

**Evaluación y Diseño de los sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de la Vivienda Fiscal del Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía”**

Capt. de E. Jiménez Garrido, Luis Fernando y Haro Haro, Henry Mauricio

Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción

Carrera de Ingeniería Civil

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Civil

PhD. Bolaños Guerrón, Darío Roberto

19 de junio del 2020

# URKUND

## Document Information

<b>Analyzed document</b>	Tesis Luis F Jiménez ft Henry Haro Rev DBG 05-06-2020.docx (D74194278)
<b>Submitted</b>	6/5/2020 8:50:00 PM
<b>Submitted by</b>	CAROLINA DEL ROCIO MONTERO CALDERÓN
<b>Submitter email</b>	cdmontero@uce.edu.ec
<b>Similarity</b>	6%
<b>Analysis address</b>	cdmontero.uce@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>W</b>	URL: <a href="https://docplayer.es/24340401-Universidad-politecnica-salesiana-sede-quito.html">https://docplayer.es/24340401-Universidad-politecnica-salesiana-sede-quito.html</a> Fetched: 1/14/2020 9:35:20 AM	3
<b>W</b>	URL: <a href="https://docplayer.es/128666637-Escuela-politecnica-nacional.html">https://docplayer.es/128666637-Escuela-politecnica-nacional.html</a> Fetched: 11/23/2019 8:50:32 AM	4
<b>W</b>	URL: <a href="https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9441/6/UPS-ST001571.pdf">https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9441/6/UPS-ST001571.pdf</a> Fetched: 9/25/2019 5:58:55 PM	5
<b>W</b>	URL: <a href="https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16077/1/UPS-ST003783.pdf">https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16077/1/UPS-ST003783.pdf</a> Fetched: 10/6/2019 9:36:56 PM	7
<b>W</b>	URL: <a href="https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18473/1/UPS%20-%20ST004453.pdf">https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18473/1/UPS%20-%20ST004453.pdf</a> Fetched: 5/14/2020 1:16:41 AM	4
<b>W</b>	URL: <a href="https://communities.bentley.com/other/old_site_member_blogs/bentley_employees/b/ju...">https://communities.bentley.com/other/old_site_member_blogs/bentley_employees/b/ju...</a> Fetched: 6/5/2020 8:52:00 PM	4
<b>W</b>	URL: <a href="https://docplayer.es/amp/22928810-Capitulo-iv-diseno-de-alcantarillado-sanitario-y...">https://docplayer.es/amp/22928810-Capitulo-iv-diseno-de-alcantarillado-sanitario-y...</a> Fetched: 2/17/2020 9:56:24 PM	10
<b>W</b>	URL: <a href="https://docplayer.es/86514439-Estudio-integral-del-sistema-de-alcantarillado-combi...">https://docplayer.es/86514439-Estudio-integral-del-sistema-de-alcantarillado-combi...</a> Fetched: 11/29/2019 5:39:20 PM	1



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "Evaluación y Diseño de los sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de la Vivienda Fiscal del Fuerte Militar Marco Aurelio Subía" fue realizado por los señores **Capt. de E Jiménez Garrido, Luis Fernando** y **Haro Haro, Henry Mauricio**, el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 11 de junio de 2020

Firma:  


Ing. Bolaños Guerrón Darío Roberto, PhD.

C.C: 171520659-3



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

**RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA**

Nosotros, **Capt. de E Jiménez Garrido, Luis Fernando y Haro Haro Henry Mauricio**, con cédulas de ciudadanía n° 0401322292 y n° 1725676173, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **"Evaluación y Diseño de los sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de la Vivienda Fiscal del Fuerte Militar Marco Aurelio Subía"** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

**Sangolquí, 11 de junio de 2020**

Firma:



**Capt. de E Jiménez Garrido, Luis Fernando**  
C.C: 040132229-2

Firma:



**Haro Haro, Henry Mauricio**  
C.C: 172567617-3



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y LA CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Nosotros, **Capt. de E Jiménez Garrido, Luis Fernando y Haro Haro Henry Mauricio**, con cédulas de ciudadanía n° 0401322292 y n° 1725676173, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **"Evaluación y Diseño de los sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de la Vivienda Fiscal del Fuerte Militar Marco Aurelio Subía"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolqui, 11 de junio de 2020

Firma:

**Capt. de E Jiménez Garrido, Luis Fernando**

**C.C: 040132229-2**

Firma:

**Haro Haro, Henry Mauricio**

**C.C: 172567617-3**

## **Dedicatoria**

A Dios, por ser mi guía espiritual para lograr mis objetivos. A mi esposa e hijos, quienes fueron testigos de este esfuerzo para culminar mi carrera profesional. A mis padres que siempre han sido mi ejemplo a seguir.

LUIS FERNANDO JIMÉNEZ GARRIDO

## **Dedicatoria**

A Dios, por acompañarme en todo momento dándome las fuerzas necesarias para lograr alcanzar mis metas.

A mis padres quienes son un pilar fundamental en mi vida, ya que gracias a ellos soy quien soy hoy en día, siempre estuvieron apoyándome incondicionalmente, a mi hermana y mi abuelita, por siempre brindarme su apoyo para seguir adelante.

HENRY MAURICIO HARO HARO

## **Agradecimiento**

Mi eterna gratitud para mis profesores quienes fueron mis mentores en cada una de asignaturas durante toda mi carrera. En especial, a mi tutor por la transmisión de su sabiduría, experiencia y espíritu de sacrificio.

LUIS FERNANDO JIMÉNEZ GARRIDO



## **Agradecimiento**

Agradezco principalmente a Dios, por permitirme concluir con éxito mis estudios. A mi familia, por apoyarme en todo momento, por todos los consejos brindados, por compartir mis logros como los suyos. A mis amigos, por todos los momentos compartidos durante todo este tiempo.

Finalmente quiero expresar mi agradecimiento al Ing. Darío Bolaños por su guía en la elaboración de este trabajo de titulación.

HENRY MAURICIO HARO HARO

## Índice de Contenidos

<b>Certificación .....</b>	<b>3</b>
<b>Responsabilidad de Autoría.....</b>	<b>4</b>
<b>Autorización de Publicación .....</b>	<b>5</b>
<b>Dedicatoria .....</b>	<b>6</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de Contenidos .....</b>	<b>10</b>
<b>Índice de Tablas .....</b>	<b>13</b>
<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>14</b>
<b>Resumen.....</b>	<b>15</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>16</b>
<b>Generalidades.....</b>	<b>17</b>
<b>Introducción .....</b>	<b>17</b>
<b>Antecedentes .....</b>	<b>18</b>
<b>Justificación .....</b>	<b>19</b>
<b>Objetivos.....</b>	<b>20</b>
<b>Objetivo General.....</b>	<b>20</b>
<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>20</b>
<b>Material y Métodos.....</b>	<b>22</b>
<b>Aspectos físicos.....</b>	<b>22</b>
<b>Ubicación geográfica.....</b>	<b>22</b>
<b>Características físicas .....</b>	<b>23</b>
<b>Infraestructura y servicios.....</b>	<b>24</b>
<b>Aspectos Naturales.....</b>	<b>25</b>
<b>Características climáticas .....</b>	<b>25</b>
<b>Recursos hídricos .....</b>	<b>27</b>
<b>Sistema de distribución de agua potable.....</b>	<b>27</b>
<b>Sistemas a aportarse .....</b>	<b>27</b>
<b>Parámetros de diseño .....</b>	<b>28</b>
<b>Sistemas de alcantarillado .....</b>	<b>32</b>
<b>Sistema a aportar .....</b>	<b>32</b>

Parámetros de diseño .....	33
<b>Resultados y Discusión .....</b>	<b>43</b>
<b>Estudio topográfico .....</b>	<b>43</b>
<b>Estudio de suelos.....</b>	<b>44</b>
<b>Evaluación del sistema de agua potable existente .....</b>	<b>46</b>
<b>Diagnóstico del sistema de agua potable.....</b>	<b>46</b>
<b>Reporte del sistema de agua potable .....</b>	<b>51</b>
<b>Evaluación del sistema de alcantarillado existente .....</b>	<b>52</b>
<b>Catastro de las redes de alcantarillado.....</b>	<b>52</b>
<b>Características generales de la red de alcantarillado existente.....</b>	<b>58</b>
<b>Reporte del sistema de alcantarillado existente .....</b>	<b>59</b>
<b>Medición de caudales.....</b>	<b>63</b>
<b>Diseño del sistema de alcantarillado sanitario .....</b>	<b>65</b>
<b>Consideraciones de la red.....</b>	<b>65</b>
<b>Coeficiente de rugosidad.....</b>	<b>66</b>
<b>Velocidades permisibles en los conductos .....</b>	<b>66</b>
<b>Profundidad hidráulica máxima.....</b>	<b>67</b>
<b>Pendientes.....</b>	<b>67</b>
<b>Diámetro mínimo .....</b>	<b>67</b>
<b>Tuberías .....</b>	<b>68</b>
<b>Conexión domiciliaria.....</b>	<b>69</b>
<b>Pozos de revisión.....</b>	<b>69</b>
<b>Descarga .....</b>	<b>71</b>
<b>Modelación hidráulica .....</b>	<b>72</b>
<b>Bases de evaluación.....</b>	<b>73</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>77</b>
<b>Diseño del sistema de alcantarillado pluvial .....</b>	<b>79</b>
<b>Consideraciones de la red.....</b>	<b>79</b>
<b>Coeficiente de rugosidad.....</b>	<b>79</b>
<b>Velocidades permisibles en los conductos .....</b>	<b>80</b>
<b>Profundidad hidráulica máxima.....</b>	<b>80</b>

<b>Pendientes</b> .....	80
<b>Diámetro mínimo</b> .....	81
<b>Tuberías</b> .....	81
<b>Sumideros</b> .....	81
<b>Pozos de revisión</b> .....	83
<b>Descarga</b> .....	86
<b>Modelación hidráulica</b> .....	87
<b>Bases de evaluación</b> .....	88
<b>Resultados</b> .....	92
<b>Tratamiento de aguas residuales</b> .....	95
<b>Caracterización de las aguas residuales</b> .....	95
<b>Proceso de tratamiento</b> .....	97
<b>Componentes del sistema de tratamiento de aguas residuales.</b> .....	98
<b>Dimensionamiento de la planta de tratamiento</b> .....	104
<b>Presupuesto</b> .....	125
<b>Análisis de precios unitarios</b> .....	125
<b>Presupuesto referencial</b> .....	125
<b>Conclusiones y Recomendaciones</b> .....	129
<b>Conclusiones</b> .....	129
<b>Recomendaciones</b> .....	130
<b>Bibliografía</b> .....	131
<b>Anexos</b> .....	132

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Valores de temperatura registrados en el año 2018 .....	25
<b>Tabla 2</b> Valores de precipitación registrados el mes de septiembre de 2019 .....	26
<b>Tabla 3</b> Población de diseño .....	29
<b>Tabla 4</b> Consumo mensuales de agua .....	30
<b>Tabla 5</b> Coeficiente de retorno .....	34
<b>Tabla 6</b> Asignación del nivel de complejidad del sistema .....	35
<b>Tabla 7</b> Coeficientes de escorrentía para un área urbana .....	38
<b>Tabla 8</b> Periodos de retorno para diferentes ocupaciones del área .....	39
<b>Tabla 9</b> Tiempos de concentración .....	40
<b>Tabla 10</b> Zonificación de intensidades .....	42
<b>Tabla 11</b> Pendiente de calles de la Vivienda Fiscal .....	44
<b>Tabla 12</b> Puntos de estudio.....	45
<b>Tabla 13</b> Estudio de suelos de la Vivienda Fiscal.....	45
<b>Tabla 14</b> Sitio de muestreo (Muestreo 1) .....	47
<b>Tabla 15</b> Resultado de las muestras de agua potable (Muestreo 1) .....	48
<b>Tabla 16</b> Sitios de muestreo (Muestreo 2).....	48
<b>Tabla 17</b> Resultados de las muestras de agua potable (Muestreo 2) .....	49
<b>Tabla 18</b> Presiones en cada una de las manzanas .....	51
<b>Tabla 19</b> Planimetría y Altimetría de los pozos existentes.....	52
<b>Tabla 20</b> Resultados del diagnóstico de la red de alcantarillado existente .....	55
<b>Tabla 21</b> Características generales del sistema de alcantarillado existente .....	58
<b>Tabla 22</b> Caudal en los diferentes tramos considerados .....	64
<b>Tabla 23</b> Valores del coeficiente de rugosidad .....	66
<b>Tabla 24</b> Planimetría y Altimetría de los pozos del sistema de alcantarillado sanitario ..	78
<b>Tabla 25</b> Pozos de registro del alcantarillado pluvial .....	93
<b>Tabla 26</b> Planimetría y Altimetría de los pozos del sistema de alcantarillado pluvial .....	93
<b>Tabla 27</b> Dimensiones de la nueva red pluvial .....	94
<b>Tabla 28</b> Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce .....	95
<b>Tabla 29</b> Resultados de las muestras de agua residual .....	96
<b>Tabla 30</b> Parámetros de diseño para rejas de barra.....	99
<b>Tabla 31</b> Valores de las constantes empíricas .....	102
<b>Tabla 32</b> Criterios de diseño para tanques de sedimentación primaria.....	102
<b>Tabla 33</b> Dimensiones típicas de medidores Parshall .....	111
<b>Tabla 34</b> Límites de aplicación, medidores Parshall con descarga libre .....	112
<b>Tabla 35</b> Valores del exponente n y coeficiente K.....	112
<b>Tabla 36</b> Información típica de diseño para filtros percoladores .....	116
<b>Tabla 37</b> Producción de lodos en litros por persona por día.....	121
<b>Tabla 38</b> Presupuesto referencial del sistema de alcantarillado sanitario .....	126
<b>Tabla 39</b> Presupuesto referencial del sistema de alcantarillado pluvial .....	127
<b>Tabla 40</b> Presupuesto referencial del sistema de tratamiento de aguas residuales.....	128
<b>Tabla 41</b> Presupuesto referencial del cerramiento para la planta de tratamiento.....	128

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía” .....	22
<b>Figura 2</b> Mapa de unidades geológicas de la parroquia de Amaguaña .....	23
<b>Figura 3</b> Precipitación Anual 2013 – 2018 .....	26
<b>Figura 4</b> Punto de agua potable existente en la Vivienda Fiscal .....	46
<b>Figura 5</b> Muestras del agua potable.....	47
<b>Figura 6</b> Distribución por manzanas de la Vivienda Fiscal .....	50
<b>Figura 7</b> Revisión de pozos Colapsados.....	54
<b>Figura 8</b> Terreno de la Vivienda Fiscal.....	54
<b>Figura 9</b> Esquema del sistema de alcantarillado combinado existente.....	58
<b>Figura 10</b> Pozo de revisión con eflorescencia.....	60
<b>Figura 11</b> Pozo de revisión con conexión domiciliaria .....	61
<b>Figura 12</b> Rebosamiento del agua en los pozos de revisión .....	61
<b>Figura 13</b> Pozos que se encuentran en mal estado .....	62
<b>Figura 14</b> Estado de las tuberías del sistema de alcantarillado actual .....	63
<b>Figura 15</b> Tramos considerados para estimar el caudal.....	65
<b>Figura 16</b> Esquema de la conexión domiciliaria .....	69
<b>Figura 17</b> Esquema de Pozo Tipo B1 .....	70
<b>Figura 18</b> Esquema Pozo de Salto .....	71
<b>Figura 19</b> Terreno para la construcción de la PTAR .....	72
<b>Figura 20</b> Modelo del sistema de alcantarillado sanitario .....	73
<b>Figura 21</b> Diámetros de la red sanitaria .....	74
<b>Figura 22</b> Rango de velocidades en el sistema de alcantarillado sanitario.....	75
<b>Figura 23</b> Pendientes de la red de alcantarillado sanitario .....	76
<b>Figura 24</b> Nivel de ocupación de la tubería.....	77
<b>Figura 25</b> Esquema del sumidero de calzada .....	83
<b>Figura 26</b> Esquema de Pozo Tipo B2 .....	84
<b>Figura 27</b> Esquema de Pozo Tipo B3 .....	85
<b>Figura 28</b> Esquema Pozo de Caída Tipo II .....	86
<b>Figura 29</b> Cuerpo receptor de las aguas pluviales .....	87
<b>Figura 30</b> Modelo del sistema de alcantarillado pluvial .....	88
<b>Figura 31</b> Diámetros del sistema de alcantarillado pluvial.....	89
<b>Figura 32</b> Velocidades en los conductos de la red pluvial .....	90
<b>Figura 33</b> Pendientes de la red de alcantarillado pluvial .....	91
<b>Figura 34</b> Nivel de ocupación de la tubería.....	92
<b>Figura 35</b> Remoción de DBO y SST en tanques de sedimentación primaria.....	101

