓN  | PLAZO (meses) |
|----------------------------------|--|--|--|--|---------------|
| Generación de escombros-         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectación a la calidad del suelo y del agua de cauces cercanos/canales</li> <li>- Afectación visual, paisajística.</li> <li>- Afectación al entorno natural y a la libre circulación de vehículos y peatones.</li> <li>- Riesgo de accidentes a transeúntes y trabajadores.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Apilar y proteger el material removido por las excavaciones y movimientos de tierra, evitar su erosión y dispersión en caso de lluvias y vientos, cuando este vaya ser utilizado posterior en el relleno de la zanja.</li> <li>- Confinar el área destinada para el acopio temporal de escombros, material de excavación mediante tablonos o sacos de yute con tierra.</li> <li>- Sobre la contaminación por arrastre de sedimentos proveniente del material de excavación, se prevendrá con la protección de dicho material en los sitios de almacenamiento temporal.</li> <li>- Construir obras que conduzcan y canalicen las aguas de escorrentía superficial hacia el exterior como cunetas perimetrales, de tal manera que se evite la erosión y lavado de material de cobertura hacia los cursos de agua cercanos al proyecto.</li> <li>- El material sobrante de esta actividad se dispondrá en un área en el mismo terreno cubierto con lonas, este sitio deberá estado alejado de los frentes de obra, para su posterior entrega a una escombrera autorizada dentro del Distrito Metropolitano de Quito (EPMMOP).</li> </ul> | No hay afectaciones a ningún factor ambiental                    | Certificado o registro de entrega a la escombrera o registro de cuantificación del volumen transportado. | 6             |
| Generación agua grises o negras. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Afectación a la calidad del suelo, y del agua de cauces cercanos.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Para la disposición de los desechos biológicos de los trabajadores en los frentes de trabajo, se deberá instalar baños adecuados conectados al sistema existente o instalar baterías sanitarias temporales, (una por cada 25 trabajadores)</li> <li>- En caso de no existir en la zona alcantarillado, se deberá habilitar fosa séptica temporal o arrendar baterías portátiles o cabinas sanitarias.</li> </ul>  | Nº de baterías sanitarias a instalar / Nº de baterías necesarias | Fotografías / Contrato de arrendamiento de oficina o baterías sanitarias móviles.                        | 7             |

| <b>ASPECTO AMBIENTAL</b>   | <b>IMPACTO IDENTIFICADO</b>   | <b>MEDIDAS PROPUESTAS</b>   | <b>INDICADORES</b>                           | <b>MEDIO DE VERIFICACIÓN</b>                    | <b>PLAZO (meses)</b> |
|--|---|---|--|---|----------------------|
| Generación de desechos domésticos.   | - Afectación a la calidad del suelo y del agua de cauces cercanos<br>- Afectación visual, paisajística. | - Los desechos comunes generados por los trabajadores deberán ser entregados a un gestor de residuos o en su caso entregarlos a la Empresa Pública Metropolitana de Aseo (EPMASEO), sujetándose a los horarios y sitios establecidos.   | Áreas limpias y ordenadas                    | Fotografías                                     | 7                    |
| Generación de residuos peligrosos (wypes, aceites y lubricantes usados, combustible, residuos de aditivos, pinturas, etc.) | - Afectación a la calidad del suelo, y del agua de cauces cercanos.                                     | - Almacenamiento temporal y manejo adecuado (canecas, señalización, ventilación, suelo impermeable) hasta su entrega a gestor calificado  | Correcto almacenamiento temporal             | Fotografías<br><br>Registro de entrega a gestor | 6                    |
| Acopio inadecuados de materiales para la construcción.   | - Afectación a la calidad del suelo y agua, por arrastre de material                                    | - Acopio adecuado de material para la construcción: como arena, ripio y tubería, mediante tablones, lonas y sacos de yute con tierra.   | Áreas limpias y ordenadas                    | Fotografías                                     | 6                    |
| Manipulación de hidrocarburos.   | - Afectación a la calidad del agua, suelo.<br>- Afectación a la integridad física de los trabajadores.  | - Queda prohibido el almacenamiento de combustible en el área del proyecto.<br><br>- Queda prohibido realizar labores de mantenimiento de maquinaria u equipos dentro del área del proyecto.  | Bodegas libres de combustibles y lubricantes | Fotografías                                     | 6                    |
| Desbroce innecesario de la vegetación  | Afectación al entorno natural y a la libre circulación de vehículos y peatones.                         | - Se deberá evitar en lo posible la afectación o destrucción innecesaria de la cubierta vegetal, la tala de árboles y la excavación fuera del área ocupada directamente por las tuberías, cámaras y obras complementarias.<br><br>- En caso de afectación, se deberá restituir las condiciones que tenían estas áreas antes de la construcción. | Zonas vegetadas preservadas                  | Fotografías antes y después.                    | 7                    |

| ASPECTO AMBIENTAL  | IMPACTO IDENTIFICADO                           | MEDIDAS PROPUESTAS  | INDICADORES  | MEDIO DE VERIFICACIÓN   | PLAZO (meses)      |
|--|--|---|--|---|--------------------|
|  |  | - Cuando se requiera se deberá mejorar las áreas adyacentes al proyecto con la siembra de plantas típicas del sector, se remitirá al programa de rehabilitación del área afectada.  | Superficie restituida/<br>Superficie afectada por la obra  | Fotografías/Registro de mantenimiento/<br>Registro de Supervisión/informes. | 7                  |
| Descarga de aguas servidas y pluviales a cauces naturales. | - Contaminación del recurso hídrico del cauce. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- La descarga del 35% del sistema será efectuada a una fosa séptica con filtro anaerobio.</li> <li>- Realizar una incubación de bacterias anaerobias, con una dosis establecida en función del caudal de diseño, para mejorar la eficiencia</li> <li>- Los operadores que realicen el mantenimiento del filtro y fosa séptica deben contar como mínimo con el siguiente equipo de protección: botas, guantes, mascarilla con filtros, protección de ojos y casco. Una vez concluida esta tarea, debe lavarse y desinfectarse todos los materiales empleados.</li> <li>-La fosa séptica debe ser inspeccionada cada tres a cuatro meses en sus primeros años de operación. Al abrir las tapas de registro para hacer la inspección o limpieza, se debe dejar ventilando al menos 30 minutos para la evacuación de los gases. Nunca deben encenderse fósforos ni cigarrillos</li> <li>- Realizar mantenimiento en la fosa séptica, extraer las natas o espuma y Iodos; limpiar periódicamente canaletas de recolección del agua filtrada y las cámaras de salida, para evitar focos de infección.</li> </ul> | Fosa séptica y filtro anaerobio funcionando eficientemente | Fotografías/Registro de Supervisión.  | Etapa de operación |

Nota. EPMAPS

Elaborado por: Byron Calo

4.3.2.9.2 Plan de manejo de desechos.

Tabla 71.

Manejo de desechos

| ASPECTO AMBIENTAL   | IMPACTO IDENTIFICADO  | MEDIDAS PROPUESTAS  | INDICADORES  | MEDIO DE VERIFICACIÓN   | PLAZO (meses) |
|---|---|---|--|---|---------------|
| Generación de residuos peligrosos (wypes, aceites y lubricantes usados, combustible, residuos de aditivos, pinturas, etc. | Afectación a la calidad del suelo, y del agua de cauces cercanos.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contar con (herramienta manual, escobas, material absorbente, aserrín, arena, etc.), facilidades para recoger este material contaminado por alguna fuga o derrame de aceite, diésel o combustibles de maquinaria u equipo.</li> <li>- Los wypes, aceites y lubricantes usados, combustible, residuos de aditivos, pinturas, usados disponerlos en canecas o tambores plásticos herméticos y debidamente identificado.</li> <li>- Estos deberán ser almacenados temporalmente en sitios destinados para el efecto que cumplan mínimo las siguientes características: piso impermeabilizado con cubierta, cunetas perimetrales y señalética de advertencia, aplicando para el efecto las normas técnicas pertinentes establecidas por el MAE, INEN u otras vigentes.</li> <li>- Estos residuos peligrosos deberán ser entregados a un gestor ambiental autorizado para su disposición final, y obtener el certificado de disposición final.</li> </ul> | N°. De entregas realizadas al gestor cumpliendo las medidas del PM de Residuos | <p>Fotografías</p> <p>Registro de entrega/recepción a gestor.</p> | 7             |
| Generación de residuos domésticos.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>-Afectación a la salubridad de la zona.</li> <li>-Afectación visual</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Almacenar los residuos domésticos generados por las actividades humanas de los trabajadores de la obra, en recipientes con tapas.</li> <li>- Clasificar los residuos domésticos en orgánicos e inorgánicos.</li> <li>- Entregar a los vehículos recolectores municipales, en caso contrario se deberán transportar a sitios donde exista el servicio de recolección.</li> </ul>  | Entregas realizadas al recolector municipal                                    | Fotografías   | 7             |



| ASPECTO AMBIENTAL   | IMPACTO IDENTIFICADO   | MEDIDAS PROPUESTAS  | INDICADORES  | MEDIO DE VERIFICACIÓN                        | PLAZO (meses)                |
|---|--|---|--|--|------------------------------|
| Generación de escombros.  | -Afectación a la calidad del suelo y del agua de cauces cercanos<br>-Afectación visual.<br>-Afectación a la libre circulación de vehículos y peatones. | - Almacenar temporalmente los escombros en un sitio destinado para el efecto, para su posterior disposición final en escombreras autorizadas.<br>- Desalojar en volquetas cubiertas con lonas y con la señalización correspondiente, hacia las escombreras autorizadas.<br>- Observar el Procedimiento establecido para el Manejo de Residuos IHAS-03-02-640/446-01/446-21 – Sistema Integrado de Gestión                     | Número de entregas realizadas cumpliendo el procedimiento IHAS-03-02-640/446-01/446-21 | Fotografías<br>Registro de entrega/recepción | 6                            |
| Generación de descargas líquidas (aguas grises o negras).   | Afectación a la calidad del suelo, y del agua de cauces cercanos.  | - Disponer facilidades sanitarias en el área del proyecto, las mismas que deben contar con conexión al alcantarillado existente.<br>- En caso de no existir en la zona alcantarillado, habilitar fosa séptica temporal, la misma que deberá ser inertizada con cal al cerrar el proyecto, en caso de arrendar baterías portátiles o cabinas sanitarias, este deberá ser manejada adecuadamente por el prestador del servicio. | Descarga a la red de alcantarillado o fosa séptica                                     | Fotografías                                  | 7                            |
| Inobservancia de procedimientos para el mantenimiento de los diferentes componentes del proyecto. | Afectación a la salud de los trabajadores y la comunidad   | - Cumplir con los planes y labores de mantenimiento establecidos para el proyecto<br>- Cumplir los cronogramas de mantenimiento establecidos para el proyecto.  | Proyecto operativo en todas sus fases  | Presentación de registros de seguimiento     | Durante la vida del proyecto |

Nota. EPMAPS

Elaborado por: Byron Calo

4.3.2.9.3 Plan de comunicación, capacitación y educación ambiental.

Tabla 72.