## Resumen

El presente proyecto contiene la evaluación del sistema de agua potable y alcantarillado existente, asimismo el diseño del sistema de alcantarillado separado sanitario-pluvial y el tratamiento de las aguas residuales para la Vivienda Fiscal del Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía”, que fue solicitado por el Sr. Teniente Coronel EM Romel Armando Aguirre mediante oficio Nro. FT-BE68-CMDO-2019-0488-O a la Universidad de las Fuerzas Armadas -ESPE. Se presenta la información obtenida mediante el trabajo de campo, donde se realizó el levantamiento topográfico de la zona de estudio, la medición de la presión en cada una de las viviendas, el análisis del agua potable, el levantamiento catastral que permitió evaluar el estado actual de los pozos y tuberías, y la caracterización de las aguas residuales. Posteriormente se desarrolló el diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial en el software SewerGEMS, que incluye motores de cálculo tales como SewerCAD y StormCAD, finalmente se efectuó el diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales el cual está constituido de un canal de entrada, reja, desarenador, medidor de caudal, tanque de sedimentación, filtros biológicos, tanque digestor y un patio de secados, como parte complementaria en el proyecto se incluye los planos de diseño y un presupuesto referencial de obra.

### **PALABRAS CLAVES:**

- **ALCANTARILLADO**
- **SANITARIO**
- **PLUVIAL**
- **PLANTA DE TRATAMIENTO**
- **SEWERGEMS**

### **Abstract**

This project contains the evaluation of the existing drinking water and sewerage system, as well as the design of the separate sanitary-storm sewer system and the treatment of residual water for the Fiscal Housing of the Military Fort “Marco Aurelio Subía”, which was requested by Lieutenant Colonel EM Romel Armando Aguirre through the official letter No. FT-BE68-CMDO-2019-0488-O to Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. The information is presented with the obtained field work, where the topographic survey of the study area was carried out, the pressure measurement in each of the houses, the drinking water analysis, the cadastral survey that allowed evaluating the current state of wells and pipes, and the characterization of wastewater. Subsequently, the design of the sanitary and storm sewer system was developed in the SewerGEMS software, which includes calculation engines such as SewerCAD and StormCAD. Finally, the design of the wastewater treatment plant was carried out, which consists of an inlet channel, grille, sand trap, flow meter, sedimentation tank, biological filters, digester tank and a drying patio. As a complementary part of the project, the design plans and a referential budget for the work were included.

### **KEYWORDS:**

- **SEWERAGE**
- **SANITARY**
- **RAIN**
- **TREATMENT PLANT**
- **SEWERGEMS**



## Capítulo I

### Generalidades

#### Introducción

A fin de analizar las condiciones actuales de la infraestructura del Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía”, el Sr. Teniente Coronel EM Romel Armando Vargas Aguirre emite el oficio Nro. FT-BE68-CMDO-2019-0488-O de fecha 02 de abril del 2019 al Rector de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”; solicitando, que se considere como tesis de grado, el estudio y propuesta de mejoramiento del sistema de agua potable y alcantarillado del Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía”.

En base a lo solicitado la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” a través del Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción autoriza el desarrollo del proyecto “Evaluación y Diseño de los sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales de la Vivienda Fiscal del Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía”, este tema de investigación contribuirá a los habitantes, mejorando las condiciones de los servicios básicos a través de un nuevo sistema, el cual cumpla con todas las Normas vigentes; asimismo, ayudará a disminuir la contaminación ambiental.

Esta investigación se delimita al sector de la Vivienda Fiscal, ya que el Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía” cuenta con un área de 155,04 ha., lo cual es extenso para su estudio; por tanto, el presente proyecto se centra en la recopilación de información de la Vivienda Fiscal a través del levantamiento topográfico y levantamiento de información en campo, con esto, se evaluará el estado de funcionamiento de los sistemas actuales de agua potable y alcantarillado que fueron instalados en el año de 1987, una vez analizado los resultados de la evaluación se determinará una propuesta de diseño, esto se realizará basándose en las diferentes Normas.

Así también, se presenta una propuesta para el tratamiento de las aguas de uso doméstico debido a que actualmente las descargas de las aguas servidas se lo realizan directamente hacia la quebrada Calicanto.

### **Antecedentes**

El Batallón de Ingenieros de Construcciones N°68 “Cotopaxi” se crea en el año 1974 para que se integre al órgano del Cuerpo de Ingenieros del Ejército. En el año 1977, el batallón trasladó sus dependencias a la Balbina en donde ocuparon las instalaciones con toda su infraestructura necesaria. Adicional a esta unidad se encuentran el Batallón de Ingenieros N.º 69 “Chimborazo”, la Compañía Puentes CEE, Compañía General de desminado, Compañía Ductos y Refinería y la 15 B.A.E “Paquisha”, todas estas unidades conforman el Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía” ubicado en el sector de la Balbina perteneciente a la parroquia de Amaguaña, provincia de Pichincha, cantón Quito, así también, se encuentra la Vivienda Fiscal unificada para todo el personal militar de todas las unidades mencionadas anteriormente.

La Vivienda Fiscal es destinada al militar que ha sido dado el pase a una unidad alejada de su residencia habitual, esta vivienda debe ser utilizada por toda la familia y devuelta el momento que el militar sea destinado a una unidad diferente. Por lo general la vivienda contiene una sala, comedor, cocina dos o tres dormitorios (Ministerio de Defensa Nacional, 2014).

En la actualidad la Vivienda Fiscal del Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía” cuenta con 91 villas de un solo piso, 14 viviendas unifamiliares de 2 pisos, 28 departamentos y una escuela, la misma que alberga a 491 personas.

Los sistemas de agua potable y alcantarillado combinado de la Vivienda Fiscal han cumplido su vida útil y no se evidencia un mantenimiento adecuado. Respecto a las aguas residuales, la Vivienda Fiscal no cuenta con un sistema de tratamiento, estas aguas son evacuadas hacia al cauce de la quebrada Calicanto, esto genera deterioro ambiental, mal olor y conlleva riesgo de enfermedades.

### **Justificación**

El presente proyecto surge, con la necesidad de mejorar las condiciones actuales de la Infraestructura de la Vivienda Fiscal del Fuerte Militar “Marco Aurelio subía”, debido a que hoy en día, las redes de agua potable y alcantarillado combinado cumplieron su vida útil. Estos sistemas tienen 32 años de construcción ya que se instalaron en el año de 1987, en consecuencia, los elementos de los pozos de revisión se encuentran desgastados y otros colapsados.

Adicional a esto, en la Ordenanza Metropolitana N° 138 (2016) que establece el sistema de manejo ambiental del Distrito Metropolitano de Quito, se menciona que todo efluente residual procedente de establecimientos industriales, comerciales y de servicios públicos, deben ser tratadas previo a la descarga para reducir el nivel de contaminación, en este caso las aguas de uso doméstico son arrojadas directamente a la quebrada Calicanto ubicada al extremo de la Vivienda Fiscal.

Por lo expuesto, se realizará la evaluación de los sistemas existentes para determinar las anomalías que presentan, de acuerdo a los resultados del estudio se planteará el diseño de un nuevo sistema de agua potable y un sistema de alcantarillado separado pluvial-sanitario, de igual forma se contará con el tratamiento de las aguas residuales tomando en consideración los criterios de diseño, para el presente proyecto se tomarán como base las siguientes Normas:

- Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes – Instituto Ecuatoriano de Normalización -INEN 1992 - Código Ecuatoriano de la Construcción
- Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q. – Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable 2009.

Con el presente proyecto se contribuirá al buen funcionamiento de los sistemas de agua potable y alcantarillado, además se dará solución a las necesidades de saneamiento, reduciendo el nivel de contaminación ambiental.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar y Diseñar los sistemas de agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales para proporcionar un mejor servicio a la población de la Vivienda Fiscal, mediante las Normas técnicas y los parámetros hidráulicos que lo contemplen.

### **Objetivos Específicos**

- Realizar el estudio de la fuente de abastecimiento de agua tanto en cantidad como en calidad, incluyendo la determinación de las presiones en la entrada y salida del agua a través de un manómetro, para de esta manera comprobar el correcto funcionamiento del sistema de agua potable actual.
- Recopilar información del sistema de alcantarillado existente, a través del levantamiento de la red actual utilizando el robot Rovver X, con la finalidad de evaluar las condiciones de su estado actual y verificar si el sistema está trabajando de forma correcta.

- Hacer un censo sanitario a la población que se encuentra en la Vivienda Fiscal por medio de las planillas de consumo, para determinar el número de habitantes y la dotación de agua a nivel de cada vivienda, parámetro fundamental a ser considerado en las bases de diseño para la red de agua potable, alcantarillado pluvial y sanitario.
- Realizar el estudio del cuerpo receptor mediante el diagnóstico de la calidad de las aguas servidas, para proceder al diseño de un reactor anaerobio de flujo ascendente el cual contribuirá tratar las aguas residuales provenientes de la población de la Vivienda Fiscal.
- Elaborar planos detallados de los sistemas de agua potable, alcantarillado pluvial, alcantarillado sanitario y de la respectiva planta de tratamiento según los formatos establecidos por el Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias.

## Capítulo II

### Material y Métodos

#### Aspectos físicos

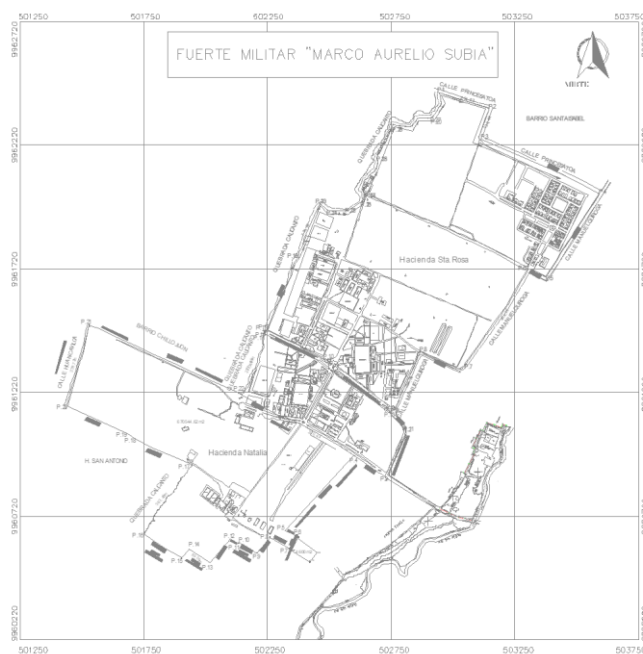
#### Ubicación geográfica

La zona de estudio para el presente proyecto se encuentra ubicada en el sector de la Balbina, parroquia Amaguaña, Cantón Quito, Provincia de Pichincha.

Específicamente el estudio se lo realizará en la Vivienda Fiscal del Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía” el cual se sitúa en las coordenadas TMQ Este 503400 m y Norte 9961900 m, Zona 17 Sur. La localidad cuenta con 491 habitantes y se encuentra ubicada entre las calles Toa y Manuel Quiroga.

**Figura 1**

*Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía”*



Nota. Tomado del Cuerpo de Ingenieros del Ejército.

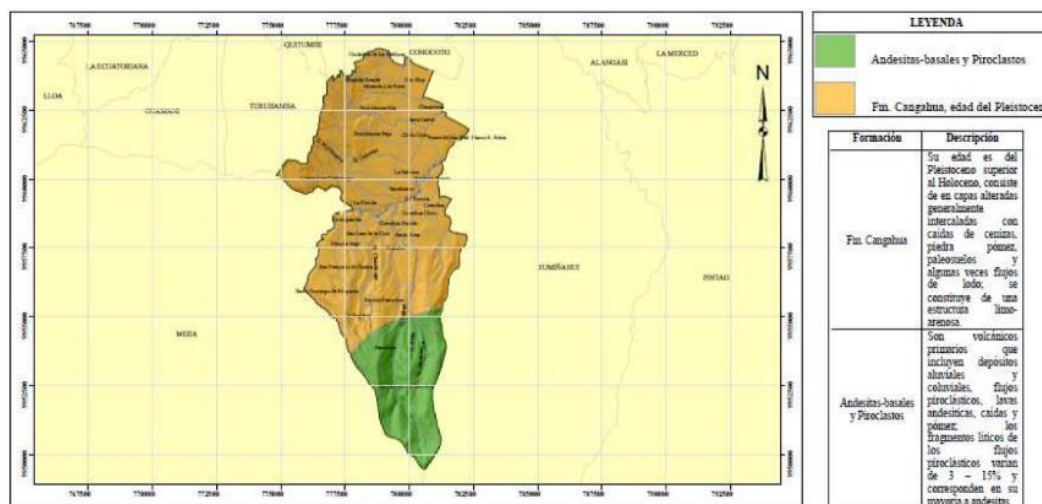
## Características físicas

### Tipo de suelo

De acuerdo con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Amaguaña, la unidad geológica que presenta la zona de estudio es la Cangahua como se puede observar en la Figura 2. “La cangahua es la más amplia distribución en la ciudad de Quito, constituida por depósitos de cenizas y tobas, con capas centimétricas y hasta decimétricas de limos arenosos o arcillosos, forma un manto de 30 m de espesor aproximadamente” (Valverde, Fernández, Jiménez, Vaca, & Alarcón, 2001, pág. 20).

### Figura 2

Mapa de unidades geológicas de la parroquia de Amaguaña



Nota. Tomado Echeverría & Peralta (2015).

### Topografía y Relieve

La topografía de la zona de estudio tiene una pendiente de sur a norte de 0,63 %, esto indica que es un relieve plano debido a que la pendiente es menor al 3 %. La cota más alta está a 2520,42 msnm.

El uso actual del suelo en los predios del Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía” es de tipo Equipamiento, quiere decir que son áreas estratégicas que cumplen múltiples roles territoriales como son la provisión de servicios sociales y públicos.

### **Infraestructura y servicios**

La Vivienda Fiscal del Fuerte Militar cuenta con los siguientes servicios.