Comunicación, capacitación y educación ambiental

| ASPECTO AMBIENTAL  | IMPACTO IDENTIFICADO   | MEDIDAS PROPUESTAS  | INDICADORES                     | MEDIO DE VERIFICACIÓN   | PLAZO (meses)                |
|--|--|---|---------------------------------|---|------------------------------|
| - Inobservancia y omisión de los lineamientos de difusión y comunicación a la comunidad. | Conflicto entre los moradores y la Empresa.                                  | - Efectuar reuniones informativas con la comunidad para socializar las obras que serán ejecutadas, sus riesgos, medidas de prevención, mitigación, rehabilitación y contingencias, beneficios, y para receptar información y/o sugerencias.<br>- Charlas sobre las políticas de la empresa en materia de relaciones comunitarias. | Número de sugerencias recibidas | Registro Fotográfico<br>/Registro de asistencia<br>-Volantes informativos | 6                            |
| - Omisión de la difusión lineamientos de normas de seguridad, ambiente                   | Afectación a la integridad física de los obreros, y a la calidad del entorno | - Realizar charlas de seguridad industrial, sensibilización ambiental, manejo de residuos, y riesgos. Se deberá realizar inducciones permanentes al personal nuevo.<br>- Realizar charla al personal de obra sobre primeros auxilios.<br>- Taller sobre el uso correcto de equipos de protección individual y colectiva           | Número de charlas               | Registro fotográfico<br>/Registro de asistencia                           | Durante la vida del proyecto |

Nota. EPMAPS

Elaborado por: Byron Calo

4.3.2.9.4 Plan de relaciones comunitarias.

Tabla 73.

Relaciones comunitarias

| ASPECTO AMBIENTAL   | IMPACTO IDENTIFICADO   | MEDIDAS PROPUESTAS   | INDICADORES                               | MEDIO DE VERIFICACIÓN   | PLAZO (meses) |
|---|--|--|---|---|---------------|
| Todos los aspectos ambientales determinados en el proyecto. | Molestias a los moradores del área de influencia directa del proyecto. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantener relaciones cordiales y de respeto con los moradores, transeúntes y trabajadores en el área de influencia o en los sitios especiales de trabajo</li> <li>- Designar un responsable del Relacionamento Comunitario</li> <li>- Establecer una comunicación permanente durante el desarrollo de la obra, con la población del área de influencia.</li> <li>- Para los propietarios de terrenos que sean afectados por la ejecución del proyecto, pérdida terrenos, pérdida parcial o total de su terreno o construcción, previo a los trabajos de construcción de la obra se debe confirmar haberse establecido el medio de compensación entre la Empresa y el propietario, el mismo que se encuentra en el procedimiento interno que está instituido sobre la base del COOTAD.</li> </ul> | Número de acercamientos con la comunidad. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Actas de reuniones</li> <li>- Registro Fotográfico o Medios electrónicos.</li> </ul> | 7             |

Nota. EPMAPS

Elaborado por: Byron Calo

4.3.2.9.5 Plan de contingencias.

Tabla 74.

Contingencias

| ASPECTO AMBIENTAL   | IMPACTO IDENTIFICADO  | MEDIDAS PROPUESTAS   | INDICADORES        | MEDIO DE VERIFICACIÓN  | PLAZO (meses) |
|---|---|--|--------------------|--|---------------|
| - Inobservancia de especificaciones técnicas de construcción y normas de seguridad. | Afectación a la integridad física de los trabajadores y de equipos y maquinaria | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicar las especificaciones técnicas de construcción, de la EPMAPS.</li> <li>- Aplicar el manual de seguridad industrial vigente, de la EPMAPS.</li> <li>- En caso de contingencias aplicar los protocolos establecidos por la Empresa.</li> <li>- En caso de no disponer de la adecuada información se deberá establecer los lineamientos internos de actuación en caso de emergencias por parte del personal encargado de la obra.</li> <li>- Organizar un Plan de Contingencias que considere los riesgos identificados en la Evaluación y Análisis de riesgos a fin de mitigar algún evento contingente que pueda presentarse:               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Informar al inicio de las actividades a todo el personal laboral, sobre emergencias y seguridad industrial (Inducciones diarias).</li> <li>o Mantener el botiquín de seguridad y su respectivo extintor en cada uno de los vehículos y maquinaria pesada que operan en la obra.</li> <li>o Mantener una lista de teléfonos de emergencia: ECU, Cruz Roja, Policía y cuerpo de Bomberos, etc.</li> </ul> </li> <li>- Procedimiento Frente Alguna Emergencia:<br/>Etapa de Construcción:               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Notificación.</li> </ul> </li> </ul> | Número de eventos. | Registro fotográfico.<br><br>Manual de seguridad industrial. | 7             |

| ASPECTO AMBIENTAL       | IMPACTO IDENTIFICADO | MEDIDAS PROPUESTAS   | INDICADORES             | MEDIO DE VERIFICACIÓN | PLAZO (meses)      |     |                  |     |                         |     |                 |     |                        |         |                      |         |  |  |  |
|-------------------------|----------------------|--|-------------------------|-----------------------|--------------------|-----|------------------|-----|-------------------------|-----|-----------------|-----|------------------------|---------|----------------------|---------|--|--|--|
|                         |                      | <p>El trabajador que detecte un evento contingente deberá notificar al fiscalizador de la obra para que este de aviso a las entidades de emergencia (Bomberos, Policía, Cruz Roja).</p> <table border="1" data-bbox="741 568 1182 810"> <thead> <tr> <th colspan="2">TELEFONOS DE EMERGENCIA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>Emergencias</b></td> <td>911</td> </tr> <tr> <td><b>Cruz Roja</b></td> <td>131</td> </tr> <tr> <td><b>Policía Nacional</b></td> <td>101</td> </tr> <tr> <td><b>Bomberos</b></td> <td>102</td> </tr> <tr> <td><b>Banco de Sangre</b></td> <td>2582482</td> </tr> <tr> <td><b>Defensa Civil</b></td> <td>2469009</td> </tr> </tbody> </table> <p>o Primeros Auxilios.<br/>La empresa ejecutor deberá destinar un área especialmente para la atención de emergencias ante algún evento contingente el cual debe estar a cargo por una persona especializada en brindar primeros auxilios la cual cuente con un botiquín con los implementos necesarios para cualquier atención.</p> <p>o Traslado.<br/>De acuerdo a la gravedad del evento contingente el personal perjudicado deberá ser trasladado hacia el centro de salud más cercano.</p> <p>o Rutas de Escape.</p> | TELEFONOS DE EMERGENCIA |                       | <b>Emergencias</b> | 911 | <b>Cruz Roja</b> | 131 | <b>Policía Nacional</b> | 101 | <b>Bomberos</b> | 102 | <b>Banco de Sangre</b> | 2582482 | <b>Defensa Civil</b> | 2469009 |  |  |  |
| TELEFONOS DE EMERGENCIA |                      |  |                         |                       |                    |     |                  |     |                         |     |                 |     |                        |         |                      |         |  |  |  |
| <b>Emergencias</b>      | 911                  |  |                         |                       |                    |     |                  |     |                         |     |                 |     |                        |         |                      |         |  |  |  |
| <b>Cruz Roja</b>        | 131                  |  |                         |                       |                    |     |                  |     |                         |     |                 |     |                        |         |                      |         |  |  |  |
| <b>Policía Nacional</b> | 101                  |  |                         |                       |                    |     |                  |     |                         |     |                 |     |                        |         |                      |         |  |  |  |
| <b>Bomberos</b>         | 102                  |  |                         |                       |                    |     |                  |     |                         |     |                 |     |                        |         |                      |         |  |  |  |
| <b>Banco de Sangre</b>  | 2582482              |  |                         |                       |                    |     |                  |     |                         |     |                 |     |                        |         |                      |         |  |  |  |
| <b>Defensa Civil</b>    | 2469009              |  |                         |                       |                    |     |                  |     |                         |     |                 |     |                        |         |                      |         |  |  |  |

| ASPECTO AMBIENTAL   | IMPACTO IDENTIFICADO                                      | MEDIDAS PROPUESTAS   | INDICADORES  | MEDIO DE VERIFICACIÓN  | PLAZO (meses)                |
|---|---|--|--|--|------------------------------|
|   |   | Dependiendo del área de construcción de obras civiles se capacitará a los trabajadores para que sigan una determinada ruta definida por el fiscalizador de la obra la cual debe estar libre de obstáculos y señalizada que tenga como un destino final, una isla en la que el personal se pueda agrupar y estar a salvo mientras llegan los mecanismos de ayuda, la isla debe ubicarse cerca a una vía de acceso que conduzca hacia vías principales facilitando los mecanismos de respuesta inmediata (Bomberos, Policía, Cruz Roja).   |  |  |                              |
| - Inobservancia de procedimientos para el mantenimiento de los diferentes componentes del proyecto. | Afectación a la salud de los trabajadores y la comunidad. | <p>- Cumplir con los planes y labores de mantenimiento establecidos para el proyecto.</p> <p>- Cumplir los cronogramas de mantenimiento establecidos para el proyecto.</p> <p>- Cumplir con los procedimientos de seguridad y salud.</p>   | Proyecto operativo en todas sus fases                            | Presentación de registros de seguimiento                             | Durante la vida del proyecto |
| - Inobservancia de especificaciones técnicas de construcción y normas de seguridad                  | Contaminación de suelo y agua                             | <p>- En caso de derrames accidentales en maquinarias y equipos se deberán aplicar las siguientes medidas de contingencia:</p> <p>oTener el kit de contingencia anti derrames: arena o aserrín, paño absorbente, pala, escoba y contenedor.</p> <p>oAl existir un derrame de combustible, este debe confinarse construyendo un borde alrededor del derrame, con material absorbente (aserrín, arena, etc.).</p> <p>oRetirar el material absorbente introduciéndolo en los contenedores adecuados, como tanques plásticos o metálicos.</p> <p>oSi el derrame de combustibles está próximo a un sumidero que comunica con la alcantarilla, se protegerá igualmente el mismo, con un borde absorbente.</p> <p>oEntregar a un gestor los desechos producidos por el uso del material absorbente como aserrín, arena, etc.</p> | Medidas contingentes aplicadas / Medidas contingentes planteadas | Registro fotográfico<br>Informe de medidas de contingencia aplicadas | 7                            |

| ASPECTO AMBIENTAL | IMPACTO IDENTIFICADO | MEDIDAS PROPUESTAS  | INDICADORES | MEDIO DE VERIFICACIÓN | PLAZO (meses) |
|-------------------|----------------------|---|-------------|-----------------------|---------------|
|                   |                      | <p>oAl existir un derrame de productos químicos, la sustancia se debe barrer y con el equipo de seguridad necesario, se procederá a trasvasar el producto vertido a otro recipiente.</p> <p>oEn un lugar visible debe constar la información sobre los procedimientos para manejar fugas, derrames, escapes de los productos químicos y a quién se debe llamar en caso de emergencia para obtener información médica y técnica.</p> <p>oEliminar todas las fuentes de ignición (no fumar, no usar bengalas, chispas o llamas en el área de peligro).</p> <p>oNo tocar ni caminar sobre el material derramado.</p> <p>oEvitar que flujos de agua entren en contacto con el material derramado.</p> <p>oAlmacenar este residuo en el sitio destinado para el efecto y proceder según el Programa de manejo de desechos.</p> <p>oComunicar al fiscalizador y/o supervisor SARC, quien a su vez a través de la Gerencia de Ambiente informará a la autoridad ambiental responsable correspondiente.</p> <p>oSe deberá informar mediante un informe preliminar de la situación de emergencia, en un plazo no mayor a veinticuatro horas a partir del momento de producido el evento emergente.</p> <p>oPoner en marcha, de manera inmediata, los planes diseñados para el efecto.</p> <p>oPresentar, en un plazo no mayor a setenta y dos horas, un informe detallado sobre las causas de la emergencia, las medidas tomadas para mitigar el impacto sobre el ambiente y el plan de trabajo para prevenir y corregir la falla.</p> |             |                       |               |

Nota. EPMAPS

Elaborado por: Byron Calo

4.3.2.9.6 Plan de seguridad y salud ocupacional.

Tabla 75.

Seguridad y salud ocupacional

| ASPECTO AMBIENTAL   | IMPACTO IDENTIFICADO  | MEDIDAS PROPUESTAS   | INDICADORES        | MEDIO DE VERIFICACIÓN   | PLAZO (meses)   |
|---|---|--|--------------------|---|---|
| Inobservancia de metodología constructiva (movimiento de tierras, Inestabilidad de taludes en zanjas y laderas) | Afectación a la integridad física de los trabajadores y de equipos y maquinaria | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se colocarán los pasos peatonales necesarios debidamente señalizados para los usuarios de la comunidad donde está localizada la obra.</li> <li>- Se prohibirá ingreso de personas ajenas a la obra, excepto a las autoridades de control. Los visitantes autorizados, proveedores y autoridades de control, para ingresar a la obra portarán el respectivo casco de seguridad.</li> <li>- En el caso de obras públicas urbanas y rurales la Empresa Pública informará a la ciudadanía sobre la obra, su duración e implementará la señalización y demás medidas de seguridad para el tránsito de personas y vehículos.</li> <li>- La profundidad máxima de entibamiento o contención será de 1,50 m, para excavaciones en zanjas con taludes no estables.</li> <li>- Toda madera usada en entibamiento o sostenimiento, debe ser de buena calidad y sin defectos.</li> <li>- Para zanjas con profundidades mayores a 1,50m, y las franjas de entibado conforme se avance con la excavación, se realizaran en máximo 1,50m.</li> <li>- Si durante la excavación se determina suelos de mala calidad, se procederá a su entibación, de forma continua, conjuntamente con la extracción de tierras.</li> <li>- En zanjas donde hay corrientes subterráneas, el entibamiento llegará hasta el fondo de las mismas.</li> <li>- Toda madera usada en entibamiento, debe ser de buena calidad y sin defectos.</li> </ul> | Numero de reportes | <p>Registro fotográfico</p> <p>Registro de entrega recepción de EPI a los trabajadores.</p> <p>Registro de asistencia</p> | 7 / Durante las actividades de mantenimiento del proyecto |



| ASPECTO AMBIENTAL  | IMPACTO IDENTIFICADO                                   | MEDIDAS PROPUESTAS  | INDICADORES                      | MEDIO DE VERIFICACIÓN   | PLAZO (meses)   |
|--|--|---|----------------------------------|---|---|
|  |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- En excavaciones por medios mecánicos en suelos con taludes no estables y de profundidad superior a 1,50 metros se prohíbe la entrada de personas. El entibado de dichas excavaciones se deberá efectuar desde el exterior, de tal manera que los trabajadores no tengan que penetrar en la excavación.</li> <li>- En las excavaciones deben despejarse de las paredes y el borde bloques y/o piedras cuya caída pudiera provocar accidentes. El material despejado debe depositarse a 1 metro como mínimo del borde de la excavación.</li> <li>- Se prohíbe el paso de vehículos o la situación de cargas estáticas o dinámicas en las proximidades del talud, a una distancia inferior a la profundidad de la excavación, salvo en los casos en que se adopten sistemas eficaces de contención.</li> </ul>                        |                                  |   |   |
| Uso incorrecto de herramientas menores, operación de maquinaria y equipos. | Afectación a la integridad física de los trabajadores. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se deberá entregar el EPI correspondiente a la actividad de cada trabajador y verificar su buen uso (ropa y equipo de trabajo, línea de vida, arnés, etc.), cuyas características dependerán de la necesidad particular de los puestos de trabajo.</li> <li>- Instalar rótulos de advertencia o prevención de riesgos a lo largo de Toda la obra.</li> <li>- Abandonar el sitio de trabajo en caso de precipitaciones intensas.</li> <li>- Realizar charla para el manejo, utilización y precaución sobre el uso de herramientas, maquinarias y equipos de construcción se deberá seguir los lineamientos establecidos en el Reglamento de Seguridad para la Construcción y Obras Públicas.</li> <li>- Para trabajos de soldadura y corte deberán realizarse con equipos adecuados, protección y en lugares ventilados.</li> </ul> | Número de incidentes reportados. | Registro de entrega recepción de EPI a los trabajadores.<br><br>Registro fotográfico<br><br>Libro de obra<br><br>Registro de asistencia | 7/<br>Durante las actividades de mantenimiento del proyecto |

| ASPECTO AMBIENTAL   | IMPACTO IDENTIFICADO                                   | MEDIDAS PROPUESTAS   | INDICADORES                  | MEDIO DE VERIFICACIÓN | PLAZO (meses)                                |
|---|--|--|------------------------------|-----------------------|--|
|   |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los equipos e instalaciones eléctricas provisionales serán contruidos, instalados y conservados por personal especializado, con la autorización de la Empresa Eléctrica Quito.</li> <li>- Todos los elementos de las instalaciones eléctricas deberán ser instalados fijamente en la parte solida de la estructura.</li> <li>- Todo circuito de energía eléctrica deberá contar con caja de control central que interrumpa el paso de la corriente de los conductores, en caso de emergencias.</li> <li>- Se deberá rotular toda la toma de corriente eléctrica, indicando claramente la tensión de alimentación y su función.</li> <li>- Los electricistas dispondrán de herramientas adecuadas, en número suficiente y de equipo de protección personal como: guantes, alfombras y mantas aislantes.</li> <li>- Se colocarán barreras o cortinas portátiles en la zona del proyecto que requieran con la finalidad de evitar la contaminación por radiación UV, a las áreas vecinas.</li> <li>- Para la ejecución de trabajos de soldadura eléctrica, el trabajador debe usar delantal y mangas falsas, guantes protectores, careta de protección con filtro adecuado para el tipo e intensidad de la radiación.</li> <li>- Para todo trabajo de soldadura y corte se suministrará a los trabajadores, equipos para proteger las vías respiratorias, a menos que se disponga de algún dispositivo que elimine.</li> </ul> |                              |                       |  |
| Omisión a las normas de señalización y de contratación del personal de la obra. | Afectación a la integridad física de los trabajadores. | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Se deberá colocar señalización preventiva, prohibida e informativa.</li> <li>- Utilizar conos para indicar el lugar de maniobras y operaciones.</li> <li>- Utilizar cintas de seguridad reflexiva y vallas de seguridad para confinar el lugar de maniobras y operaciones.</li> </ul>   | Numero de rótulos instalados | Registro fotográfico  | 7 / Durante las actividades de mantenimiento |

| ASPECTO AMBIENTAL  | IMPACTO IDENTIFICADO   | MEDIDAS PROPUESTAS   | INDICADORES  | MEDIO DE VERIFICACIÓN                              | PLAZO (meses)                  |
|--|--|--|--|--|--------------------------------|
|  |  | - Todos los elementos para una adecuada señalética serán proporcionados por el contratista de la obra en el caso de interrupciones imprevistas en las vías públicas.<br><br>- Confinar frentes de obras. |  |  | del proyecto                   |
| Omisión a las normas de contratación de personal de la obra.                                       | Afectación a la integridad física de los trabajadores.   | - Se deberá afiliar a todos los trabajadores al IESS.  | Numero de afiliaciones al IESS.  | Planillas pagadas al IESS.                         | 7                              |
| Omisión de los planes de contingencias y seguridad.  | Afectación a la integridad física de los trabajadores.   | - En caso de ocurrir un accidente o incidente con los trabajadores, estos deberán estar organizados según el Plan de Contingencias y Emergencias.  | Número de accidentes o incidentes  | Informes y reportes de las novedades.              | 7                              |
| Inobservancia de procedimientos para las labores de mantenimiento de los componentes del proyecto. | Afectación al suelo donde está ubicado el sistema de alcantarillado.<br><br>Emisión de olores. | - Cumplir la frecuencia de los planes de operación, mantenimiento y control de la calidad para los diferentes componentes de las redes del sistema de alcantarillado.                                    | Actividades de operación, mantenimiento y control de calidad cumplidas según las frecuencias establecidas. | Informes y reportes de las actividades realizadas. | Durante la vida del proyecto . |

Nota. EPMAPS

Elaborado por: Byron Calo

4.3.2.9.7 Plan de monitoreo y seguimientos.

Tabla 76.

Monitoreo y seguimientos

| ASPECTO AMBIENTAL                           | IMPACTO IDENTIFICADO                        | MEDIDAS PROPUESTAS  | INDICADORES              | MEDIO DE VERIFICACIÓN   | PLAZO (meses)                |
|---|---|---|--------------------------|---|------------------------------|
| Incumplimiento al Plan de Manejo Ambiental. | Afectación a todos los factores ambientales | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Realizar una verificación periódica de cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental, a través de visitas de campo, donde se evidencien registros fotográficos y documentales generados durante la ejecución del proyecto. Para el efecto y cumplir con esta medida se establecerá una Matriz de Supervisión Integrada SARC.</li> <li>- En caso de evidenciar incumplimiento de medidas planteadas en el PMA que puedan generar impactos al ambiente, se deberán tomar acciones correctivas de rápida ejecución y elaborar el respectivo informe, debiéndose realizar el seguimiento de la implementación de la medida en máximo 48 horas.</li> <li>- El Contratista deberá ceñirse a lo establecido en los documentos contractuales del proyecto, en especial al Plan de Manejo Ambiental y su respectivo cronograma de ejecución.</li> <li>- El Contratista deberá mantener los registros correspondientes a cada actividad del PMA, los mismos que se archivarán en la oficina o bodega de obra y deberán estar disponibles para su verificación por parte de EPMAPS y/o autoridad ambiental.</li> <li>- No se contemplan medidas de monitoreo para la calidad del aire y emisiones de ruido, debido a que no existirán fuentes fijas que generen emisiones al ambiente. Las fuentes existentes son fuentes móviles, tales como vehículos, compactadoras y concretas, de uso puntual y esporádico.</li> </ul> | Nº de supervisiones      | Matriz de supervisión e de informes de supervisión, registro fotográfico. | 7                            |
| O & M                                       | Afectación a la calidad de agua del cauce   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mantenimiento permanente de las redes</li> <li>- Observación y reporte de fallas</li> <li>- Monitoreo semestral de las descargas</li> </ul>  | Nº. De fallas reportadas | Reportes, informes, matriz de supervisión, fotos                          | Durante la vida del proyecto |

Nota. EPMAPS

Elaborado por: Byron Calo

4.3.2.9.8 Plan de rehabilitación de áreas contaminadas.

Tabla 77.