#### **Vial y transporte**

La zona de estudio está ubicada entre las calles Toa y Manuel Quiroga, para ingresar a la Vivienda Fiscal existen dos vías de acceso, la primera es una vía de segundo orden asfaltada denominada Jacinto Jijón y Caamaño, el segundo acceso es a través de la avenida Puruhaes el cual es una vía de segundo orden asfaltada.

En la red vial interna de la Vivienda Fiscal existe la vía de acceso principal que es asfaltada, mientras que las vías secundarias son en la mayoría lastrada y algunas de tierra. El límite de velocidad permitida es de 20 km/h.

En lo que se refiere al transporte público existe la cooperativa de transporte Turismo que realiza la ruta La Marín – San Pedro – Cuarteles, siendo el único transporte que ingresa hasta la entrada de la Vivienda Fiscal.

#### **Energía eléctrica**

El sector dispone del servicio eléctrico las 24 horas del día, además, cuenta con alumbrado público, este servicio es provisto por la Empresa Eléctrica Quito.

#### **Agua potable**

La población de la Vivienda Fiscal cuenta con el servicio de agua potable las 24 horas del día, el abastecimiento de agua potable proviene de la red suministrada por la Empresa Pública Metropolitana de Agua potable y Saneamiento Quito (EPMAPS), cuyo medidor se encuentra ubicado en las coordenadas TMQ Este 503295,11 m y Norte



9961939,85 m. Este punto provee de agua potable a todas las viviendas del Fuerte Militar.

### **Salud**

Con respecto a establecimientos de salud, por su cercanía que existe con la parroquia San Pedro de Taboada, las personas acuden al subcentro de salud “Fajardo” ubicado aproximadamente a 550 m de la localidad.

### **Aspectos Naturales**

#### **Características climáticas**

En el presente proyecto los datos climatológicos y pluviométricos se obtendrán de la estación Meteorológica M0003, perteneciente a IZOBAMBA, la misma que se encuentra cerca del sitio de estudio.

#### **Temperatura ambiente**

De acuerdo a las series mensuales de datos meteorológicos proporcionados por el INAMHI (2018), los valores de temperatura registradas en la estación meteorológica IZOBAMBA se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Valores de temperatura registrados en el año 2018*

<b>Estadística climatológica</b>			
Estación	Temperatura (°C)		
	Media	Máxima	Mínima
IZOBAMBA	12,2	18,7	6,3

Nota. Recuperado de INAMHI, Series mensuales de datos meteorológicos (2018).

#### **Precipitación**

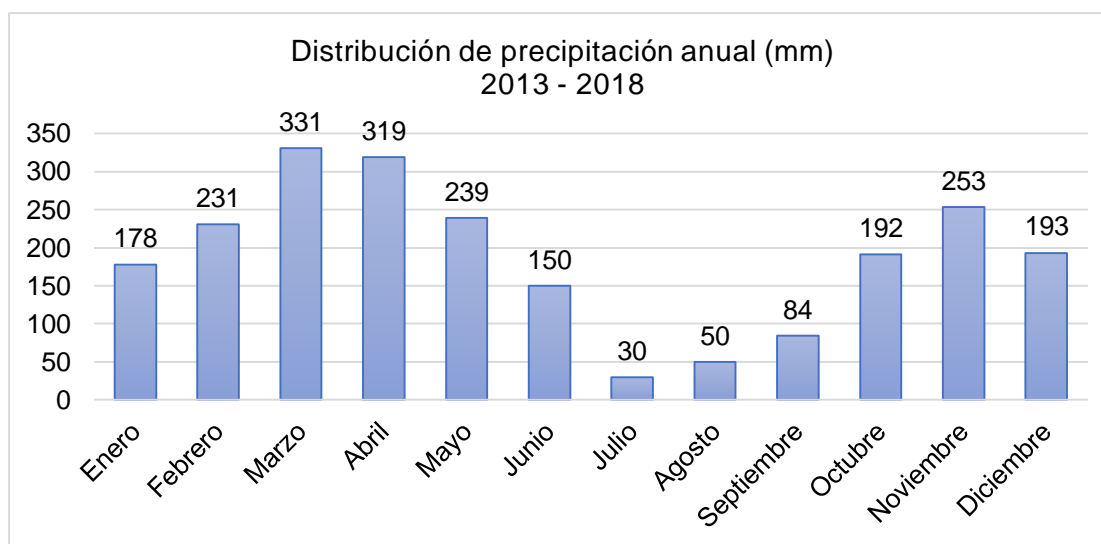
En base a la información obtenida del INAMHI (2018), el periodo de precipitaciones más alto se presenta en el mes de marzo y abril. El mes de julio

corresponde al periodo seco, con precipitaciones ascendentes de agosto a noviembre.

Las intensidades mas altas registradas en este periodo estan en el orden de 331 mm.

### Figura 3

*Precipitación Anual 2013 – 2018*



Nota. Tomado del INAMHI, Series mensuales de datos meteorológicos (2018).

En la Tabla 2 se presenta los valores de la precipitación del mes de septiembre, observados en la estación meteorológica IZOBAMBA.

### Tabla 2

*Valores de precipitación registrados el mes de septiembre de 2019*

Estadística climatológica				
Estación	Precipitación mensual		Precipitación máx. en 24 horas	
	Valor	Días con lluvia	Valor	Día de observación
IZOBAMBA	48 mm	10	18,7 mm	28

Nota. Recuperado de INAMHI, Boletín Climatológico (2019).

## **Recursos hídricos**

La zona de estudio cuenta con el río San Pedro ubicada al Este de la Vivienda Fiscal, así también existe la quebrada Calicanto que se encuentra en la parte Oeste del lugar de estudio, este será el cuerpo receptor de las aguas de uso doméstico previamente tratadas.

## **Sistema de distribución de agua potable**

### **Sistemas a aportarse**

Los sistemas de distribución son las responsables de llevar el agua desde su fuente de abastecimiento hasta cada uno de los domicilios o lugares donde sea requerido este líquido vital, este sistema de distribución por más sencillo o complejo que sea, necesita de una infraestructura, la misma que debe mantenerse en constante mantenimiento y cuidado, de esta forma se mantiene el agua apta para su consumo y libre de la degradación severa de su calidad.

Existen dos tipos de redes de distribución de agua potable, la abierta o ramificada que no es más que la distribución de una tubería principal de la cual despliegan varias ramificaciones que llegan a cada uno de sus puntos para abastecer, la desventaja de este tipo de sistemas es que si ocurre un incidente en la tubería principal deja de abastecer a todas las ramificaciones en adelante lo cual no es aconsejable. El otro tipo de red es el cerrado o en forma de malla que permite conectarse como un circuito cerrado y en caso de existir una falla en la tubería principal solo una cierta parte de la red se queda sin abastecimiento por la cual es la más utilizada en los diseños de sistemas de distribución de agua potable.

En la Vivienda Fiscal del Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía” se propondrá trabajar con una red de distribución de agua en forma de malla o cerrada, para de esta

manera mantener un constante abastecimiento a todas las viviendas y en caso de existir alguna rotura de tubería, se suspenderá el servicio en un solo sector y no serían afectadas el resto de viviendas.

## **Parámetros de diseño**

### **Periodo de diseño**

Basándose en la norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, elaborado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN (1992), se plantea un periodo de diseño de 25 años para el sistema de agua potable.

### **Análisis poblacional**

- **Población actual**

Para determinar la población actual de la Vivienda Fiscal del Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía” se realiza un requerimiento al personal de la Brigada de Aviación del Ejército “Paquisha”, los cuales son los administradores de la Vivienda Fiscal, teniendo como resultado un total de 491 habitantes haciendo uso de las instalaciones.

- **Población futura**

De acuerdo a la información proporcionada por el Cuerpo de Ingenieros, se tiene proyectado implantar 8 bloques de vivienda de 2 pisos, de 4 departamentos cada uno. En el Anexo 1, se presenta el informe acerca de la implantación de la Vivienda Fiscal en el Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía”.

La población futura se calculará considerando las viviendas actuales y las viviendas que se implementaran, para lo cual, el número de integrantes que se estima por cada familia es de 5 personas, esto se lo hace debido a que es el aforo máximo que

puede tener cada una de las viviendas. A continuación, se detalla el número de habitantes para la población de diseño.

**Tabla 3**

*Población de diseño*

<b>Tipo de Vivienda</b>	<b>Número de viviendas</b>	<b>Población futura</b>
Villa de un piso B 1- 23	23	115
Villa de un piso C 1-70	68	340
Vivienda familiar de dos pisos A 24-37	14	70
Departamento C 71 – 78	8	40
Departamento 101-504	20	100
Escuela	1	30
Implementación de 8 bloques de 4 Departamentos	32	160
<b>TOTAL</b>	<b>166</b>	<b>855</b>

**Cifras de consumo**

- **Dotación actual**

Para obtener una aproximación del consumo promedio de la localidad se analiza los datos de consumo de agua de la Vivienda Fiscal emitidas por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento, se registran los datos desde el mes de enero del 2019 hasta el mes de septiembre del 2019, cabe señalar que se posee de un medidor general para todas las viviendas, a continuación, se detalla los valores mensuales de dichos consumos.

**Tabla 4***Consumo mensuales de agua*

<b>Periodo</b>	<b>Consumo Total</b>
	m <sup>3</sup>
Enero 2019	1350
Febrero 2019	1346
Marzo 2019	1348
Abril 2019	1350
Mayo 2019	1350
Junio 2019	1350
Julio 2019	1349
Agosto 2019	1349
Septiembre 2019	1349
Promedio	1349

Considerando la población de la Vivienda Fiscal que es de 491 habitantes como se ilustra en la Tabla 3 obtenemos que:

$$Dotación = \frac{Q_{mes}}{Habitantes} = \frac{1349m^3/mes}{491 hab} * \frac{1000 l}{1m^3} * \frac{1mes}{30días}$$

$$Dotación = 91,58 l/hab.-día$$

De esta manera obtenemos que la dotación de agua es de 91,58 l/hab.- día.

- **Dotación**

El Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN (1992), señala que la dotación es el “Caudal de agua potable consumido diariamente, en promedio, por cada habitante” (pág. 34).

Tomando en consideración los parámetros de población y clima, se establece una dotación de 150 (l/hab.- día) para el presente proyecto.

### **Caudales de diseño**

Para el diseño de las redes de agua potable se tomará en consideración el caudal máximo horario al final del periodo de diseño más incendio, además se comprobarán las

presiones en la red para el caudal máximo horario (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 1992, pág. 176).

Las respectivas ecuaciones de los caudales se obtendrán de las Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes, elaborado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN (1992).

- **Caudal medio**

$$Q_m = \frac{q * N}{86400}$$

Donde:

$Q_m$  = Caudal medio (l/s).

$N$  = Número de habitantes.

$q$  = Dotación (l/hab.- día).

- **Caudal máximo diario**

$$Q_{MD} = K_{MD} * Q_m$$

Donde:

$Q_{MD}$  = Caudal máximo diario (l/s).

$K_{MD}$  = Factor de mayoración máximo diario.

Se recomienda un factor máximo diario en el rango de 1,3 -1,5.

- **Caudal máximo horario**

$$Q_{MH} = K_{MH} * Q_m$$

Donde:

$Q_{MH}$  = Caudal máximo horario (l/s).

$K_{MH}$  = Factor de mayoración máximo horario.

El factor máximo horario recomendado está el rango de 2 a 2,3.

- **Caudal de incendio**

En el presente proyecto no se toma en consideración el caudal de incendio debido a que la población es menor a 10 000 habitantes.

- **Presiones en la red**

Las presiones en el sistema de redes de agua potable deben satisfacer las necesidades mínimas y máximas dependiendo la situación que puede ocurrir, se establece una presión mínima de 10 metros de columna en los puntos más desfavorables, del mismo modo; existen las presiones máximas para de esta manera poder controlar los daños en las tuberías o accesorios, la presión estática máxima no debe superar los 70 metros de columna de agua y la presión máxima dinámica los 50 metros de columna de agua (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 1992, pág. 177).

### **Sistemas de alcantarillado**

Está formado por redes de tuberías que son utilizadas para evacuar en forma eficiente las aguas residuales domésticas, industriales y pluviales hacia una planta de tratamiento.

### **Sistema a aportar**

El proyecto a desarrollarse dentro de la Vivienda Fiscal contará con una planta de tratamiento para reducir el nivel de contaminación en la fuente, por esta razón para el óptimo funcionamiento de la planta los caudales se deben manejarse por separado.



- **Sistema de alcantarillado separado:** Sistema constituido por dos redes de tuberías, la primera red esta exclusivamente para evacuar las aguas residuales domésticas (alcantarillado sanitario); y la segunda red, transporta las aguas de escorrentía pluvial a un cuerpo receptor (alcantarillado pluvial); este sistema exclusivamente realiza el tratamiento de las aguas servidas domésticas.

### **Parámetros de diseño**

#### **Periodo de diseño**

De acuerdo a las Normas de diseño de sistemas de alcantarillado emitido por la EMAAP-Q (2009), se establece un periodo de diseño de 30 años para los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales.

#### **Caudal sanitario de diseño**

En el código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural se indica que “para el cálculo del caudal de diseño se considerará el caudal de aguas residuales, un aporte de aguas ilícitas y un caudal de aguas de infiltración hacia los colectores”. (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 1997, pág. 26).

- **Caudal de aguas residuales**

El caudal de aguas residuales aportadas al sistema de alcantarillado sanitario está constituido por las aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e institucionales.

#### ***Caudal medio diario de aguas servidas***

La Organización Panamericana de la Salud (2005), indica que el caudal medio diario se calcula de la siguiente manera:

$$Qm_d = \frac{C * P * Dot}{86400}$$

Donde:

$Qm_d$  = Caudal medio (l/s).

C= coeficiente de retorno.

P= Población de diseño.

Dot= Consumo promedio de agua (l/hab.- día).

### ***Coefficiente de retorno***

Los valores que puede tomar el coeficiente de retorno se detallan en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Coefficiente de retorno*

<b>Coefficientes de retorno de aguas residuales domesticas</b>	
Nivel de complejidad del sistema	Coefficientes de retorno
Bajo y Medio	0,7 – 0,8
Medio alto y alto	0,8 – 0,85

Nota. Recuperado de la EMAAP-Q (2009).

De acuerdo al Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, emitido por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2016), se describe la Tabla 6 para asignar el nivel de complejidad del sistema.

**Tabla 6***Asignación del nivel de complejidad del sistema*

<b>Nivel de complejidad del sistema</b>	<b>Población en la zona urbana (Habitantes)</b>	<b>Capacidad económica de los suscriptores</b>
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Nota. Recuperado del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (2016).

En el presente proyecto se trabajará con un coeficiente de retorno de 0,8.

Para el dimensionamiento de las tuberías de la red de alcantarillado sanitario, se calcula el caudal máximo horario, debido a que los caudales varían a lo largo del día.

### ***Caudal máximo horario***

En base a la Organización Panamericana de la Salud (2005), la fórmula que se utiliza para el cálculo del caudal máximo horario es la siguiente:

$$Qm_H = K * Qm_d$$

Donde:

$Qm_H$  = Caudal máximo horario (l/s).

$Qm_d$  = Caudal medio (l/s).

K= coeficiente de flujo máximo.

### **Coeficiente de flujo máximo**

El coeficiente de flujo máximo o de simultaneidad, es la relación entre el caudal máximo horario y el caudal medio diario, existe diferentes fórmulas para determinarlo. En el presente proyecto se emplea la fórmula que se encuentra en función del caudal medio diario de aguas servidas.

$$K = \frac{3,697}{Qm_{sanit}^{0,073325}} , Qm_{sanit} \geq 4 \text{ l/s}$$

$$K = 4 , Qm_{sanit} < 4 \text{ l/s}$$

Rango de aplicación: 1,5 – 4,0.