Rehabilitación de área contaminadas

| ASPECTO AMBIENTAL  | IMPACTO IDENTIFICADO   | MEDIDAS PROPUESTAS   | INDICADORES                       | MEDIO DE VERIFICACIÓN                  | PLAZO (meses) |
|--|--|--|-----------------------------------|--|---------------|
| Rehabilitación de áreas afectadas: reposición de capas de coberturas afectadas, (rodadura, aceras bordillos, gradas y vegetal), reposición de servicios básicos e infraestructura. | - Recuperación del entorno y aceptación por parte de la comunidad. | - Recuperación de las áreas intervenidas.<br><br>- Verificar que las condiciones finales del entorno sean iguales o mejores que las iniciales.<br><br>- Reposición de capas de rodaduras, aceras, bordillos, accesos vehiculares, peatonales, etc. | Número de elementos rehabilitados | Registro fotográfico (antes y después) | 7             |

Nota. EPMAPS

Elaborado por: Byron Calo

4.3.2.9.9 Plan de cierre, abandono y entrega del área.

Tabla 78.

Cierre, abandono y entrega del área del proyecto

| ASPECTO AMBIENTAL  | IMPACTO IDENTIFICADO   | MEDIDAS PROPUESTAS   | INDICADORES  | MEDIO DE VERIFICACIÓN   | PLAZO (meses) |
|--|--|--|--|---|---------------|
| Generación de escombros, residuos sólidos.   | Afectación visual, paisajística.   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Retirar la infraestructura de bodega, oficinas u equipamiento, patios de operación depósitos temporales.</li> <li>- Retiro del área de almacenamiento de equipos, materiales e insumos</li> <li>- Retiro de las baterías sanitarias temporales o entrega de las instalaciones arrendadas.</li> <li>- Retiro de equipos y maquinarias utilizada en la obra.</li> <li>- Retiro de personal de obra</li> <li>- Limpieza general de escombros y desechos.</li> <li>- Desalojar los escombros generados en los sitios autorizados (escombreras), designados por Fiscalización</li> </ul> | Numero de entrega a gestores   | <p>Registro fotográfico</p> <p>Actas de Supervisión.</p>  | 7             |
| <p>Generación de Escombros, residuos sólidos.</p> <p>Cambios permanentes en el paisaje escénico.</p> | <p>Afectación al entorno natural y a la libre circulación de vehículos y peatones.</p> <p>Afectación paisajística.</p> <p>Riesgo de accidentes a transeúntes y trabajadores.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Por lo general estas obras son diseñadas y construidas con un periodo de vida útil de 30 años, por lo cual el cierre técnico del sistema a corto o mediano plazo no es factible, así que este deberá ser evaluado posteriormente.</li> <li>- Sin embargo en este plan se ha considerado ciertas medidas a considerar cuando esto ocurra:</li> <li>- Para la demolición de las estructuras, se requerirá de martillos neumáticos o taladros neumáticos.</li> </ul>   | Retiro o cierre definitivo de las obras del sistema de agua potable. | <p>Registro fotográfico.</p> <p>Actualización de los planos de construcción y montaje.</p> <p>Programación del desmontaje de las maquinarias, el retiro de las estructuras y equipos, la demolición y remoción de</p> | Fin vida útil |

| ASPECTO AMBIENTAL | IMPACTO IDENTIFICADO | MEDIDAS PROPUESTAS  | INDICADORES | MEDIO DE VERIFICACIÓN   | PLAZO (meses) |
|-------------------|----------------------|---|-------------|---|---------------|
|                   |                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Los escombros originados en la demolición deberán ser retirados y trasladados hacia las escombreras autorizadas.</li> <li>- La tierra y suelos contaminados deberán ser retirados y entregados a gestores calificados.</li> <li>- Para la utilización del material de préstamo se tendrá que seleccionar zonas de aprovisionamiento.</li> <li>- Revegetación. Una vez finalizadas las obras, se realizará la recuperación de las zonas afectadas, tratando de armonizar con las áreas adyacentes.</li> <li>- Para la clausura de captaciones, tuberías, válvulas, conexiones domiciliarias, hidrantes, se realizará el taponado de entradas y salidas con tierra, hormigón simple o ciclópeo y se delimitara su accesibilidad.</li> <li>- Los materiales para el taponamiento dependerán de las condiciones específicas de las áreas y componentes del proyecto.</li> <li>- Por lo general los accesorios del sistema de agua potable todos son reutilizables o reciclables, para su disposición final en bodegas o gestor ambiental.</li> </ul> |             | <p>las obras civiles.</p> <p>Desmontaje de las maquinarias y equipos.</p> |               |

Nota. EPMAPS

Elaborado por: Byron Calo

#### 4.3.2.10. Proceso de participación social.

Los proyectos, obras o actividades clasificados en categoría II corresponden a actividades de impacto ambiental bajo, por lo tanto se determina únicamente un proceso de información social.

Durante la etapa de diseño del proyecto se mantuvo conversaciones con la comunidad sobre las inquietudes y beneficios que el mismo producirá; sin embargo al tratarse de un proyecto de grado se deberá realizar la socialización del mismo por parte de la empresa oferente adjudicada; los medios de información que pueden aplicarse a la categoría II son: charlas informativas, entrega de trípticos y encuestas, carteles informativos, perifoneo local informativo, página web del promotor y/o redes sociales.

#### 4.3.2.11 Cronograma de construcción y operación del proyecto

Tabla 79.

*Cronograma de construcción (PMA)*

|   | MES<br>1 | MES<br>2 | MES<br>3 | MES<br>4 | MES<br>5 | MES<br>6 | MES<br>7 |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| <b>Desbroce y limpieza del terreno</b><br>- Desbroce y limpieza del área destinada para la ejecución de los trabajos.   | x        |          |          |          |          |          |          |
| <b>Colocación de letrero y rotulo de identificación del proyecto</b><br>- Realizar la colocación e identificación del proyecto.   | x        |          |          |          |          |          |          |
| <b>Replanteo y control niveles de las tuberías a ser instalada en el proyecto</b><br>- Se realizará utilizando el nivel y la estación total topográfica el replanteo de la topografía realizada para la colocación de la tubería.                     | x        | x        | x        | x        | x        |          |          |
| <b>Excavación a máquina y rasanteo a mano</b><br>- Con la retroexcavadora realizará la excavación del terreno para la colocación de la tubería y otros, así como la excavación de pozos.  | x        | x        | x        | x        | x        |          |          |
| <b>Relleno y compactación</b><br>- Luego de realizar las excavaciones, colocación y pruebas de estanqueidad de las tuberías se efectuará el relleno y compactación del área excavada. Antes de esta labor se instalaran las conexiones domiciliarias. |          | x        | x        | x        | x        |          |          |
| <b>Pozos de revisión</b><br>- Después de realizar las pruebas de estanqueidad de las tuberías de alcantarillado instalada se darán acabados a los pozos de revisión.  |          | x        | x        | x        | x        |          |          |
| <b>Tratamiento de aguas residuales y descarga pluvial</b><br>- Luego de ejecutar las obras como redes de tuberías y pozos de inspección se iniciará la construcción de las estructuras de tratamiento y descarga.                                     |          |          |          |          | x        | x        | x        |
| <b>Reposición de áreas afectadas</b><br>- Se realizará reposición de áreas afectadas, retiro de infraestructura complementaria y limpieza final (obra).   |          |          |          |          |          |          | x        |

Nota. Formato SUMA

Elaborado por: Byron Calo



### 4.3.2.12 Cronograma valorado del plan de manejo ambiental (PMA).

Tabla 80.

#### Cronograma del plan de manejo ambiental

| Cronograma valorado del plan de manejo ambiental  |       |   |   |   |   |   |   |                      |
|---|-------|---|---|---|---|---|---|----------------------|
| PMA   | MESES |   |   |   |   |   |   | PRESUPUESTO          |
|   | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |                      |
| <b>Plan de Mitigación y Prevención</b><br>- Humedecer el terreno con un sistema de rociadores de agua de modo uniforme, para el control del polvo. El cual se realizará dependiendo de las condiciones climáticas.<br>o Control del polvo - \$1310  | X     | X | X | X | X |   |   | 1310.00              |
| <b>Plan de Manejo de Desechos</b><br>- No aplica  |       |   |   |   |   |   |   | 0                    |
| <b>Plan de Comunicación</b><br>- Efectuar reuniones informativas con la comunidad para socializar las obras que serán ejecutadas, sus riesgos, medidas de prevención, mitigación, rehabilitación y contingencias, beneficios, y para receptar información y/o sugerencias:<br>o Campaña educación inicial: \$720<br>o Volante informativo: \$50 | X     | X | X | X | X |   |   | 770. <sup>00</sup> * |
| <b>Plan de Relaciones Comunitarias</b><br>- Establecer una comunicación permanente durante el desarrollo de la obra, con la población del área de influencia.<br>o Volante informativo: \$50  | X     |   | X |   |   |   |   | 50. <sup>00</sup> *  |
| <b>Plan de Contingencias</b><br>- No aplica   |       |   |   |   |   |   |   | 0                    |
| <b>Plan de Seguridad y Salud</b><br>- Se colocarán los pasos peatonales necesarios debidamente señalizados para los usuarios de la comunidad donde está localizada la obra.<br>o Pasos peatonales - \$127.80  | X     | X | X | X | X |   |   | 127.80               |
| - Instalar rótulos de advertencia o prevención de riesgos a lo largo de toda la obra.<br>o Rótulos Característicos del proyecto - \$756.66<br>o Rótulos de señalización empotrados - \$184.06   | X     | X | X | X | X | X | X | 940.72               |
| - Utilizar conos para indicar el lugar de maniobras y operaciones.<br>o Conos de señalización - \$ 180.00   | X     | X | X | X | X | X | X | 180.00               |
| - Utilizar cintas de seguridad reflexiva y vallas de seguridad para confinar el lugar de maniobras y operaciones.<br>o Cinta reflectiva - \$510.00<br>o Tanques de tool - \$47.52   | X     | X | X | X | X | X | X | 557.52               |
| - Confinamiento de los frentes de obra y otros sitios<br>o Cerramiento de tool - \$465.60   | X     | X | X | X | X | X | X | 671.52               |
| <b>Plan de Monitoreo y Seguimiento</b><br>- No aplica.  |       |   |   |   |   |   |   | 0                    |
| <b>Plan de Rehabilitación de Áreas</b>  |       |   |   |   |   |   |   | 0                    |

|  |  |  |  |  |  |  |  |                    |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--------------------|
| - No aplica.   |  |  |  |  |  |  |  |                    |
| <b>Plan de Cierre, Abandono y Entrega del área</b>   |  |  |  |  |  |  |  | <b>0</b>           |
| - No aplica  |  |  |  |  |  |  |  |                    |
| <b>total USD</b>   | <b>EN LETRAS: CUATRO MIL<br/>TRESCIENTOS VEINTE CON<br/>64/100</b> |  |  |  |  |  |  | <b>\$ 4,320.64</b> |
| * Los costos marcados, corresponden a aquellos que en el cronograma aplican a más de una actividad, sin embargo no se los suma al costo final total. |  |  |  |  |  |  |  |                    |

Nota. Formato SUMA

Elaborado por: Byron Calo

Las actividades de mantenimiento de las redes del sistema de alcantarillado, serán permanentes a lo largo de la vida del proyecto, estas actividades son competencia de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento mediante sus programaciones. Los costos de O&M los asume igualmente la empresa por administración directa.

**CAPÍTULO 5**  
**PRESUPUESTO DETALLADO Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO**

**5.1 Presupuesto detallado**

Tabla 81.

*Presupuesto detallado del proyecto*

| Código   | Rubro  | U. | Cantidad | P.Unitario | Total     |
|--|--|----|----------|------------|-----------|
| <b>COMPONENTE: EXPROPIACIÓN Y/O INDEMNIZACIÓN A PREDIOS POR SERVIDUMBRE DE PASO.</b>       |  |    |          |            |           |
| 07.006.4.01  | INDEMNIZACION POR SERVIDUMBRE DE PASO                            | m2 | 290.00   | 0.24       | 69.60     |
| <b>COMPONENTE: OBRAS DE CONDUCCIÓN PRIMARIAS Y SECUNDARIAS EMPLAZADAS EN VÍAS PÚBLICAS</b> |  |    |          |            |           |
| <b>CA01 MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>  |  |    |          |            |           |
| 01.001.4.02  | REPLANTEO Y NIVELACION   | m  | 5135.00  | 1.41       | 7240.35   |
| 01.003.4.24  | EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=0.00-2.75m (EN TIERRA)              | m3 | 11463.00 | 2.07       | 23728.41  |
| 01.003.4.25  | EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=2.76-3.99m (EN TIERRA)              | m3 | 938.00   | 2.48       | 2326.24   |
| 01.003.4.26  | EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=4.00-6.00m (EN TIERRA)              | m3 | 383.00   | 3.60       | 1378.80   |
| 01.003.4.27  | EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H>6.00m (EN TIERRA)                   | m3 | 32.00    | 4.77       | 152.64    |
| 01.004.4.01  | RASANTEO DE ZANJA A MANO   | m2 | 4440.00  | 1.20       | 5328.00   |
| 01.005.4.01  | RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)                      | m3 | 12304.00 | 4.18       | 51430.72  |
| 01.007.4.02  | ACARREO MECANICO HASTA 1 km (carga,transporte,volteo)            | m3 | 900.00   | 1.08       | 972.00    |
| 01.007.4.63  | SOBREACARREO (transporte/medios mecanicos) (SE PAGARA EN m3/km ) | u  | 13500.00 | 0.36       | 4860.00   |
| 01.008.4.01  | ENTIBADO (APUNTALAMIENTO) ZANJA                                  | m2 | 3943.00  | 6.24       | 24604.32  |
| <b>CA02 TUBERÍA PLÁSTICA</b>   |  |    |          |            |           |
| 03.004.4.04  | TUBERIA PVC UE ALCANTARILLADO D.N.I. 300MM (MAT.TRAN.INST)       | m  | 3691.00  | 27.31      | 100801.21 |
| 03.004.4.05  | TUBERIA PVC UE ALCANTARILLADO D.N.I. 400MM (MAT.TRAN.INST)       | m  | 422.00   | 45.92      | 19378.24  |
| 03.004.4.06  | TUBERIA PVC UE ALCANTARILLADO D.N.I. 450MM (MAT.TRAN.INST)       | m  | 541.00   | 46.34      | 25069.94  |
| 03.004.4.27  | TUBERIA PVC UE ALCANTARILLADO D.N.I. 500MM (MAT.TRAN.INST)       | m  | 61.00    | 71.63      | 4369.43   |
| 03.004.4.08  | TUBERIA PVC UE ALCANTARILLADO D.N.I. 600MM (MAT.TRAN.INST)       | m  | 319.00   | 84.25      | 26875.75  |
| <b>COMPONENTE: POZOS DE REGISTRO</b>   |  |    |          |            |           |
| <b>CA03 POZOS DE REVISIÓN TIPO B1</b>  |  |    |          |            |           |

| Código   | Rubro  | U. | Cantidad | P.Unitario | Total     |
|--|--|----|----------|------------|-----------|
| 03.007.4.15  | POZO REVISION H.S. H=1.26-1.75M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)                  | u  | 1.00     | 511.69     | 511.69    |
| 03.007.4.16  | POZO REVISION H.S. H=1.76-2.25M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)                  | u  | 9.00     | 582.32     | 5240.88   |
| 03.007.4.17  | POZO REVISION H.S. H=2.26-2.75M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)                  | u  | 31.00    | 637.54     | 19763.74  |
| 03.007.4.24  | POZO REVISION H.S. H=2.76-3.25M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)                  | u  | 29.00    | 708.10     | 20534.90  |
| 03.007.4.18  | POZO REVISION H.S. H=3.26-3.75M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)                  | u  | 7.00     | 772.21     | 5405.47   |
| 03.007.4.19  | POZO REVISION H.S. H=3.76-4.25M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)                  | u  | 3.00     | 841.78     | 2525.34   |
| 03.007.4.2   | POZO REVISION H.S. H=4.26-4.75M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)                  | u  | 1.00     | 910.06     | 910.06    |
| 03.007.4.25  | POZO REVISION H.S. H=5.76-6.25M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)                  | u  | 3.00     | 1106.46    | 3319.38   |
| 03.007.4.23  | POZO REVISION H.S. H=6.76-7.25M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)                  | u  | 1.00     | 1240.07    | 1240.07   |
|  | <b>CA04 POZOS DE SALTO H=1.25m</b>   |    |          |            |           |
| 01.009.4.01  | ACERO REFUERZO fy=4200 kg/cm2 (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)                       | Kg | 2056.020 | 1.910      | 3926.9982 |
| 01.010.4.07  | ENCOFRADO/DEENCOFRADO TABLERO CONTRACHAPADO  | m2 | 150.000  | 13.250     | 1987.5    |
| 01.011.4.06  | HORMIGON SIMPLE f'c=280kg/cm2  | m3 | 23.280   | 136.360    | 3174.4608 |
| 01.011.4.37  | HORMIGON SIMPLE REPLANTILLO f'c=140KG/CM2  | m3 | 1.080    | 118.240    | 127.6992  |
| 01.012.4.03  | JUNTAS IMPERMEABLES PVC 18 CM  | m  | 11.400   | 11.050     | 125.97    |
| 01.025.4.01  | ESTRIBO DE VARILLA 16MM GALVANIZADO EN CALIENTE (POZOS ALC.) (PROVISION Y MONTAJE) | u  | 33.000   | 5.390      | 177.87    |
| 03.010.4.14  | TAPA CON CERCO HF D=600MM (MAT,TRANS,INST)   | u  | 3.000    | 171.460    | 514.38    |
| <b>COMPONENTE: OBRAS DE DRENAJE, RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS Y CONEXIONES DOMICILIARIAS</b> |  |    |          |            |           |
|  | <b>CA05 CONEXIONES DOMICILIARIAS</b>   |    |          |            |           |
| 01.003.4.24  | EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=0.00-2.75m (EN TIERRA)                                | m3 | 1089.00  | 2.07       | 2254.23   |
| 01.005.4.01  | RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)  | m3 | 1060.00  | 4.18       | 4430.80   |
| 01.007.4.02  | ACARREO MECANICO HASTA 1 km (carga,transporte,volteo)                              | m3 | 29.00    | 1.08       | 31.32     |
| 01.007.4.63  | SOBREACARREO (transporte/medios mecanicos) (SE PAGARA EN m3/km )                   | u  | 435.00   | 0.36       | 156.60    |
| 03.004.4.01  | TUBERIA PVC UE ALCANTARILLADO D.N.I. 160MM (MAT.TRAN.INST)                         | m  | 711.00   | 9.59       | 6818.49   |
| 03.006.4.27  | SILLA YEE 300*160 mm (MAT/TRANS/INST)  | u  | 114.00   | 16.08      | 1833.12   |
| 03.006.4.07  | SILLA YEE 400 X 160MM (MAT/TRAN/INST)  | u  | 32.00    | 25.88      | 828.16    |
| 03.008.4.01  | CAJA DOMICILIARIA H=0.60-1.50M CON TAPA H.A.                                       | u  | 146.00   | 91.75      | 13395.50  |
| 03.014.4.04  | EMPATE A TUBERIA PLASTICA  | u  | 146.00   | 12.44      | 1816.24   |
| 03.009.4.01  | SUMIDERO CALZADA CERCO/REJILLA HF (PROVISION Y MONTAJE)                            | u  | 116.00   | 147.74     | 17137.84  |

| Código   | Rubro  | U. | Cantidad | P.Unitario | Total   |
|--|--|----|----------|------------|---------|
| 03.004.4.77  | TUBERIA PLASTICA ALCANTARILLADO D.N.I. 200MM (MAT.TRAN.INST)                       | m  | 440.80   | 15.54      | 6850.03 |
| 03.014.4.03  | EMPATE A POZO MORTERO 1:3  | u  | 116.00   | 10.76      | 1248.16 |
| <b>COMPONENTE: PLANTA DE TRATAMIENTO Y DESCARGA HACIA EL CUERPO RECEPTOR</b> |  |    |          |            |         |
|  | <b>CA06 SEPARADOR CAUDALES (P61)</b>   |    |          |            |         |
| 01.001.4.01  | REPLANTEO Y NIVELACION ESTRUCTURAS   | m2 | 12.00    | 1.19       | 14.28   |
| 01.002.4.01  | DESBROCE Y LIMPIEZA  | m2 | 12.00    | 1.27       | 15.24   |
| 01.003.4.36  | EXCAVACION A MAQUINA CIELO ABIERTO (EN TIERRA)                                     | m3 | 35.00    | 1.86       | 65.10   |
| 01.007.4.21  | DESALOJO DE MATERIAL 5KM CARGADO MECANICO  | m3 | 35.00    | 1.76       | 61.60   |
| 01.009.4.01  | ACERO REFUERZO fy=4200 kg/cm2 (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)                       | Kg | 756.00   | 1.91       | 1443.96 |
| 01.010.4.07  | ENCOFRADO/DESENCOFRADO TABLERO CONTRACHAPADO                                       | m2 | 56.00    | 13.25      | 742.00  |
| 01.011.4.04  | HORMIGON SIMPLE f'c=210kg/cm2  | m3 | 8.80     | 128.66     | 1132.21 |
| 01.011.4.37  | HORMIGON SIMPLE REPLANTILLO f'c=140KG/CM2  | m3 | 0.52     | 118.24     | 61.48   |
| 01.025.4.01  | ESTRIBO DE VARILLA 16MM GALVANIZADO EN CALIENTE (POZOS ALC.) (PROVISION Y MONTAJE) | u  | 11.00    | 5.39       | 59.29   |
| 03.010.4.14  | TAPA CON CERCO HF D=600MM (MAT,TRANS,INST)   | u  | 2.00     | 171.46     | 342.92  |
| 01.012.4.03  | JUNTAS IMPERMEABLES PVC 18 CM  | m  | 10.80    | 11.05      | 119.34  |
| 01.027.4.16  | ENLUCIDO VERTICAL CON IMPERMEABILIZANTE  | m2 | 23.00    | 9.28       | 213.44  |
|  | <b>CA07 FOSA SÉPTICA - FILTRO ANAEROBIO</b>  |    |          |            |         |
| 01.001.4.01  | REPLANTEO Y NIVELACION ESTRUCTURAS   | m2 | 54.00    | 1.19       | 64.26   |
| 01.002.4.01  | DESBROCE Y LIMPIEZA  | m2 | 54.00    | 1.27       | 68.58   |
| 01.003.4.36  | EXCAVACION A MAQUINA CIELO ABIERTO (EN TIERRA)                                     | m3 | 137.00   | 1.86       | 254.82  |
| 01.005.4.01  | RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)  | m3 | 30.00    | 4.18       | 125.40  |
| 01.007.4.21  | DESALOJO DE MATERIAL 5KM CARGADO MECANICO  | m3 | 130.00   | 1.76       | 228.80  |
| 01.009.4.01  | ACERO REFUERZO fy=4200 kg/cm2 (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)                       | Kg | 3564.00  | 1.91       | 6807.24 |
| 01.010.4.06  | ENCOFRADO/DESENCOFRADO MADERA MONTE CEPILLADA                                      | m2 | 60.00    | 9.38       | 562.80  |
| 01.010.4.05  | ENCOFRADO/DESENCOFRADO LOSA SUPERIOR (TANQUE)                                      | m2 | 38.00    | 12.44      | 472.72  |
| 01.010.4.03  | ENCOFRADO/DESENCOFRADO PAREDES 2 LADOS (TANQUE)                                    | m2 | 135.00   | 32.83      | 4432.05 |
| 01.011.4.04  | HORMIGON SIMPLE f'c=210kg/cm2  | m3 | 35.70    | 128.66     | 4593.16 |
| 01.011.4.37  | HORMIGON SIMPLE REPLANTILLO f'c=140KG/CM2  | m3 | 1.15     | 118.24     | 135.98  |
| 01.016.4.36  | REPLANTILLO DE PIEDRA E=15CMS  | m2 | 32.00    | 5.11       | 163.52  |