Donde:

$Qm_{sanit}$  = Caudal medio diario de aguas servidas (l/s).

- **Caudal de aguas ilícitas**

En el sistema de alcantarillado sanitario se considera al caudal de aguas ilícitas, el cual, son ocasionados por malas conexiones de bajantes de tejados y patios, así también de las conexiones clandestinas (EMAAP-Q, 2009).

Las Normas del Ex – IEOS establece que el caudal de aguas ilícitas se calcula de la siguiente manera:

$$Q_{ilícitas} = 80 \text{ l/hab.* día}$$

$$Q_{ilícitas} = 0,001 \text{ l/hab.* s}$$

- **Caudal de infiltración**

Este caudal es procedente de las infiltraciones del agua del subsuelo hacia las redes del sistema de alcantarillado sanitario, a través de las fisuras en las tuberías, en juntas ejecutadas deficientemente, en la unión de tuberías con pozos de inspección y en las cajas de paso (EMAAP-Q, 2009).

Para el presente estudio se considera la tubería de PVC con uniones de goma, por tal motivo se estima un caudal de 0,5 l/s/km, valor recomendado por la Organización Panamericana de la Salud (2005), basada en la Norma Boliviana NB 688-01 de alcantarillado Sanitario.

Por tanto, la fórmula con la cual se estima el caudal de infiltración es la siguiente:

$$Q_{infiltración} = 0,5 \text{ l/s/km} * L \text{ (km)}$$

El caudal de diseño que se empleará para el dimensionamiento de las tuberías del sistema de agua residual se muestra a continuación:

$$Q_{DISEÑO} = Q_{m_H} + Q_{ilícitas} + Q_{infiltración}$$

Si el caudal en el tramo de estudio es menor a 1,5 l/s, se emplea este valor como caudal de diseño, sobre todo en los tramos iniciales de la red.

### **Caudal pluvial de diseño**

Para determinar el caudal de aguas lluvias se considera el método racional, el cual se aplica para cuencas de hasta 200 ha (EMAAP-Q, 2009).

$$Q = \frac{C * i * A}{360}$$

Donde:

Q = Caudal pico ( $m^3/s$ ).

C = Coeficiente de escorrentía.

i = Intensidad de precipitación (mm/h). Determinada de curvas I-D-F para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca para la recurrencia de cálculo adoptada.

A = Área de la cuenca de aporte (ha).

- **Coeficiente de escorrentía.**

El coeficiente de escorrentía es la relación entre los volúmenes totales de escurrimiento superficial y los de precipitación, este valor depende de los efectos de infiltración, de la cobertura vegetal, de la intensidad de lluvia y del tipo de suelo. La EMAAP-Q (2009), recomienda utilizar los valores que se detalla en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Coeficientes de escorrentía para un área urbana*

<b>Descripción del área</b>	<b>Coeficiente de escorrentía</b>
	Negocios
Centro	0,70 a 0,95
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
Pesadas	0,60 a 0,90
Sin mejoras	0,10 a 0,30

Nota. Recuperado de la EMAAP-Q (2009).

Se opta por trabajar con un valor de 0,70 correspondiente para el área residencial Multi – Unidades, contiguas.

#### *Periodo de retorno*

El tiempo de retorno es el tiempo promedio en años en el cual se espera que cierta intensidad de lluvia sea igual o se supere.

La Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable de Quito en sus Normas de diseño recomienda los siguientes periodos de retorno para las obras de micro drenaje.

#### **Tabla 8**

##### *Periodos de retorno para diferentes ocupaciones del área*

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

Nota. Recuperado de la EMAAP-Q (2009).

Para el sistema de alcantarillado pluvial se considera un periodo de retorno de 25 años debido a que es una zona residencial.

#### *Tiempo de concentración*

El tiempo de concentración se lo define como “el tiempo de viaje del agua lluvia caída en el punto más alejado de la sección de desagüe de una cuenca hasta llegar a dicha sección de desagüe” (EMAAP-Q, 2009, pág. 87). El tiempo total de viaje resulta de

la suma del tiempo del flujo sobre la superficie, más el tiempo de viaje por los canales secundarios, más el tiempo de viaje por el cauce principal hasta el punto de control.

$$tc = ti + tf$$

Donde:

$t_c$  = Tiempo de concentración.

$t_i$  = Tiempo inicial o de entrada al sistema de alcantarillado.

$t_f$  = Tiempo de flujo a lo largo de los conductos del sistema de alcantarillado.

### Tabla 9

#### *Tiempos de concentración*

<b>Descripción del área de drenaje</b>	<b><math>t_i</math> (min)</b>
Áreas densamente pobladas, alto porcentaje de zonas impermeables y sumideros cercanos	5
Áreas medianamente pobladas y pendiente más o menos planas	10 - 15
Zonas residenciales, superficies planas y sumideros lejanos	20 - 30

Nota. Recuperado de la EMAAP-Q (2009).

De acuerdo a la Tabla 9, para tramos iniciales se considera un tiempo de concentración de 12 min, este valor se encuentra en el rango correspondiente a áreas medianamente pobladas.

El tiempo de recorrido  $t_f$ , se calcula con la siguiente ecuación.

$$t_f = \frac{L}{60 V}$$



Donde:

L = Longitud del tramo de alcantarillado.

V= Velocidad de circulación del agua en el tramo respectivo.

En el sistema, el agua se mueve a una velocidad mínima de 0,60 m/s, y se sabe que la longitud máxima de la tubería entre pozos es de 80 m, por lo tanto:

$$tf = \frac{80 \text{ m}}{60 (0,60 \text{ m/s})}$$

$$tf = \frac{80 \text{ m}}{60 (0,60 \text{ m/s})}$$

$$tf = 2,22 \text{ min} \approx 3 \text{ min}$$

Por lo tanto, el tiempo de concentración es:

$$tc = ti + tf$$

$$tc = 12 + 3$$

$$tc = 15 \text{ min}$$

- **Intensidad de precipitación**

De acuerdo al Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología - INAMHI (2015), se define “a la intensidad como la cantidad de agua de lluvia que cae en un punto, por unidad de tiempo y ésta es inversamente proporcional a la duración de la tormenta” (pág. 8).

El Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI, establece las ecuaciones para el cálculo de intensidad de precipitación de cada uno de las estaciones hidrometeorológicas ubicadas en los diferentes puntos del Ecuador.

De acuerdo a la zonificación de intensidades, la Balbina se encuentra ubicada en la zona 2, por lo tanto, las ecuaciones que se utilizará será de la estación Izobamba con código M0003 las cuales se detallan a continuación.

**Tabla 10**

*Zonificación de intensidades*

Zona	Código	Nombre de la Estación	Intervalo de tiempo (minutos)	Ecuación
2	M0003	IZOBAMBA	5 < 30	$i = 164,212 * T^{0,1650} * t^{-0,4326}$ $R^2=0,9652$
			30 < 120	$i = 371,072 * T^{0,1575} * t^{-0,6771}$ $R^2=0,9895$
			120 < 1440	$i = 929,503 * T^{0,1614} * t^{-0,8773}$ $R^2=0,9981$

Nota. Recuperado del INAMHI (2015).

Donde:

$i$ = Intensidad de precipitación (mm/h).

$T$ = Periodo de retorno (años).

$t$  = Tiempo de concentración (min).

$$i = 164,212 * T^{0,1650} * t^{-0,4326}$$

$$i = 164,212 * 25^{0,1650} * 15^{-0,4326}$$

$$i = 86,6 \text{ mm/h}$$

Para un periodo de retorno de 25 años el valor de la intensidad de precipitación es de 86,55 mm/h.

## Capítulo III

### Resultados y Discusión

#### Estudio topográfico

En la zona de estudio, el levantamiento topográfico se realizó sobre los ejes de las calles, los datos se tomaron cada 10 metros debido a que el terreno es plano y no presenta un cambio de nivel significativo, esta información se encuentra en el Anexo 2 correspondiente a la libreta de campo.

Para efectuar el levantamiento topográfico se determinaron dos puntos de control, los mismos que sirvieron de partida para realizar el levantamiento topográfico. Cabe mencionar que, los datos de cada uno de los puntos se obtuvieron a partir del enlace que se realizó con el punto de control determinado por el Instituto Geográfico Militar, la monografía de cada punto se encuentra en el Anexo 3.

Las curvas de nivel se generaron cada 50 cm, como rige en las normas establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN (1992) para terrenos planos.

Los planos del levantamiento topográfico de la Vivienda Fiscal se encuentran georeferenciados con el sistema de coordenadas TMQ, cada uno de los planos se encuentran en el Anexo 4.

Con la información obtenida se procede a determinar las pendientes de las calles, en la Tabla 11 se detalla los valores de las pendientes.

**Tabla 11***Pendiente de calles de la Vivienda Fiscal*

<b>Calle</b>	<b>Cota inicial (m)</b>	<b>Cota Final (m)</b>	<b>Distancia (m)</b>	<b>Pendiente</b>
1	2517,65	2516,67	156,33	0,63%
2	2518,08	2517,10	109,43	0,90%
3	2519,01	2518,10	109,24	0,83%
4	2518,42	2518,03	289,81	0,13%
5	2518,49	2518,16	290,50	0,11%
6	2519,33	2519,02	138,60	0,22%
7	2520,37	2518,96	186,88	0,75%
A	2518,96	2516,67	264,09	0,87%
B	2519,43	2517,66	283,82	0,62%
C	2519,43	2518,81	175,91	0,35%
D	2518,82	2517,67	109,37	1,05%
E	2519,34	2517,65	162,09	1,04%
F	2520,37	2519,23	73,39	1,55%
G	2519,26	2517,60	107,49	1,54%

**Estudio de suelos**

Para determinar las propiedades físicas del suelo se realizó tres calicatas, procediendo a tomar muestras de los suelos encontrados para realizar ensayos de laboratorio que nos permitan clasificar el suelo.

Las calicatas designadas como P1, P2 y P3 de 1.50 metros de profundidad cada una, se las efectuó en donde se va a implantar el sistema de alcantarillado y la planta de tratamiento, la ubicación se especifica en el siguiente cuadro.

**Tabla 12***Puntos de estudio*

<b>Calicata</b>	<b>Ubicación</b>		<b>Profundidad (m)</b>
	Este (m)	Norte (m)	
P1	503375,63	9961787,94	1,50
P2	503234,52	9962086,98	1,50
P3	502804,58	9962221,54	1,50

Con el objetivo de obtener la clasificación del suelo se realizaron los siguientes ensayos de laboratorio:

Contenido de agua: Norma ASTM D-2216

Límites de Atterberg: Norma ASTM D-4318

Análisis granulométrico: Norma ASTM D-422

Una vez obtenido los resultados de los ensayos se procede a determinar el tipo de suelo de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), según la norma ASTM D-2487.

A continuación, se detalla los resultados de laboratorio y el tipo de suelo que presenta la zona de estudio.

**Tabla 13***Estudio de suelos de la Vivienda Fiscal*

<b>Calicata</b>	<b>N°1</b>	<b>N°2</b>	<b>N°3</b>
Humedad Natural	17,86%	19,13%	22,37%
Límite Líquido	30,00%	28,00%	31,00%
Límite Plástico	27,98%	26,45%	27,20%
Índice de Plasticidad	2,02%	1,55%	3,80%
Clasificación SUCS	ML	ML	ML

Los ensayos efectuados a las muestras de suelo se encuentran en el ANEXO 5 del presente proyecto.

## **Evaluación del sistema de agua potable existente**

### **Diagnóstico del sistema de agua potable**

El abastecimiento de agua potable para la Vivienda Fiscal proviene de la red suministrada por la EPMAPS, a través de una tubería de diámetro de 2" que llega al medidor ubicado en las coordenadas TMQ Este 503295,11 m y Norte 9961939,85 m.

#### **Figura 4**

*Punto de agua potable existente en la Vivienda Fiscal*



Para la evaluación del sistema existente lo primero que se realizó es analizar la calidad del agua, posterior a esto se procedió a medir la presión del agua en cada una de las viviendas.

#### **Calidad del agua**

- **Muestreo del agua**

Para determinar la calidad del agua potable se consideró un punto de muestreo el cual está ubicado por el centro de la Vivienda Fiscal, del punto mencionado se tomaron tres muestras, cabe señalar que cada una de las muestras fueron tomadas en días y horarios diferentes.

## Figura 5

### Muestras del agua potable



A.- Muestra

B.- Muestra 2

C.- Muestra

En la Tabla 14 se detalla el sitio de muestreo con sus respectivas coordenadas.

### Tabla 14

#### Sitio de muestreo (Muestreo 1)

Código	Fecha	Coordenadas			Descripción	Hora
		Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)		
Muestra 1	16/10/2019	503405,68	9961951,38	2519,05	Villa C-12	8:40
Muestra 2	17/10/2019	503405,68	9961951,38	2519,05	Villa C-12	11:20
Muestra 3	18/10/2019	503405,68	9961951,38	2519,05	Villa C-12	14:30

#### • Resultados de laboratorio

El Distrito Metropolitano de Quito bajo parámetros ya establecidos realiza mensualmente el análisis de la calidad del agua potable en las redes de distribución, por lo tanto, para el presente estudio se toma como base dichos parámetros, estos fueron analizados en la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Central del Ecuador.

En la Tabla 15 se presentan los resultados de los análisis y los límites establecidos en la Norma INEN 1108, los análisis de cada una de las muestras se encuentran en el Anexo 6.

**Tabla 15**

*Resultado de las muestras de agua potable (Muestreo 1)*

Parámetros	Unidades	Código de muestra			Límite máximo permisible NTE INEN 1108
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
Color	HAZEN	<8	<8	<9	15
Turbiedad	NTU	<4	<3	<4	5
Cloro Libre Residual	mg/l	1,92	1,87	1,90	0,3 a 1,5
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	<1,1	<1,1	<1,1	<1,1

En base a los parámetros analizados, se observa que el cloro libre residual no cumple con el límite permisible establecido en la norma INEN 1108, por lo tanto, se realiza un segundo muestreo para validar la calidad del agua.

Para determinar la característica del agua se consideró tres puntos de muestreo, cabe señalar que se obtuvo una muestra de cada punto establecido. En la Tabla 16 se detalla la ubicación de los puntos dentro de la Vivienda Fiscal.

**Tabla 16**

*Sitios de muestreo (Muestreo 2)*

Código	Fecha	Coordenadas			Descripción	Hora
		Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)		
Muestra 1	18/11/2019	503300,44	9961911,17	2519,86	Villa B-6	8:40
Muestra 2	18/11/2019	503389,28	9961919,22	2519,43	Villa C-5	8:50
Muestra 3	18/11/2019	503475,57	9961997,7	2518,13	Villa C-46	9:00

Los resultados del análisis se presentan en la Tabla 17, y su respaldo se encuentra en el Anexo 7.



**Tabla 17***Resultados de las muestras de agua potable (Muestreo 2)*

Parámetros	Unidades	Código de muestra			Límite máximo permisible NTE INEN 1108
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
Cloro Libre Residual	mg/l	1,4	1,38	1,35	0,3 a 1,5

**1.1.1.1. Presión**

El agua potable suministrada a cada una de las viviendas se distribuye a una determinada presión para de esta manera asegurar un buen funcionamiento, conviene especificar qué; si la presión del agua es baja, el problema que puede ocasionar es poseer poca agua en los grifos y duchas, asimismo si existe exceso de presión el principal daño es el desgaste de las tuberías.