| Código      | Rubro   | U. | Cantidad | P.Unitario | Total   |
|-------------|---|----|----------|------------|---------|
| 01.025.4.01 | ESTRIBO DE VARILLA 16MM GALVANIZADO EN CALIENTE (POZOS ALC.) (PROVISION Y MONTAJE)                      | u  | 18.00    | 5.39       | 97.02   |
| 01.018.4155 | TAPA BOCA VISITA TOOL CORRUGADO 4mm - SIN CERCO (PROVISION Y MONTAJE)                                   | m2 | 3.00     | 85.54      | 256.62  |
| 01.009.4.69 | MALLA ELECTROSOLDADA 150x150x6mm  | m2 | 11.00    | 6.94       | 76.34   |
| 01.027.4.16 | ENLUCIDO VERTICAL CON IMPERMEABILIZANTE   | m2 | 138.00   | 9.28       | 1280.64 |
| 04.013.4.20 | CAJA DE REVISION 0.80x0.80 m (DE LADRILLO) TAPA H.A.  | u  | 2.00     | 79.11      | 158.22  |
| 02.007.4.05 | VALVULA COMPUERTA 08" (MAT/TRANS/INST)  | u  | 2.00     | 763.56     | 1527.12 |
| 02.030.4.02 | GRAVA PARA FILTROS (MATERIAL, TRANSPORTE E INSTALACION EN FILTRO DE ACUERDO A DISEÑO)                   | m3 | 11.40    | 20.57      | 234.50  |
| 03.005.4.13 | CODO PVC 110MM DESAGUE (MAT.TRAN.INST)  | u  | 4.00     | 4.29       | 17.16   |
| 03.005.4.15 | CODO PVC 200MM DESAGUE (MAT.TRAN.INST)  | u  | 10.00    | 33.31      | 333.10  |
| 03.005.4.29 | TEE PVC 200MM DESAGUE (MAT.TRAN.INST)   | u  | 4.00     | 34.39      | 137.56  |
| 03.005.4.38 | YEE DOBLE PVC 200MM DESAGUE (MAT/TRANS/INST)  | u  | 1.00     | 34.39      | 34.39   |
| 03.005.4.03 | TUBERIA PVC 110MM DESAGUE (MAT/TRAN/INST)   | m  | 2.00     | 5.32       | 10.64   |
| 03.005.4.05 | TUBERIA PVC 200MM DESAGUE (MAT/TRAN/INST)   | m  | 48.00    | 17.95      | 861.60  |
| 04.016.4.69 | ABRAZADERA 8" (PROVISION E INSTALACION)   | u  | 4.00     | 8.15       | 32.60   |
| 04.020.4.07 | CERRAMIENTO MALLA TRIPLE GALVAN. TUBO HG 2" H=2.4M  | m  | 80.00    | 42.66      | 3412.80 |
| 04.020.4.50 | CERRAMIENTO PROVISIONAL CON TELA DE YUTE (H=1.25m) PINGOS CADA 2m                                       | m  | 35.00    | 5.36       | 187.60  |
| 01.020.4.15 | COMPUERTA DE TABLON CHANUL-DESVIO DE AGUA(INCLUYE RIELES,ACCESORIOS,INSTAL.)                            | m2 | 1.00     | 60.35      | 60.35   |
| 01.009.4.13 | MALLA ALAMBRE GALLINERO   | m2 | 1.00     | 3.14       | 3.14    |
| 03.007.4.16 | POZO REVISION H.S. H=1.76-2.25M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)                                       | u  | 2.00     | 582.32     | 1164.64 |
| 01.018.4113 | PUERTA DE MALLA 50/10 Y TUBO GALVANIZADO 1 1/4 TIPO EMAAP-Q SIN LOGOTIPO (PROVISION, MONTAJE Y PINTURA) | m2 | 10.00    | 93.41      | 934.10  |
|             | <b>CA08 LECHO DE SECADO DE LODOS</b>  |    |          |            |         |
| 01.003.4.17 | EXCAVACION A MANO CIELO ABIERTO (EN TIERRA)   | m3 | 13.00    | 4.88       | 63.44   |
| 01.003.4.36 | EXCAVACION A MAQUINA CIELO ABIERTO (EN TIERRA)  | m3 | 20.00    | 1.86       | 37.20   |
| 01.010.4.07 | ENCOFRADO/DESENCOFRADO TABLERO CONTRACHAPADO  | m2 | 26.00    | 13.25      | 344.50  |
| 01.011.4.04 | HORMIGON SIMPLE f <sub>c</sub> =210kg/cm <sup>2</sup>   | m3 | 3.60     | 128.66     | 463.18  |
| 01.014.4.1  | MAMPOSTERIA LADRILLO MAMBRON COMUN  | m2 | 10.00    | 13.52      | 135.20  |
| 01.016.4.50 | CONFORMACION DE SUBRASANTE (A MANO)   | m2 | 12.00    | 0.77       | 9.24    |
| 03.011.4.01 | ARENA EN ZANJA DE INFILTRACION  | m3 | 1.80     | 20.57      | 37.03   |

| Código      | Rubro  | U. | Cantidad | P.Unitario | Total   |
|-------------|--|----|----------|------------|---------|
| 03.011.4.02 | GRAVA EN ZANJA DE INFILTRACION                                     | m3 | 2.80     | 20.57      | 57.60   |
| 02.003.4.96 | TUBERIA PVC U/E 0.63Mpa 200mm (MAT/TRANS)                          | m  | 18.00    | 15.49      | 278.82  |
| 03.005.4.09 | TUBERIA PVC 200MM PERFORADA (MAT/TRAN/INST)                        | m  | 6.00     | 20.43      | 122.58  |
| 01.027.4.16 | ENLUCIDO VERTICAL CON IMPERMEABILIZANTE                            | m2 | 22.00    | 9.28       | 204.16  |
|             | <b>CA09 CANAL ESCALONADO Y TUBERÍA DESCARGA PLUVIAL</b>            |    |          |            |         |
| 01.002.4.01 | DESBROCE Y LIMPIEZA  | m2 | 158.00   | 1.27       | 200.66  |
| 01.001.4.01 | REPLANTEO Y NIVELACION ESTRUCTURAS                                 | m2 | 158.00   | 1.19       | 188.02  |
| 01.003.4.01 | EXCAVACION ZANJA A MANO H=0.00-2.75m (EN TIERRA)                   | m3 | 180.00   | 6.81       | 1225.80 |
| 01.005.4.01 | RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)                        | m3 | 60.00    | 4.18       | 250.80  |
| 01.004.4.01 | RASANTEO DE ZANJA A MANO   | m2 | 158.00   | 1.20       | 189.60  |
| 01.007.4.06 | ACARREO MANUAL MATERIAL 100m                                       | m3 | 79.00    | 4.82       | 380.78  |
| 01.011.4.04 | HORMIGON SIMPLE f'c=210kg/cm2                                      | m3 | 37.50    | 128.66     | 4824.75 |
| 01.009.4.69 | MALLA ELECTROSOLDADA 150x150x6mm                                   | m2 | 425.00   | 6.94       | 2949.50 |
| 01.010.4.07 | ENCOFRADO/DESENCOFRADO TABLERO CONTRACHAPADO                       | m2 | 123.00   | 13.25      | 1629.75 |
| 03.004.4.06 | TUBERIA PVC UE ALCANTARILLADO D.N.I. 450MM (MAT.TRAN.INST)         | m  | 90.00    | 46.34      | 4170.60 |
| 03.007.4.24 | POZO REVISION H.S. H=2.76-3.25M (TAPA CERCO H.FUNDIDO Y PELDAÑOS)  | u  | 1.00     | 708.10     | 708.10  |
|             | <b>CA10 DISIPADOR TIPO PANTALLA</b>                                |    |          |            |         |
| 01.002.4.01 | DESBROCE Y LIMPIEZA  | m2 | 9.00     | 1.27       | 11.43   |
| 01.001.4.01 | REPLANTEO Y NIVELACION ESTRUCTURAS                                 | m2 | 9.00     | 1.19       | 10.71   |
| 01.003.4.17 | EXCAVACION A MANO CIELO ABIERTO (EN TIERRA)                        | m3 | 5.00     | 4.88       | 24.40   |
| 01.016.4.36 | REPLANTILLO DE PIEDRA E=15CMS                                      | m2 | 3.80     | 5.11       | 19.42   |
| 01.009.4.01 | ACERO REFUERZO fy=4200 kg/cm2 (SUMINISTRO, CORTE Y COLOCADO)       | Kg | 272.00   | 1.91       | 519.52  |
| 01.011.4.04 | HORMIGON SIMPLE f'c=210kg/cm2                                      | m3 | 2.90     | 128.66     | 373.11  |
| 01.010.4.07 | ENCOFRADO/DESENCOFRADO TABLERO CONTRACHAPADO                       | m2 | 22.30    | 13.25      | 295.48  |
| 01.012.4.03 | JUNTAS IMPERMEABLES PVC 18 CM                                      | m  | 6.00     | 11.05      | 66.30   |
|             | <b>CA11 TRABAJOS VARIOS</b>  |    |          |            |         |
| 01.016.4.18 | SUB-BASE CLASE 3   | m3 | 67.00    | 16.83      | 1127.61 |
| 01.039.4.13 | ENSAYO DE COMPACTACION CON DENSIMETRO NUCLEAR                      | u  | 3.00     | 20.04      | 60.12   |
| 01.041.4.14 | PRUEBAS HIDROSTATICAS EN RED DE ALCANTARILLADO D.I. DE 250 A 550mm | m  | 4530.00  | 0.54       | 2446.20 |

| Código      | Rubro  | U. | Cantidad | P.Unitario | Total            |
|-------------|--|----|----------|------------|------------------|
| 03.014.4.03 | EMPATE A POZO MORTERO 1:3  | u  | 2.00     | 10.76      | 21.52            |
| 06.004.4.23 | REPARACION CONEXION DOMICILIARIA 1/2"-1" AGUA POTABLE  | u  | 6.00     | 10.50      | 63.00            |
| 01.030.4.17 | DERROCAMIENTO DE MAMPOSTERIA DE BLOQUE (HERRAMIENTA MENOR)   | m2 | 68.00    | 1.96       | 133.28           |
| 01.016.4.27 | DESEMPEDRADO   | m2 | 616.31   | 1.76       | 1084.70          |
| 01.016.4.29 | REEMPEDRADO (MAT. EXISTENTE)   | m2 | 616.31   | 4.77       | 2939.79          |
| 05.007.4.03 | SAQUILLO YUTE (TIERRA )  | u  | 600.00   | 1.24       | 744.00           |
| 01.036.4.01 | NIVELACION POZO A POZO PARA CATASTRO-INCLUYE CALCULO LIBRETA Y DIBUJO PERFILES   | Km | 5.14     | 257.70     | 1323.29          |
| 01.036.4.05 | POLIGONO DE CALLES PARA CATASTRO   | Km | 5.14     | 151.22     | 776.51           |
| 01.036.4.54 | ELABORACION DE PLANO AS BUILT LAMINA, TAMAÑO A0 O A1   | u  | 4.00     | 54.96      | 219.84           |
|             | <b>CA12 MITIGACIÓN AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL</b>  |    |          |            |                  |
| 01.018.4.66 | TANQUE DE TOL DE 55 GLNS (PROVISION Y MONTAJE)   | u  | 3.00     | 15.84      | 47.52            |
| 01.024.4.01 | ROTULOS CON CARACTERISTICAS DEL PROYECTO (PROVISION Y MONTAJE)   | m2 | 13.00    | 55.82      | 725.66           |
| 01.024.4.08 | CONO DE SEÑALIZACION VIAL  | u  | 10.00    | 18.00      | 180.00           |
| 01.024.4.09 | CINTA REFLECTIVA - ROLLO 3" X 200 PIES (CON LEYENDA)   | u  | 25.00    | 20.40      | 510.00           |
| 01.024.4.28 | ROTULOS DE SEÑALIZACION EMPOTRADO, EN TOOL Y POSTES HG 2" - INCL. LOGOS Y LEYENDA EN VINILO REFLECTIVO (PROVISION Y MONTAJE) | u  | 2.00     | 92.03      | 184.06           |
| 03.016.4.01 | PASOS PEATONALES DE MADERA 1.2m ANCHO  | m  | 12.00    | 10.65      | 127.80           |
| 04.020.4.55 | CERRAMIENTO DE TOOL,ANGULO/TUBO RECT.,PINGO/VIGA (6 USOS) (SUMINISTRO, MONTAJE Y PINTURA)                                    | m2 | 32.00    | 14.55      | 465.60           |
| 07.003.4.01 | CONTROL DE POLVO - INCL. AGUA  | m3 | 100.00   | 13.10      | 1310.00          |
| 07.005.4.07 | VOLANTE INFORMATIVO - HOJA A5 (INCLUYE DISTRIBUCION)   | u  | 1000.00  | 0.05       | 50.00            |
| 07.005.4.29 | CAMPAÑA EDUCATIVA INICIAL  | u  | 2.00     | 360.00     | 720.00           |
|             |  |    |          | <b>Σ=</b>  | <b>492925.05</b> |

Nota.

Elaborado por: Byron Calo

Nota: los precios unitarios incluyen un costo indirecto del 20%, pero no el valor del impuesto al valor agregado (IVA). En el *anexo 25* se incluye el análisis de los precios unitarios.



## 5.2 Fuentes de financiamiento

Tabla 82.

*Fuentes de financiamiento*

| COMPONENTES   | FUENTES DE FINANCIAMIENTO (dólares) |             |          |            |             |                      |
|---|-------------------------------------|-------------|----------|------------|-------------|----------------------|
|   | Externas                            |             | Internas |            |             |                      |
|   | Crédito                             | Cooperación | Crédito  | Fiscales   | Autogestión | A. Comunidad         |
| Expropiación y/o indemnización a predios por servidumbre de paso.         |                                     |             |          | 69.60      |             |                      |
| Obras de conducción primarias y secundarias emplazadas en vías públicas   |                                     |             |          | 298,516.05 |             |                      |
| Pozos de registro   |                                     |             |          | 69,486.41  |             |                      |
| Obras de drenaje, recolección de aguas lluvias y conexiones domiciliarias |                                     |             |          | 56,800.49  |             |                      |
| Planta de tratamiento y descarga hacia el cuerpo receptor                 |                                     |             |          | 68,052.50  |             |                      |
| SUB-TOTAL   |                                     |             |          |            |             | \$ 492,925.05        |
| <b>INVERSIÓN TOTAL</b>  |                                     |             |          |            |             | <b>\$ 492,925.05</b> |

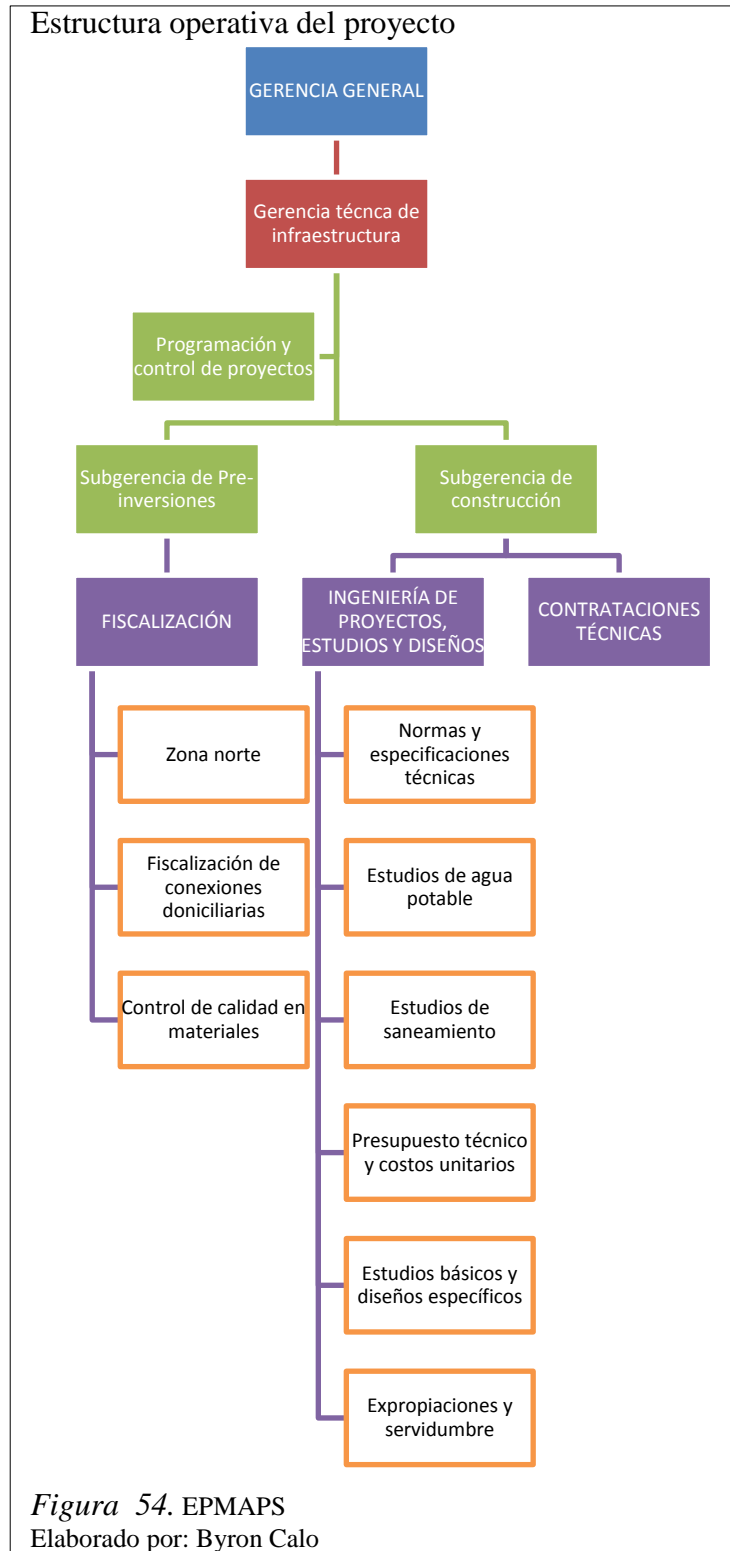
Nota. Tabla en base a formato SENPLADES

Elaborado por: Byron Calo

# CAPÍTULO 6

## ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN

### 6.1 Estructura operativa



## **6.2 Arreglos institucionales**

El proyecto está organizado y financiado por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, de acuerdo a sus políticas y gestiones internas; así mismo se encargará de la administración y operación del mismo.

La coordinación para la construcción se realizará mediante concurso público a través del Servicio Nacional de Contratación Pública (SERCOP). Además se coordinará la ejecución del proyecto en temas específicos con la Municipalidad de Quito, la Empresa Pública Metropolitana de Movilidad y Obras Públicas (EPMOP) y la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA).

## **6.3 Cronograma valorado por componentes y actividades**

En el *anexo 26* se presenta el cronograma valorado de trabajos con su respectiva curva de inversión.

## **CAPÍTULO 7**

### **ESTRATEGIA DE SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN**

#### **7.1 Monitoreo de la ejecución**

La Empresa Pública de Agua Potable y Saneamiento, como institución encargada de la ejecución, supervisión y mantenimiento del proyecto dispone de los departamentos necesarios y eficientes, especialmente del área de FISCALIZACIÓN que será la encargada de supervisar al contratista adjudicado por medio de:

- a) Informes
- b) Inspección visual
- c) Revisión del libro de obra
- d) Control de materiales
- e) Control de mano de obra
- f) Planillas
- g) Fotos
- h) Visitas periódicas
- i) Control del cronograma de avance.
- j) Aplicación de especificaciones técnicas.

#### **7.2 Evaluación de resultados e impactos**

Se sujetará al plan de manejo ambiental del proyecto establecido en la sección 4.3.2.9 y su total cumplimiento supervisado por el Departamento de Gestión Ambiental Empresarial y la Unidad de Ingeniería Ambiental y Ecoeficiencia de la EPMAPS.

## CONCLUSIONES

- La densidad del proyecto actual no corresponde a la proyectada de acuerdo al último censo de población y vivienda (año 2010), debido a la existencia de población flotante presente en el sector, por lo que se realizó una encuesta mediante a una muestra representativa, determinando una densidad actual de 28.1 hab/Ha; también permitió obtener indicadores sociales esenciales para la línea base del proyecto.
- El área intervenida por el proyecto es de 28.324 Ha y una población demandante efectiva actual de 796 habitantes; asimismo se determinó que al final del periodo de diseño (30 años) la población beneficiada será de 1665 habitantes.
- Se realizó el levantamiento topográfico georeferenciado en coordenadas TM-QUITO WGS84, abscisando el eje de vía cada 10m para definir el perfil del terreno natural y tomando detalles específicos de casas, cerramientos, pozos y lotes existentes que ayudan a un diseño adecuado.
- El estudio geotécnico incluyó toma de muestras alteradas e inalteradas; se realizó 3 calicatas en diferentes zonas del proyecto y un ensayo triaxial en la zona de implantación de las estructuras de tratamiento de aguas residuales. Los resultados muestran la presencia de suelos limos-arenosos con presencia de pómez y una capacidad portante admisible en la zona de la PTAR por encima de 150 Kg/cm<sup>2</sup> debido a un suelo excepcionalmente resistente.
- El estudio de suelos recomienda que la profundidad de cimentación sea no mayor a 1.5m y de acuerdo al cálculo los asentamientos serán despreciables en la zona de implantación de la PTAR.
- El estudio hidrológico determinó intensidades de precipitación menores 120 mm/h para periodos de retorno menores a 10 años que es lo empleado en el proyecto; también de acuerdo a la estación meteorológica (M343) los meses de mayo a septiembre serán los de tiempo seco. Se determinaron los caudales máximos de crecida de la quebrada El Quinche para periodos de retorno de 5 y 10 años, obteniendo caudales de 11.96 y 14.35 m<sup>3</sup>/s respectivamente.