La presión es un parámetro importante, por tal motivo se realizó la medición en cada una de las viviendas tomando en consideración que esto se lo debe realizar en la salida del medidor, en este caso la Vivienda Fiscal solo cuenta con un medidor general, por esta razón el manómetro se colocó en la primera salida de cada una de las viviendas la cual son las lavanderías.

Los resultados que se obtuvo de las presiones se ordenaron por manzanas, cada una ellas se observan en la Figura 6.

**Figura 6**

*Distribución por manzanas de la Vivienda Fiscal*



Posteriormente en la Tabla 18 se muestra la información obtenida acerca de las presiones que posee la red de distribución de agua potable de la Vivienda Fiscal.

**Tabla 18***Presiones en cada una de las manzanas*

<b>Manzana</b>	<b>Presión PSI</b>	<b>Presión mca</b>
1	35	24,6
2	35	24,6
3	30	21,1
4	30	21,1
5	30	21,1
6	1P	30
	5P	17
7	35	24,6
8	38	26,8
9	35	24,6
Escuela	35	24,6

**Reporte del sistema de agua potable**

Una vez analizado el agua potable y determinado las presiones, se detalla las observaciones que presenta la red actual.

- En la Tabla 15 se detalla que el cloro libre residual no cumple con el rango establecido en la Norma INEN 1108, por lo cual, y para descartar cualquier error se tomaron nuevas muestras para ser analizadas, de manera que en el segundo muestreo el contenido de cloro libre residual se encuentra en el límite permisible. Por esta razón, se recomienda realizar un seguimiento al agua de distribución para establecer si cumple con los parámetros de calidad, caso contrario reportar a la Empresa Publica Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento.
- Las presiones obtenidas en cada una de las viviendas es la adecuada debido a que se encuentra en el rango de 10 mca – 50 mca, cabe mencionar que existe un edificio

de 5 pisos y en su última planta se registra la presión más baja, esto se lo puede evidenciar en la Tabla 18.

En base a los resultados obtenidos, la red de agua potable de la Vivienda Fiscal se encuentra en buen estado, es decir el sistema no presenta fugas y además el agua suministrada por la EPMAPS cumple con los parámetros de calidad, por lo tanto, se decide mantener operativo al sistema de agua potable actual.

### **Evaluación del sistema de alcantarillado existente**

#### **Catastro de las redes de alcantarillado**

El catastro de la red de alcantarillado actual proporciona la información requerida para evaluar el estado físico y operativo de todos los componentes, así también para determinar si cumplen con los requerimientos establecidos por la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable (EMAAP-Q).

Una parte fundamental en el proceso del catastro de la red existente, es realizar el levantamiento planimétrico y altimétrico de los pozos existentes, por lo cual en la Tabla 19 se presenta la ubicación y profundidad a la que se encuentra cada uno ellos. De igual forma, en el Anexo 8 se encuentra detallado la red de alcantarillado existente con sus respectivos perfiles.

**Tabla 19**

*Planimetría y Altimetría de los pozos existentes*

Pozo	Coordenadas		Cota de Terreno (m)	Altura (m)
	Este (m)	Norte (m)		
1	503539,17	9962015,05	2516,67	1,70
2	503514,97	9961968,13	2517,10	1,60
3	503490,20	9961919,60	2517,57	1,50
4	503465,20	9961870,88	2518,03	1,30

Continúa

5	503448,02	9961837,68	2518,36	1,10
6	503426,59	9961796,23	2518,96	1,00
7	503496,87	9962036,85	2517,11	2,40
8	503472,92	9961989,36	2517,65	1,80
9	503447,44	9961939,61	2518,10	1,25
10	503423,20	9961892,28	2518,52	1,20
11	503392,96	9961901,63	2518,82	1,20
12	503381,34	9961878,92	2519,09	2,25
13	503357,03	9961831,87	2519,72	2,40
14	503332,57	9961783,58	2519,43	1,85
15	503441,82	9962065,22	2517,63	3,35
16	503417,28	9962017,45	2518,08	2,70
17	503391,98	9961967,86	2518,82	2,50
18	503314,48	9961853,53	2519,93	2,20
19	503400,11	9962086,47	2517,65	3,60
20	503375,26	9962038,11	2518,16	3,10
21	503350,10	9961989,19	2519,00	3,20
22	503323,34	9961937,62	2519,26	2,80
23	503295,51	9961951,51	2519,48	3,90
24	503283,89	9961929,18	2519,33	3,40
25	503260,13	9961881,20	2520,37	-
26	503333,25	9962059,24	2517,59	1,90
27	503294,08	9961983,20	2519,05	1,00
28	503248,76	9961975,76	2519,04	4,60
29	503184,78	9962008,68	2518,29	4,70
30	503040,53	9962082,58	2516,25	4,15
31	502922,78	9962143,35	2513,60	3,40

En la etapa de inspección, se levantó la información en campo de cada uno de los pozos de revisión; los parámetros que se tomó en consideración es la localización, diámetro, profundidad, estado, material, la composición estructural y el tipo de red.

En los pozos que se encontraron colapsados, el proceso de inspección se realizó utilizando pingos de madera con acople metálico para de esta manera determinar la profundidad y la dirección del flujo. En la Figura 7 se presenta el caso mencionado.

## Figura 7

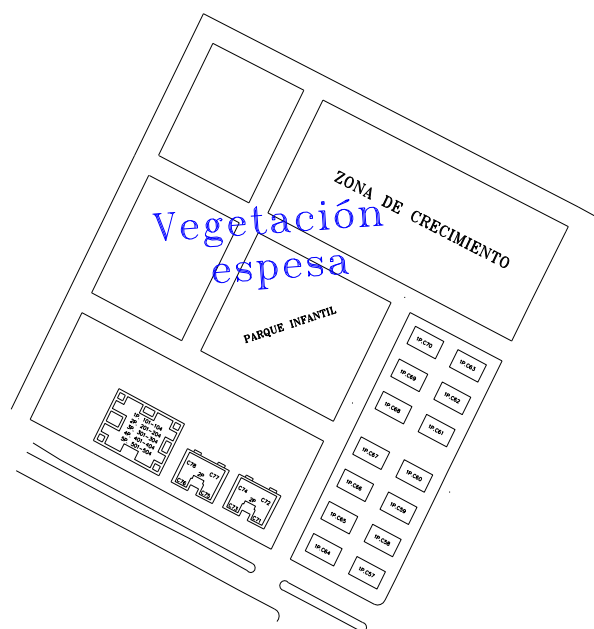
### Revisión de pozos Colapsados



En la Figura 8 (b) se observa que la Vivienda Fiscal cuenta con terrenos de vegetación espesa que sobrepasa los 70 cm de altura, por lo tanto, al momento de levantar la información se dificultó el seguimiento de la red de alcantarillado existente, en tal virtud no se logró identificar los pozos en la zona que se presenta en la Figura 8 (a).

## Figura 8

### Terreno de la Vivienda Fiscal



a.- Zona con vegetación espesa



b.- Vegetación

La información obtenida en campo se detalla en el Anexo 9, correspondiente a las fichas catastrales de la red de alcantarillado existente. El formulario de catastro se basó en el formato establecido por el Departamento de Agua Potable, Alcantarillado y Comercialización del Gobierno Municipal de Rumiñahui.

En la Tabla 20 se presenta un resumen de la red de alcantarillado existente en la Vivienda Fiscal del Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía”.

**Tabla 20**

*Resultados del diagnóstico de la red de alcantarillado existente*

Calle	Pozo ID	L (m)	Φ (mm)	Cota de fondo (m)	%	Edad de pozo (año)	Estado General	Observaciones
Calle A								
	Pz6 - Pz5	46,67	300	Pz6: 2517,96 Pz5: 2517,26	1,49	32	Pz6: Malo Pz5: Malo	Pz6: Pozo de cabecera, además no contiene tapa Pz5: Pozo sin tapa, además existe acometida
	Pz5 - Pz4	37,38	300	Pz4: 2516,73	1,43	32	Pz4: Regular	Pz4: Existe acometida
	Pz4 - Pz3	54,76	300	Pz3: 2516,07	1,19	32	Pz3: Regular	Pz3:
	Pz3 - Pz2	54,48	300	Pz2: 2515,50	1,04	32	Pz2:	Pz2: Pozo cerrado
	Pz2 - Pz1	52,80	-	Pz1: 2514,97	1,01	32	Pz1: Malo	Pz1: Pozo colapsado
Calle 1								
	Pz1 - Pz7	47,59	-	Pz7: 2514,71	0,55	32	Pz7: Malo	Pz7: Pozo colapsado
	Pz7 - Pz15	61,93	-	Pz15: 2514,28	0,69	32	Pz15:	Pz15: Pozo cerrado
	Pz15 - Pz19	46,81	-	Pz19: 2514,05	0,49	32	Pz19: Malo	Pz19: Pozo colapsado y el efluente se dirige a un pozo no identificado
Calle 2								
	Pz8 - Pz16	62,33	-	Pz8: 2515,85 Pz16: 2515,38	0,77	32	Pz8: Regular Pz16: Regular	Pz8: Pozo de cabecera, además se encuentra colapsado Pz16: Pozo colapsado

Continúa

## Calle D

Pz16 - Pz15	53,70	-	Pz15: 2514,28	2,04	32	Pz15:	Pz15: Pozo cerrado
-------------	-------	---	---------------	------	----	-------	--------------------

## Calle B

Pz10 - Pz9	53,18	300	Pz10: 2517,32 Pz9: 2516,85	0,89	32	Pz10: Malo Pz9: Regular	Pz10: Pozo de cabecera Pz9: Existe acometida
------------	-------	-----	-------------------------------	------	----	----------------------------	---

## Calle 3

Pz9 - Pz17	62,25	300	Pz17: 2516,32	0,85	32	Pz17: Regular	Pz17:
Pz17- Pz21	46,99	300	Pz21: 2515,80	1,1	32	Pz21: Malo	Pz21: Existe acometida

## Calle E

Pz21 - Pz20	55,01	300	Pz20: 2515,06	1,36	32	Pz20: Regular	Pz20: Pozo colapsado, además existe acometida
Pz20 - Pz19	54,37	-	Pz19: 2514,05	1,86	32	Pz19: Malo	Pz19: Pozo colapsado y el efluente se dirige a un pozo no identificado

Calle  
G

Pz27 - Pz26	85,52	300	Pz27: 2518,05 Pz26: 2515,69	2,76	32	Pz27: Pz26: Malo	Pz26: Pozo de cabecera, además el pozo se encuentra cerrado Pz27: Pozo sin tapa y el efluente se dirige a un pozo no identificado, además existe acometida
-------------	-------	-----	--------------------------------	------	----	---------------------	--

## Calle C

Pz14 - Pz13	54,37	300	Pz14: 2517,58 Pz13: 2517,32	0,48	32	Pz14: Regular Pz13: Regular	Pz14: Pozo de cabecera, además existe acometida Pz13:
Pz13 - Pz12	52,96	300	Pz12: 2516,84	0,92	32	Pz12: Regular	Pz12:
Pz12 - Pz24	109,65	300	Pz24: 2515, 93	0,83	32	Pz24: Malo	Pz24: Existe acometida

## Calle F

Pz24 - Pz23	25,17	300	Pz23: 2515,58	1,4	32	Pz23: Malo	Pz23: Pozo sin tapa
-------------	-------	-----	---------------	-----	----	------------	---------------------

## Calle 7

Pz13 - Pz18	47,75	300	Pz13: 2519,12 Pz18: 2517,73	2,92	32	Pz13: Regular Pz18: Regular	Pz13: Pz18: Existe acometida
-------------	-------	-----	--------------------------------	------	----	--------------------------------	---------------------------------

Continúa



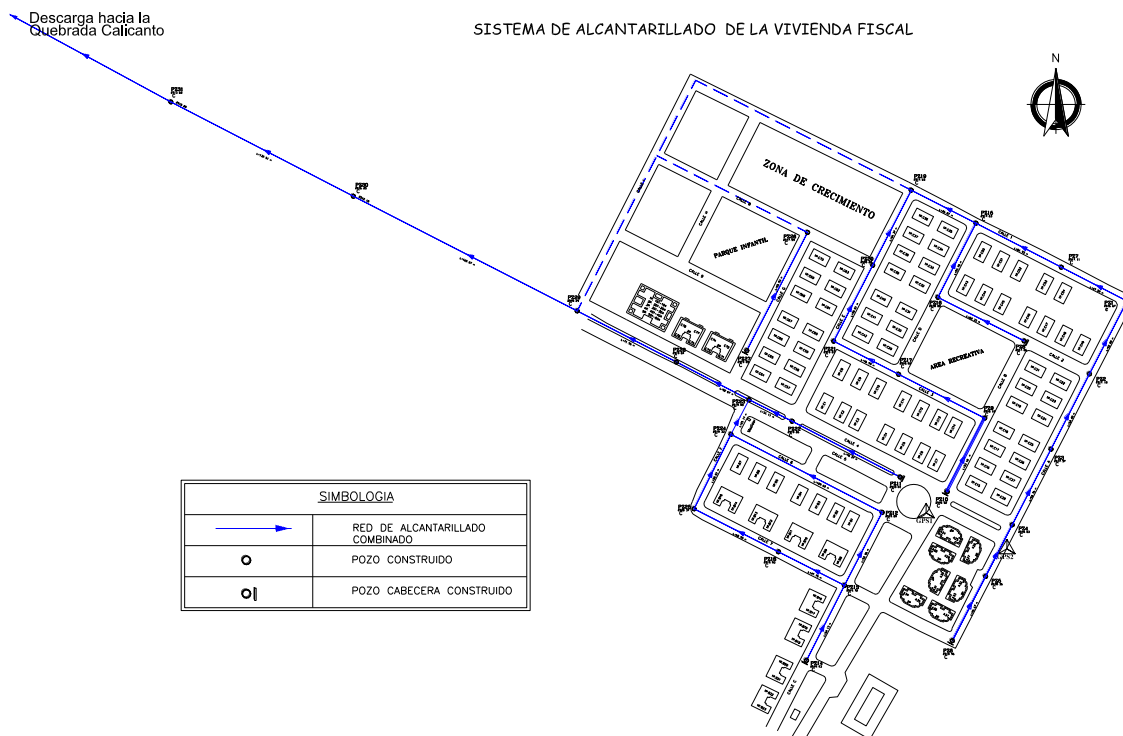
Pz18 - Pz25	60,98	300	Pz25:	-	32	Pz25:	Pz25: Pozo no identificado
Calle F							
Pz25 - Pz24	50,01	300	Pz24: 2515,93	-	32	Pz24: Malo	Pz24:
Calle 4							
Pz11 - Pz22	78,37	300	Pz11: 2517,62 Pz22: 2516,46	1,47	32	Pz11: Regular Pz22: Regular	Pz11: Pozo de cabecera, además se encuentra colapsado Pz22:
Pz22 - Pz23	31,11	300	Pz23: 2515,58	2,86	32	Pz23: Malo	Pz23: Pozo sin tapa
Pz23 - Pz28	52,67	300	Pz28: 2514,44	2,15	32	Pz28: Malo	Pz28: Pozo sin tapa, además existe acometida
Pz28 - Pz29	71,96	300	Pz29: 2513,59	1,19	32	Pz29: Regular	Pz29: Pozo en la cual se une todo el efluente, además existe acometida
Pz29 - Pz30	162,07	300	Pz30: 2512,10	0,92	32	Pz30:	Pz30: Pozo cerrado
Campo							
Pz30 - Pz31	132,51	300	Pz31: 2510,20	1,44	32	Pz31: Regular	Pz31:
Pz31 - Desc.	226,94	300	Desc.: 2506,76	1,52	32		Quebrada Calicanto

## Características generales de la red de alcantarillado existente

- Sistema de alcantarillado existente

**Figura 9**

*Esquema del sistema de alcantarillado combinado existente*



En la Tabla 21 se describe las características generales del sistema de alcantarillado existente.

**Tabla 21**

*Características generales del sistema de alcantarillado existente*

Componentes	Características
Longitud total de la tubería	2032,26 m
Diámetro de tubería	300 mm

Continúa

Tipo de tubería	Hormigón simple
Material de los pozos de revisión	Tapas de hierro Fundido Pozos de ladrillo revestido con mortero
Estado de los elementos de los pozos de revisión	Pozos que no contienen tapa: 5,6,23,26,27,28
Estado de los pozos de revisión	Regular y Malo
Número total de pozos de revisión	31
Número total de sumideros	34
Estado de los sumideros	Los sumideros se encuentran en buenas condiciones
Descargas existentes	1
Tipo de Descarga	Descarga hacia la Quebrada Calicanto
Tipo de alcantarillado	Sistema de alcantarillado combinado
Observaciones generales	Existen acometidas en los pozos: 4,5,9,14,18,20,21,24,26,28,29
	Pozos colapsados: 1,3,7,8,11,16,19,20
	Pozo cerrado: 2,15,30,27

---

### Reporte del sistema de alcantarillado existente

Realizado el catastro de los 31 pozos de revisión existentes en el sitio de estudio, se procede a describir las observaciones que presentan.

- Las tuberías instaladas en los pozos 5,6,9,10,11,27 no poseen la profundidad adecuada debido a que el valor mínimo a la cota clave del colector es de 1,20 m, de acuerdo a las normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes.
- En la Norma de diseño de sistemas de alcantarillado emitido por la EMAAP-Q (2009) se menciona que la distancia máxima entre pozos es de 80 m, en este caso la Vivienda Fiscal cuenta con 4 tramos que supera los 100 m de distancia, cada uno de los tramos se detallan a continuación: Tramo Pz12 -Pz24, Pz29 – Pz30, Pz30-Pz31, Pz31- Desc.
- Las paredes de los pozos de revisión presentan eflorescencias por lo que se puede llegar a deteriorar todo el material y de esta manera reducir la vida útil del elemento, la eflorescencia es uno de los problemas que existe cuando el material se encuentra en contacto con el agua y esto se lo puede observar en la Figura 10.

### **Figura 10**

*Pozo de revisión con eflorescencia*



- Existe conexiones domiciliarias que se encuentran conectados a los pozos de revisión, estas conexiones deben ser instaladas a lo largo de la tubería colectora para de esta manera evitar que el pozo tenga un obstáculo al momento de realizar

su mantenimiento. Los pozos que poseen acometidas se detallan en la Tabla 21 en el literal de observaciones generales y se los evidencia en la Figura 11.

### **Figura 11**

*Pozo de revisión con conexión domiciliaria*



- Se evidencia el desbordamiento de los pozos debido a que la tubería de 300 mm no tiene la capacidad de evacuar el agua ocasionado por un evento de lluvia, generando de esta manera la inundación de las calles.

### **Figura 12**

*Rebosamiento del agua en los pozos de revisión*



- Los pozos de revisión en su interior se encuentran acumulados de sedimentos, esto genera taponamientos que provocan el colapso de los pozos, por lo tanto, es necesario realizar el mantenimiento de cada uno de ellos. El problema antes mencionado se observa en la Figura 13.

### Figura 13

*Pozos que se encuentran en mal estado*



a.- Pozo con sedimentos



b.- Pozo colapsado

- La inspección de las tuberías con el robot Rover X no se la efectuó debido a que existe factores que lo imposibilitan, es el caso de los pozos de revisión que se encuentran totalmente colapsados, además por la existencia de acometidas en los pozos que dificulta el descenso, esto se observa en la Figura 11 y 13.
- Las tuberías que se observaron, a simple vista presentan en su interior acumulación de sedimentos, se identifica el deterioro de la tubería a través de las fisuras que posee.

**Figura 14**

*Estado de las tuberías del sistema de alcantarillado actual*



- El sistema combinado instalado en la Vivienda Fiscal tiene 32 años de funcionamiento, por lo que ha cumplido su vida útil, comprobando el desgaste de cada uno de sus elementos.

En función del estado actual que presenta la red de alcantarillado existente se decide reemplazar por un nuevo sistema de alcantarillado separado, es decir que las aguas pluviales y residuales se evacuarán por tuberías separadas.

**Medición de caudales**

La medición de caudales se realizó utilizando el método volumétrico, el mismo que se lo emplea en caudales pequeños, este método consiste en realizar una medición de forma directa conduciendo el caudal hacia un recipiente con marcas de medida (litros), por un lapso de tiempo determinado.

El caudal se calcula de la siguiente manera

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde:

Q = Caudal en (l/s).

V = Volumen de agua capturado (litros).

t = Tiempo de llenado del balde (segundos).

Para la cuantificación de los caudales en la Vivienda Fiscal se consideró tres tramos que permiten el acceso a su medición, ya que el resto de tramos por su difícil acceso y poca seguridad no permitió realizar la toma de datos. En cada uno de los tramos analizados (Figura 15), se realizó diez tomas para estimar un valor promedio, los resultados se visualizan en la Tabla 22.

**Tabla 22**

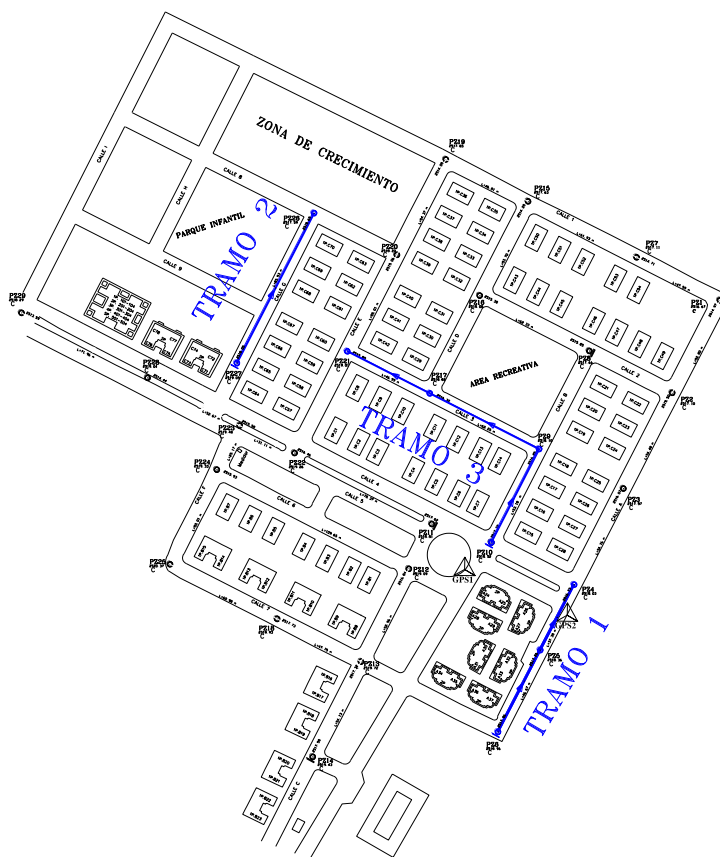
*Caudal en los diferentes tramos considerados*

<b>Tramo</b>	<b>V</b> (l)	<b>t</b> (s)	<b>Caudal</b> (l/s)
Tramo 1	1,30	54,22	0,02
Tramo 2	1,10	31,89	0,03
Tramo 3	1,00	4,74	0,21
<b>Caudal Total</b>	<b>2,80</b>	<b>4,37</b>	<b>0,64</b>



**Figura 15**

*Tramos considerados para estimar el caudal*



## **Diseño del sistema de alcantarillado sanitario**

### **Consideraciones de la red**

Los criterios de diseño que se consideran, están en base a las normas establecidas por la EMAAP-Q (2009), estas normas y recomendaciones técnicas son utilizadas para el diseño de alcantarillado en el Distrito Metropolitano de Quito.

En el sistema de alcantarillado sanitario las tuberías funcionarán a tubo parcialmente lleno, se utilizará máximo el 80 % de su capacidad y se trabajará con flujo a gravedad.

Las tuberías de la nueva red de alcantarillado sanitario estarán ubicadas en el lado opuesto a la conducción de agua potable, generalmente estas tuberías están instaladas al sur y al oeste del cruce de los ejes.

### **Coefficiente de rugosidad**

En la presente Tabla 23 se detalla los valores del coeficiente de rugosidad, de acuerdo al tipo de material de la tubería.

**Tabla 23**

*Valores del coeficiente de rugosidad*

<b>Material</b>	<b>"n" Manning</b>
PVC, PFV, PEAD	0,011
Hormigón premoldeado	0,013 a 0,014

Nota. Recuperado de la EMAAP-Q (2009).

El material a emplearse para la conducción de las aguas residuales domesticas es PVC, de modo que se utilizará un coeficiente de rugosidad de 0,011.

### **Velocidades permisibles en los conductos**

- **Velocidad mínima**

De acuerdo con la EMAAP-Q (2009), la velocidad de flujo en el sistema de alcantarillado sanitario debe ser mayor que 0,6 m/s, con lo establecido se garantiza la velocidad necesaria para lavar los sólidos depositados durante periodos de bajo caudal.

- **Velocidad máxima**

Respecto a la velocidad máxima en los conductos la EMAAP-Q (2009), establece un límite de velocidad de 5 m/s para de esta manera evitar problemas de erosión en la tubería.

### **Profundidad hidráulica máxima**

El nivel de ocupación máximo de la tubería está entre el 70% y 85% del diámetro, la parte restante de la sección permite la aireación adecuada del flujo de aguas residuales (EMAAP-Q, 2009).

### **Pendientes**

- **Pendiente mínima**

El valor de la pendiente mínima en las redes de alcantarillado será aquel que permita las condiciones de autolimpieza. De esta forma, para los sistemas de alcantarillado, la Organización Panamericana de la Salud (2005) establece que se debe mantener una pendiente mínima de 0,8%.

- **Pendiente máxima**

En cuanto a la pendiente máxima admisible, el valor debe ser aquel con la cual se obtenga la velocidad máxima real.

### **Diámetro mínimo**

En la red de recolección y evacuación de aguas residuales se utiliza las tuberías de sección circular, por tanto, el diámetro interno mínimo que se adopta en el diseño de la red sanitaria es de 250 mm. El diámetro a emplearse evita tener obstrucciones en el conducto ocasionado por objetos que se introducen al sistema.

## **Tuberías**

- **Material de las tuberías**

La tubería a emplearse en el sistema de alcantarillado sanitario es de PVC, se elige este material ya que presenta las siguientes ventajas: tiene resistencia a la abrasión, máxima resistencia a la acción corrosiva del ácido sulfhídrico, tiene una vida útil mayor a 50 años y se puede manejar en cuadrillas pequeñas debido a que la tubería es liviana.

- **Profundidad mínima a la cota clave**

Las tuberías estarán a profundidades que permitan el drenaje por gravedad de las descargas domiciliarias, en base a las normas establecidas por la EMAAP-Q (2009), la profundidad mínima a la clave del colector es de 1,50 m para de esta manera evitar su ruptura debido a las cargas vivas que puede experimentar.

Considerando que en el presente proyecto existe poco tránsito vehicular en la parte interior de la Vivienda Fiscal, se opta por colocar las tuberías a 1,20 m de alto sobre la clave del tubo como se menciona en las normas establecidas por el Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN (1992).

- **Profundidad máxima a la cota clave**

La altura máxima en las redes de alcantarillado sanitario está en el orden de los 5 m de altura, puede ser mayor la profundidad siempre y cuando se garantice los requerimientos geotécnicos de las cimentaciones y estructurales de los materiales y tuberías (EMAAP-Q, 2009).

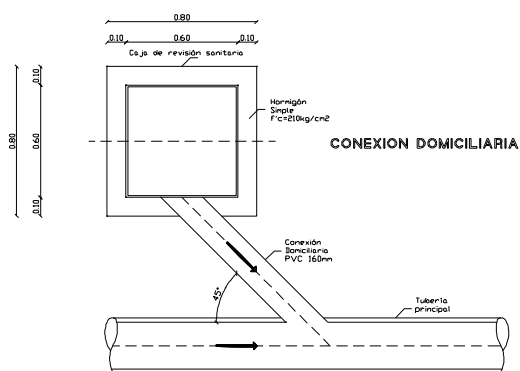
### Conexión domiciliaria

La conexión domiciliaria conduce el caudal residual de la vivienda hasta el conducto principal, está constituido de una caja de revisión, una tubería y un accesorio de empalme.

Para el presente proyecto se utilizará una caja de revisión de 80 cm x 80 cm que permitirá recibir todas las descargas domiciliarias, las mismas que se conectarán al conducto principal a través de una tubería de PVC de 160 mm de diámetro, su instalación se lo realizará con un ángulo de 45° y una pendiente mínima del 2 % como lo especifica las normas de la EMAAP-Q (2009). Así mismo, el empalme con la tubería principal se efectuará a través de una silla yee.

**Figura 16**

*Esquema de la conexión domiciliaria*



Nota. Tomado de la EMAAP-Q (2009).

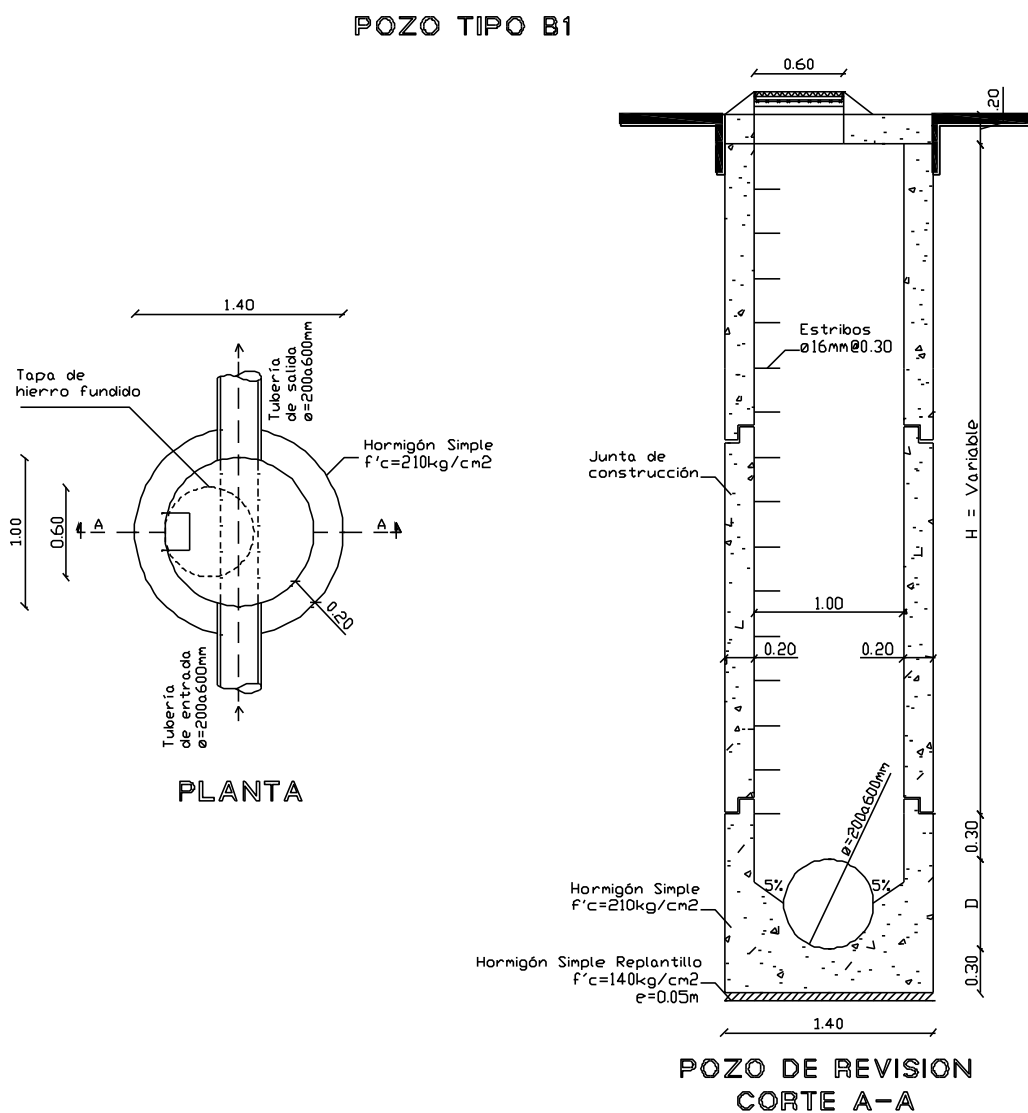
### Pozos de revisión

Los pozos de revisión se emplean para la inspección y mantenimiento de las tuberías, cada uno de ellos estarán ubicados conforme a los siguientes requerimientos: al inicio de las tuberías, en la intersección de dos o más tuberías, en los cambios de dirección o pendiente, y en tramos rectos donde la distancia supere los 80 m.