- El estudio del sistema de alcantarillado planteó alternativas de sistemas independientes (aguas lluvia-sanitario) versus sistema combinado; para tal efecto se realizaron diferentes trazados y sitios de descarga.
- Para el diseño de las diferentes alternativas del sistema se empleó tubería PVC, que por sus características de resistencia, hidráulicas y eficiencia de instalación en obra es ventajosa.
- El sistema sanitario contempló descarga directa a la red existente ‘La Esperanza’ para un horizonte de diseño de 30 años y en base a la normativa vigente de le EPMAPS. Los principales parámetros de diseño son: dotación 210 l/hab\*día, coeficiente de retorno igual a 0.7, coeficiente de mayoración igual 2.66 y diámetros mínimos de 300mm.
- Para el caso del diseño de la red de aguas lluvia se proyecta su descarga en la quebrada El Quinche; para determinar los caudales pluviales se empleó la ecuación de intensidad DAC-Aeropuerto y el método racional. Los parámetros de diseño principales fueron: periodo de retorno 5 años, tiempo de concentración inicial 12 minutos y coeficientes de escorrentía igual a 0.3 y 0.13 para uso residencial y vegetación respectivamente.
- La descarga de la escorrentía pluvial contempló dos tramos, el primero un canal escalonado y el segundo canal denominado ‘rápida’ que a su llegada al cuerpo receptor se dimensionó un pozo de disipación de energía.
- De acuerdo a las condiciones topográficas del proyecto el diseño de la alternativa combinada determina que el 65% del caudal generado puede ser descargado a la red existente ‘La esperanza’ y su remanente a la quebrada El Quinche previo tratamiento. Esta alternativa considera el dimensionamiento de un separador de caudales, el cual desviará 439.61 l/s hacia un canal escalonado de sección 0.7x0.8m, y este a su vez a tubería PVC que descargará hacia el cuerpo receptor.
- Para la alternativa del sistema combinado fue necesario el diseño de una estructura disipadora tipo impacto a fin de evitar la socavación del cauce en la quebrada.

- Para el diseño de la PTAR se empleó los límites de descarga establecido en el TULAS, del cual se derivó que el tratamiento de aguas residuales será una fosa séptica complementada con filtro anaerobio de flujo ascendente, el mismo que espera remover como mínimo el 60% del DBO5 y un 70% de los sólidos en suspensión.
- Luego de finalizados los diseños de cada alternativa y la comparación de aspectos técnicos-económicos de las mismas, se determinó que la red combinada es la de mayor eficiencia, menor costo y tiempo de ejecución.
- Los resultados obtenidos al modelar la red de alcantarillado en el software SewerGEMS V8i varían en un 4% con los calculados en MS excel, es decir los resultados fueron ratificados.
- En general se instalarán 5032m de tubería PVC entre diámetros de 300, 400, 450,500 y 600mm, 85 pozos de inspección y 3 pozos de salto en H.A. Además inicialmente se construirán 146 conexiones domiciliarias ya que el sector no cuenta en su totalidad con el servicio de agua potable.
- Las deflexiones de tuberías PVC de 300 y 600mm son de 2.66 y 2.35% respectivamente, lo que significa que no excede la máxima permisible (5%).
- De acuerdo a las características topográficas y condiciones básicas de la geometría de las vías se ubicaron 116 sumideros estándar de la EPMAPS, que al calcular los caudales de aproximación e intercepción se concluyó que son suficientes para captar toda escorrentía producida.
- Las especificaciones técnicas del proyecto fueron facilitadas por las EPMAPS que son comunes para cualquier proyecto de saneamiento y sus respectivos planos fueron elaborados y configurados de acuerdo a las normas de dibujo que la empresa establece.
- Luego del cálculo de los volúmenes de obra, el presupuesto referencial (inversión) es de 492925.05 dólares donde se incluye un costo indirecto del 20% pero no el valor del IVA. Así mismo para el análisis financiero se incluyeron costos de operación y mantenimiento, ingresos por servicio de agua potable de 0.31 \$/m<sup>3</sup>

del cual el 16.6% se deriva al servicio de alcantarillado, ingresos por acometida domiciliaria de 176.72 \$/conex. y finalmente la valoración del beneficio por ahorro en atención médica.

- Se realizó el flujo de caja del proyecto para el año horizonte de 30 años; los indicadores financieros: TIR, VAN, B/C son de 13.67%, 7266.91 \$ y 1.12 respectivamente, lo que significa que el proyecto resulta viable socialmente.
- El análisis de sensibilidad del proyecto muestra que para una tasa de interés del mercado de 12% los ingresos se pueden disminuir en un 19%, costos de O&M aumentar en un 77% y los beneficios reducirlos en un 26%.
- Para la categorización ambiental del proyecto se establecieron dos actividades, de las cuales se eligió la de mayor jerarquía; es decir categoría II que de acuerdo a ley ambiental vigente (SUMA) se requiere elaborar una ficha ambiental.
- La ficha ambiental se elaboró en concordancia con el manual de la categoría II, la cual establece la elaboración de un Plan de Manejo Ambiental, y este a su vez incluye planes de: prevención y mitigación de impactos, manejo de desechos, comunicación y capacitación, relaciones comunitarias, contingencias, seguridad y salud ocupacional, monitoreo y seguimientos, rehabilitación de áreas contaminadas y cierre, abandono y entrega.
- El proyecto contempla una duración en su construcción de 7 meses, con una población beneficiada inicial de 576 personas; el proyecto debe poseer una cuadrilla mínima de 24 personas que serán distribuidas en 2 frentes de obra ya que con esta premisa se elaboró y determinó los rendimientos del cronograma valorado.



## RECOMENDACIONES

- Para tener una idea más detallada de la estratigrafía del suelo a excavar debe realizarse sondeos de ensayos de penetración estándar (SPT) principalmente donde las alturas de corte del terreno supere los 4m. Se recomienda se lo realice en las calle N, y calle C.
- El levantamiento topográfico de la zona de descarga se halla con curvas de nivel cada 5 metros, por tal razón es aconsejable realizarlo a un mayor detalle ya que por razones de seguridad y la presencia de vegetación espesa complicó esta labor.
- Puesto que no todo el sector posee el servicio de agua potable, se deben gestionar la ampliación de redes a fin que la mayor cantidad de personas puedan acceder al servicio a corto plazo.
- Existen varios rubros que para su ejecución no poseen especificaciones técnicas, en consecuencia debe prestarse mayor atención a su ejecución en concordancia a los planos e investigación por parte del constructor.
- Previa la ejecución del proyecto es necesario existan acuerdos de negociación de los pasos de servidumbre que están establecidos en los planos, estos deben estar resueltos previa adjudicación del oferente.
- Para el cálculo de los ingresos por cobro del servicio de alcantarillado y acometidas domiciliarias no se considera el aumento del mismo en los 30 años de vida útil, consecuentemente se recomienda actualizar el flujo de caja si es necesario.
- Se debe realizar el registro del proyecto en el SUIA del Ministerio del Ambiente, a fin de obtener el certificado de intersección y continuar con el proceso de obtención de la licencia ambiental previa su ejecución.
- La elaboración del presente estudio está en conocimiento de los moradores del sector El Chamizal pero es necesario una mayor promulgación del mismo cuando se realice los procedimientos precontractuales.

- Durante la etapa de construcción se deberá prestar especial atención a las excavaciones donde se encuentre el canal de riego “El Pisque” ya que requerirá del entibamiento/apuntalamiento especial u otra medida que en obra será implementada.
- Modelar una red de alcantarillado con el software SewerGEMS es un procedimiento monótono; por tal razón su uso debería restringirse para verificar caudales y velocidades o para modelamiento de redes existentes (catastros).
- Pese a que el proyecto contempla 3942 m<sup>2</sup> de entibado de zanjas a partir de profundidades de 2.8m, a criterio del constructor y del suelo en el sitio se recomienda emplear otro sistema de entibamiento como protección en caja a fin de garantizar la seguridad de los obreros.
- La extracción de lodos de acuerdo al diseño será cada 6 semanas, sin embargo se deberá revisar mensualmente los diferentes niveles de la fosa séptica para un correcto funcionamiento.
- El diseño del filtro anaerobio requiere de material granular, sin embargo actualmente existen “rosetones plásticos” que aunque son costosos logran una mayor eficiencia por la fijación de bacterias; a criterio de fiscalización y el constructor se recomienda su uso.
- Los precios unitarios fueron elaborados en base a la remuneración básica unificada del año 2014 y costos de materiales del mismo año; en consecuencia en los procedimientos de contratación se recomienda actualizar los precios o elaborar la correspondiente fórmula polinómica que será incluida en el contrato.
- Luego de la puesta en marcha del proyecto y el tiempo requerido para el funcionamiento de la PTAR se deberá realizar el muestreo del agua residual a la salida del filtro anaerobio de flujo ascendente para determinar la cantidad de DBO removido.

## LISTA DE REFERENCIAS

- Chow, V. T. (1994). *Hidrología aplicada*. Colombia: Martha Edna Suárez.
- Devore, J. L. (2004). *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. México: Thomson.
- EPMAPS. (2009). *Normas de diseño de sistemas de agua potable para la EMAAP-Q*. Quito: V&M Gráficas.
- EPMAPS. (2009). *Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q*. Quito: V&M Gráficas.
- Falconí, D. R. (2011). *Estudio Riesgo Sísmico Chiche*. Quito: n/a.
- Gobierno Provincial Pichincha. (2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia El Quinche 2012-2025*. Quito: Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial el Quinche.
- Juan José Bolinaga et al. (1999). *Proyectos de Ingeniería Hidráulica*. Caracas: Fundación Polar.
- MIDUVI-Cámara Construcción Quito. (2013). Norma Ecuatoriana de la Construcción. En *Peligro Sísmico* (pág. 89). Quito: n/a.
- Quito, D. M. (2014). *Secretaría Territorio, Hábitat y Vivienda*. Recuperado el 7 de Julio de 2014, de [http://sthv.quito.gob.ec/images/indicadores/Barrios/demografia\\_barrio10.htm](http://sthv.quito.gob.ec/images/indicadores/Barrios/demografia_barrio10.htm)
- Salud, O. P. (2005). *Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización*. Lima: COSUDE.
- Sandoval, R. (1993). *Principios de la Hidráulica*. Quito: Escuela Politécnica del Ejército.
- Sanitarias, I. E. (1992). *Normas Técnicas de diseño para los sistemas de agua potable y eliminación de residuos líquidos para poblaciones con mas de 1000 habitantes*. Quito: Subsecretaría de Saneamiento Ambiental.