En base a las normas de la EMAAP-Q (2009), se establece utilizar el pozo de tipo B1 debido a que estas estructuras son para las tuberías de entrada y salida con un diámetro de 200 mm a 600 mm. Los detalles del pozo seleccionado se encuentran en la siguiente Figura.

**Figura 17**

*Esquema de Pozo Tipo B1*

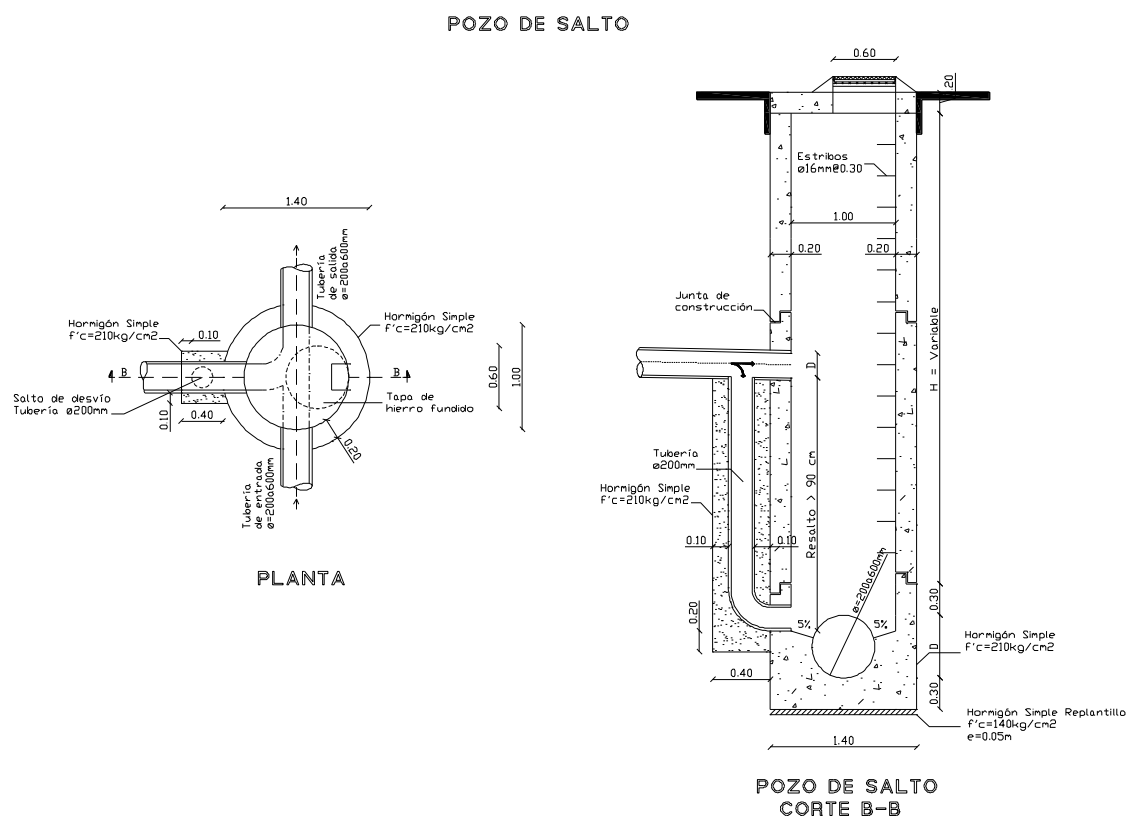


Nota. Tomado de la EMAAP-Q (2009).

Así también, se implementarán pozos de caída los mismos que son estructuras especiales que se emplea cuando la diferencia de cota entre en el conducto de entrada y el fondo excede los 90 cm. El pozo contiene un conducto vertical que conduce el agua residual hacia el fondo, de tal forma que se evita el desgaste del fondo y facilita la inspección y mantenimiento de las tuberías.

**Figura 18**

*Esquema Pozo de Salto*



Nota. Tomado de la EMAAP-Q (2009).

### Descarga

La descarga de las aguas residuales (D01) provenientes de la Vivienda Fiscal se lo realizará a la planta de tratamiento, para luego ser evacuadas en la quebrada Calicanto.

La descarga se encuentra ubicado en las coordenadas TMQ Este 502828,14 m y Norte 9962208,14 m.

El espacio para la construcción de la PTAR está localizado en una planicie que cuenta con una extensión de 3000 m<sup>2</sup>.

### **Figura 19**

*Terreno para la construcción de la PTAR*



### **Modelación hidráulica**

La modelación hidráulica del sistema de alcantarillado sanitario se lo efectuó en el programa SewerCAD, en el cual se analizó los criterios de diseño correspondientes a la red sanitaria.

SewerCAD es un programa de análisis y diseño de sistemas de drenaje urbano con énfasis en sistemas sanitarios, permite el análisis de sistemas a gravedad o sistemas que combinan subsistemas a presión y subsistemas a gravedad (Gutiérrez, 2009). GVF-Convex (SewerCAD) es un motor de cálculo que se encuentra integrado en el software

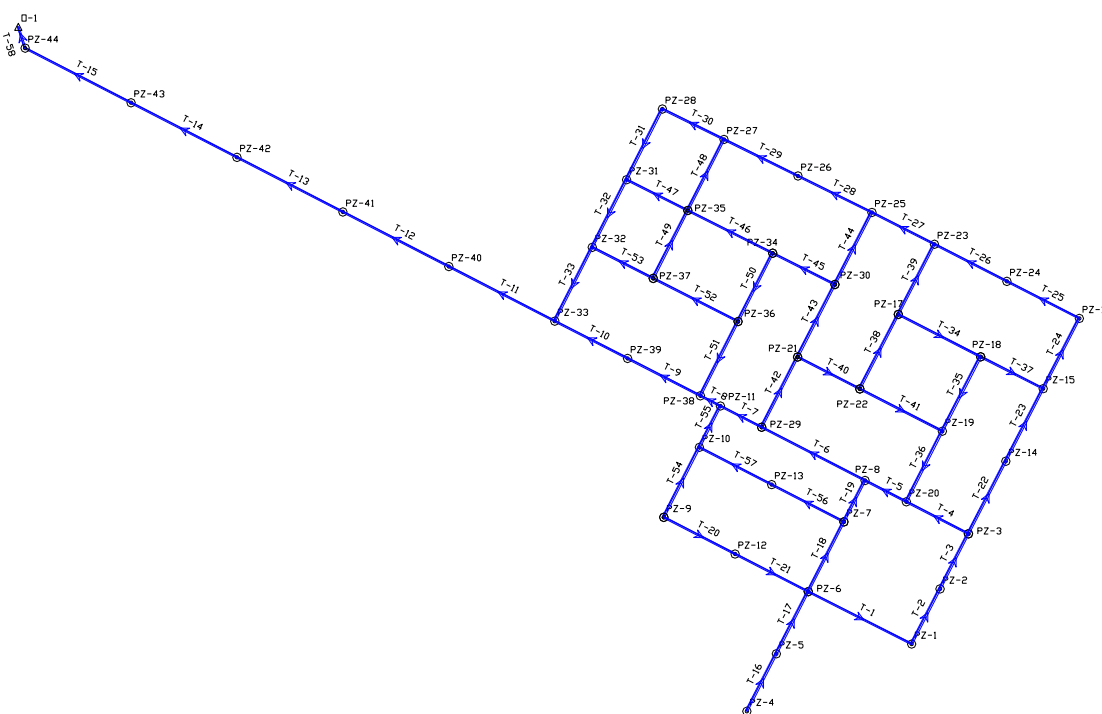


SewerGEMS CONNECT Edition el cual es un modelo multiplataforma con soporte a plataformas Stand Alone, AutoCAD, MicroStation y ArcGIS.

En la siguiente Figura se muestra el modelo de la red de alcantarillado sanitario perteneciente a la Vivienda Fiscal.

## Figura 20

*Modelo del sistema de alcantarillado sanitario*



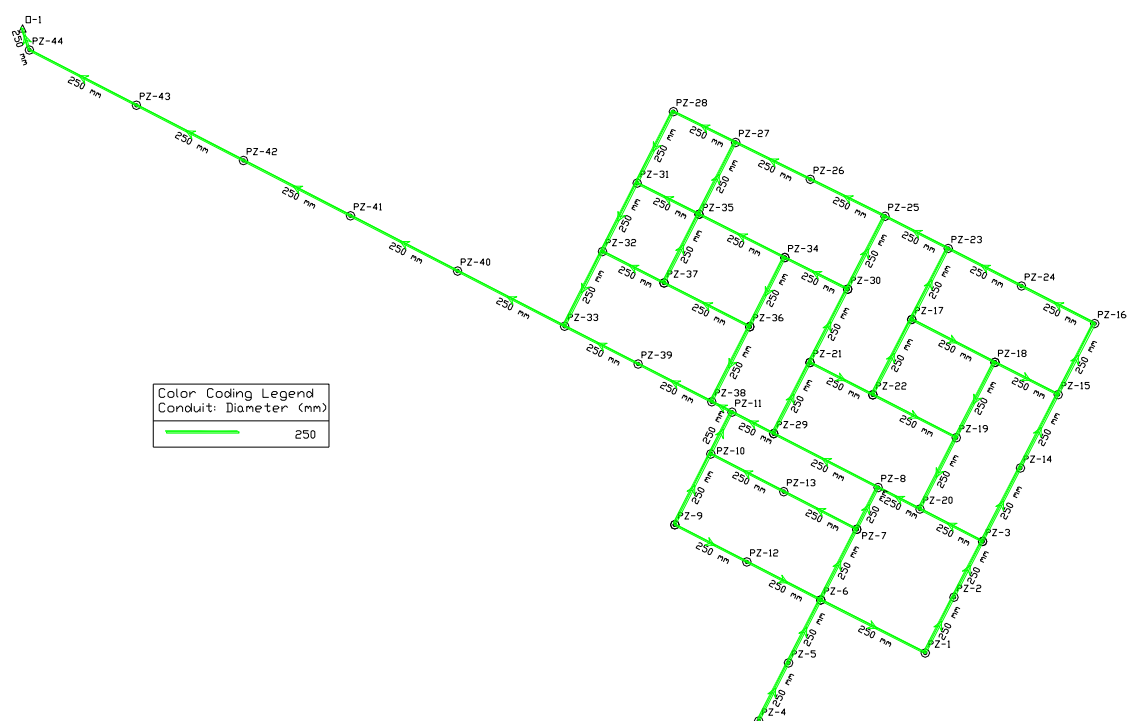
## Bases de evaluación

A continuación, se evalúa los criterios de diseño tomados en consideración en el análisis del sistema de alcantarillado sanitario.

- Diámetro del conducto

**Figura 21**

*Diámetros de la red sanitaria*

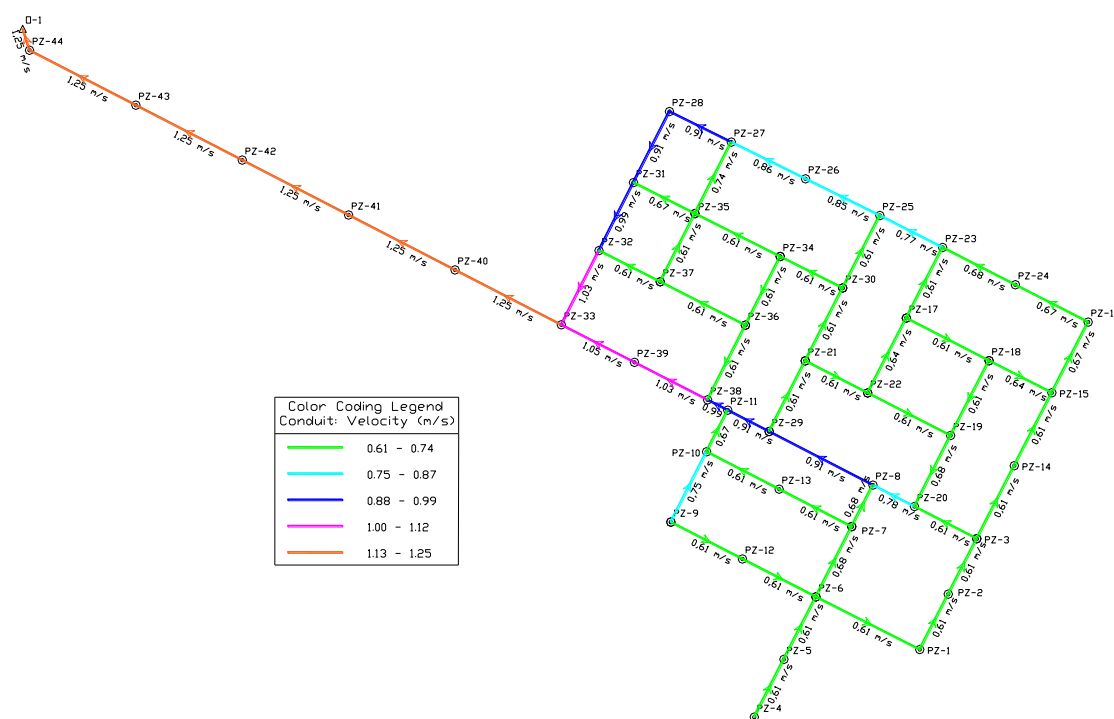


De acuerdo al reporte de resultados se observa que el diámetro requerido para cumplir con los parámetros hidráulicos es de 250 mm, este valor es correcto ya que es el mínimo que exige la normativa establecida por la EMAAP-Q.

- Velocidades en el conducto

**Figura 22**

*Rango de velocidades en el sistema de alcantarillado sanitario*

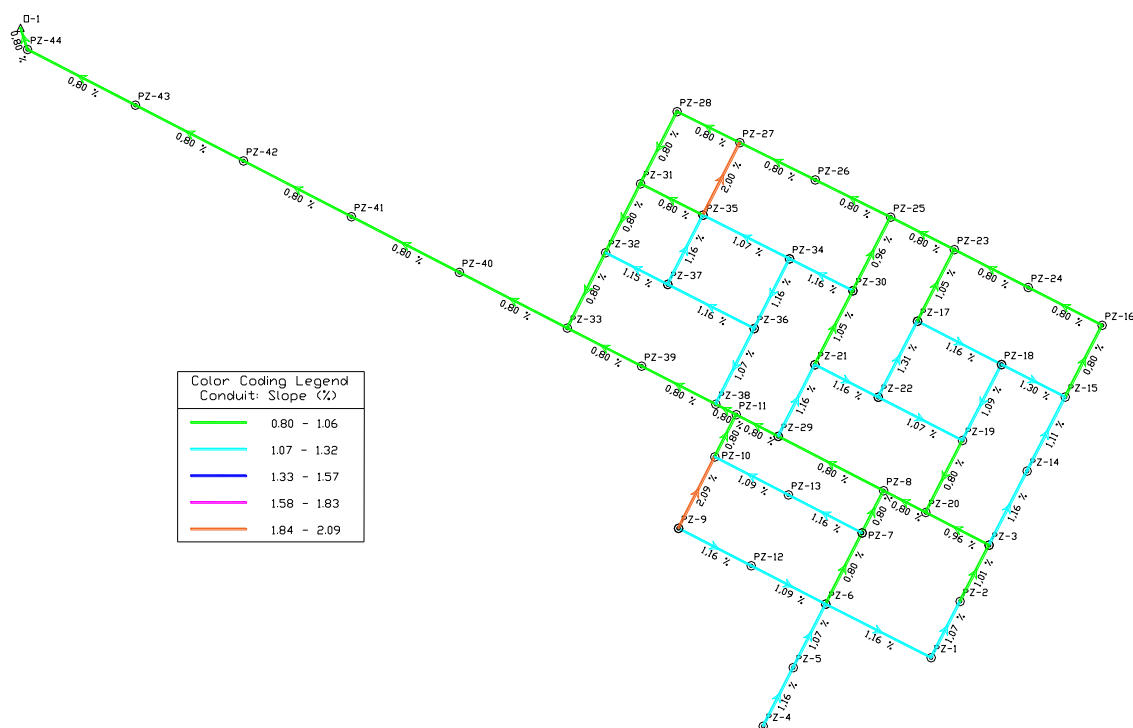


La máxima velocidad de flujo que presenta el diseño es de 1,25 m/s el mismo que se encuentra dentro del rango permitido, además con esta velocidad se garantiza la durabilidad de la tubería.

- Pendientes de la red sanitaria

**Figura 23**

*Pendientes de la red de alcantarillado sanitario*

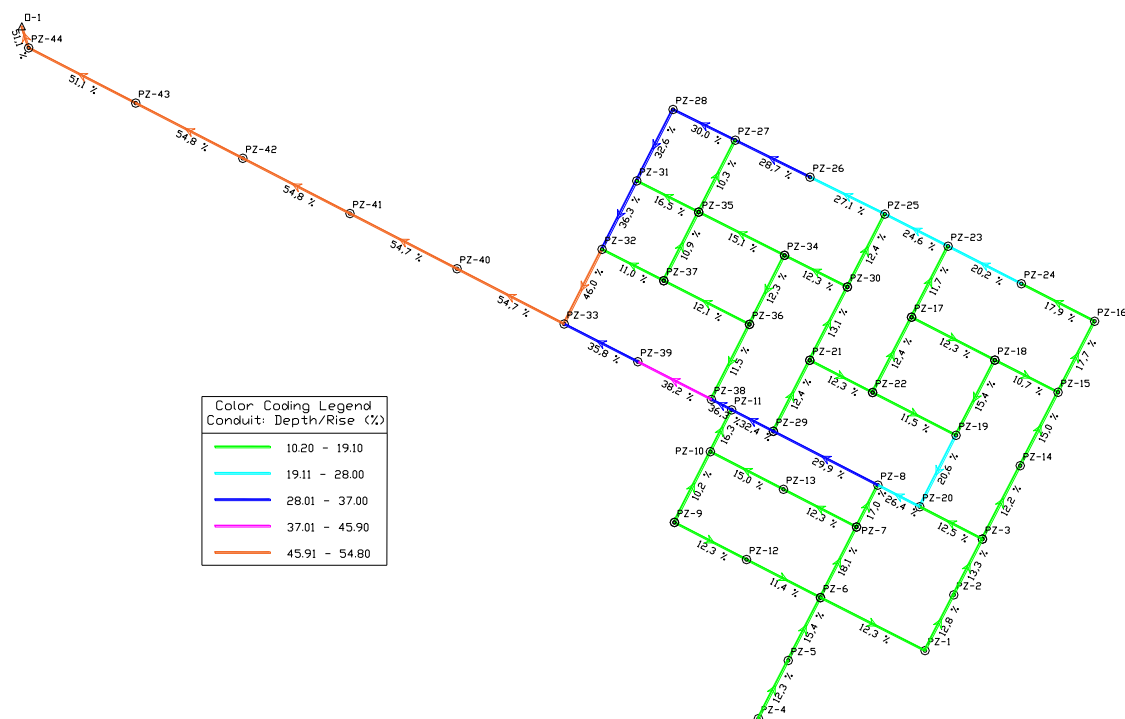


Como se puede observar ningún tramo presenta pendiente negativa, sus valores están en el rango de 0,80 % a 2,09 % con lo cual se evita la acumulación de sedimentos en las tuberías.

- Profundidad hidráulica

**Figura 24**

*Nivel de ocupación de la tubería*



La relación máxima entre la profundidad y el diámetro de la tubería es de 54,80 % de manera que cumple con lo establecido en la norma de la EMAAP-Q, el diseño está en la capacidad de transportar todo el caudal sanitario a través de las tuberías de PVC de 250 mm de diámetro.

### Resultados

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario para la Vivienda Fiscal del Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía” se presenta en el Anexo 10, así mismo en el Anexo 11 se adjunta los planos con respecto al área de aportación, el diseño de la red de alcantarillado sanitario, perfiles y detalle de los pozos de revisión.

En resumen, el sistema de alcantarillado sanitario cuenta con una longitud total de tubería PVC de 3,08 km, además posee 44 pozos tipo B1 de los cuales 12 son pozos de salto. En la Tabla 24 se detalla las coordenadas y cota de los nuevos pozos.

**Tabla 24**

*Planimetría y Altimetría de los pozos del sistema de alcantarillado sanitario*

Pozo	Coordenadas		Cota de terreno (m)
	Este (m)	Norte (m)	
1	503427,777	9961793,676	2518,94
2	503446,835	9961830,692	2518,40
3	503465,893	9961867,708	2518,05
4	503317,167	9961748,534	2519,25
5	503336,961	9961787,125	2519,61
6	503358,368	9961828,861	2519,72
7	503382,301	9961875,750	2519,16
8	503396,470	9961903,508	2518,78
9	503261,413	9961878,769	2520,38
10	503285,308	9961925,752	2519,28
11	503299,426	9961953,517	2519,34
12	503309,270	9961854,135	2519,92
13	503333,805	9961900,751	2519,43
14	503490,984	9961916,442	2517,57
15	503516,076	9961965,176	2517,02
16	503540,359	9962012,340	2516,59
17	503418,810	9962015,011	2518,06
18	503474,114	9961986,546	2517,63
19	503448,382	9961936,597	2518,23
20	503424,241	9961889,188	2518,52
21	503351,230	9961986,430	2519,11
22	503392,967	9961965,011	2518,80
23	503443,065	9962062,141	2517,64
24	503491,712	9962037,241	2517,08
25	503401,095	9962083,486	2517,66
26	503351,452	9962108,003	2517,13
27	503301,810	9962132,520	2516,44
28	503260,481	9962152,931	2516,27
29	503327,107	9961939,278	2519,35

Continúa

30	503376,265	9962035,096	2518,18
31	503236,412	9962105,489	2517,00
32	503213,379	9962060,091	2517,63
33	503188,220	9962010,501	2518,30
34	503334,520	9962056,108	2517,81
35	503277,508	9962084,803	2517,51
36	503311,253	9962010,246	2518,70
37	503254,307	9962039,247	2518,00
38	503285,970	9961960,412	2519,22
39	503237,095	9961985,457	2518,69
40	503117,118	9962047,168	2517,38
41	503046,016	9962083,835	2516,47
42	502974,913	9962120,501	2514,45
43	502903,811	9962157,168	2513,29
44	502832,710	9962193,830	2512,68

### **Diseño del sistema de alcantarillado pluvial**

#### **Consideraciones de la red**

En la red de alcantarillado pluvial el transporte de las aguas lluvias se realizará por gravedad con una ocupación máxima de la tubería del 85 %. Las tuberías del sistema de alcantarillado pluvial irán en el centro de la calzada donde actualmente se encuentra instalada la red de alcantarillado combinado.

#### **Áreas de drenaje**

Para el presente proyecto las áreas de drenaje se los obtendrán al dividir el área total del terreno en sub áreas, es decir se determinará el área tributaria para cada tramo de la tubería a diseñarse.

#### **Coefficiente de rugosidad**

El diseño hidráulico de los conductos se realizará empleando un coeficiente de rugosidad de Manning de 0,011, este valor corresponde a tuberías de PVC que recolectan y transportan el caudal pluvial.

### **Velocidades permisibles en los conductos**

- **Velocidad mínima**

De acuerdo a las normas que establece la EMAAP-Q (2009) la velocidad mínima en la tubería, para impedir el depósito de sedimentos será de 0,6 m/s considerando el gasto mínimo y su tirante correspondiente a tubería parcialmente llena.

- **Velocidad máxima**

La velocidad máxima que circula dentro de la tubería está en función del tipo de material que se utilice. En conformidad a las normas establecidas por la EMAAP-Q (2009), para tuberías de PVC se fija una velocidad máxima de 7,5 m/s.

### **Profundidad hidráulica máxima**

La profundidad hidráulica máxima del líquido dentro del conducto será del 85 % con respecto al diámetro interior de la tubería, con esto se garantiza que la tubería trabaje a sección parcialmente llena y permita una adecuada aeración del flujo.

### **Pendientes**

- **Pendiente mínima**

Las tuberías de la red de alcantarillado pluvial deberán proyectarse con una pendiente mínima del 0,5 %, con el objetivo de evitar el azolve en cada tramo de la tubería.

- **Pendiente máxima**

La pendiente máxima del conducto será aquella que permita verificar que no se supere la velocidad máxima en cada tramo de la tubería.



### **Diámetro mínimo**

Con la finalidad de que la red de alcantarillado pluvial trabaje a sección parcialmente llena, se determinarán diámetros adecuados tomando en cuenta que el diámetro mínimo de la tubería es de 300mm.

### **Tuberías**

- **Material de las tuberías**

El transporte y descarga de las aguas lluvias se realizará con tubería corrugada de PVC, posee un diseño estructural de doble pared, esto implica un interior liso y un exterior corrugado que ayuda a tener mayor resistencia estructural. En el mercado se dispone diámetros desde los 110 mm a los 1200 mm.

- **Profundidad mínima a la cota clave**

Las tuberías de aguas lluvias se diseñarán a profundidades que permitan el drenaje por gravedad, el valor mínimo que se establece es de 1,90 m de altura con respecto a la cota clave del colector, lo suficiente para no interferir con la red de alcantarillado de aguas residuales.

### **Sumideros**

Son estructuras que captan el agua que fluye por las calles y los descarga en los pozos de revisión, su localización será en lugares donde exista cruce de las vías, pendiente continua y en los puntos más bajos. Los sumideros irán espaciados de tal forma que el 90 % a 95 % del caudal que escurre sea interceptado por la rejilla.

La conexión entre el pozo y la cámara del sumidero será a través de un conducto con un diámetro mínimo de 200 mm y una pendiente del 2 %.

En el presente proyecto se construirán sumideros de rejilla en calzada, su capacidad hidráulica se encuentra en base a la fórmula establecida por la EMAAP-Q (2009).

$$Q = Cc * K * \left(1 - \frac{P}{100}\right) * L * B * (2 * g * H)^{0,5}$$

Donde:

Q = Caudal interceptado por el sumidero (m<sup>3</sup>/s).

Cc = Coeficiente para sumideros con depresión. C = 0,6

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

P= Porcentaje de obstrucción de la reja debido a basuras arrastradas por el escurrimiento pluvial en superficie. Se recomienda usar como mínimo P=50.

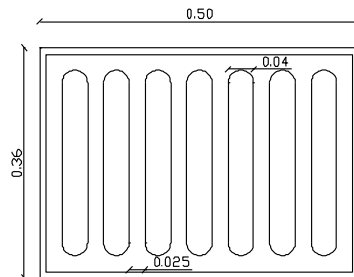
L = Longitud del sumidero. (m)

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 de agua sobre la reja.

- **Capacidad del sumidero**



$$Q = 0,6 * \frac{0,29 * 0,04 * 7}{0,36 * 0,50} * \left(1 - \frac{50}{100}\right) * 0,36 * 0,50 * (2 * 9,81 * 0,1)^{0,5}$$

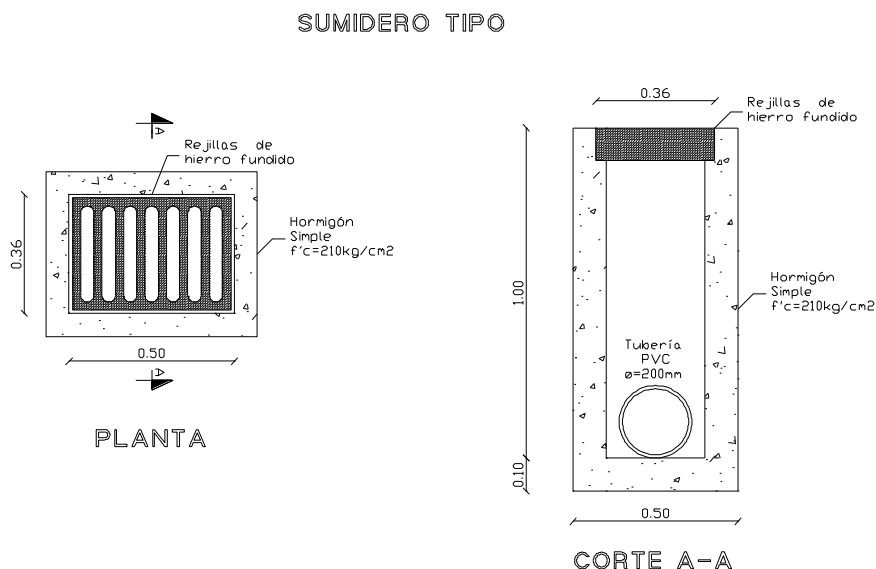
$$Q = 0,034 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 34,12 \text{ l/s}$$

De acuerdo al cálculo hidráulico realizado la capacidad del sumidero es de 34,12 l/s, por lo tanto, para captar todo el caudal de escorrentía se colocarán en ambos costados de la calzada y entre 2 a 3 cm por debajo de la rasante de la vía. En la siguiente Figura se muestra el esquema del sumidero tipo.

**Figura 25**

*Esquema del sumidero de calzada*



### Pozos de revisión

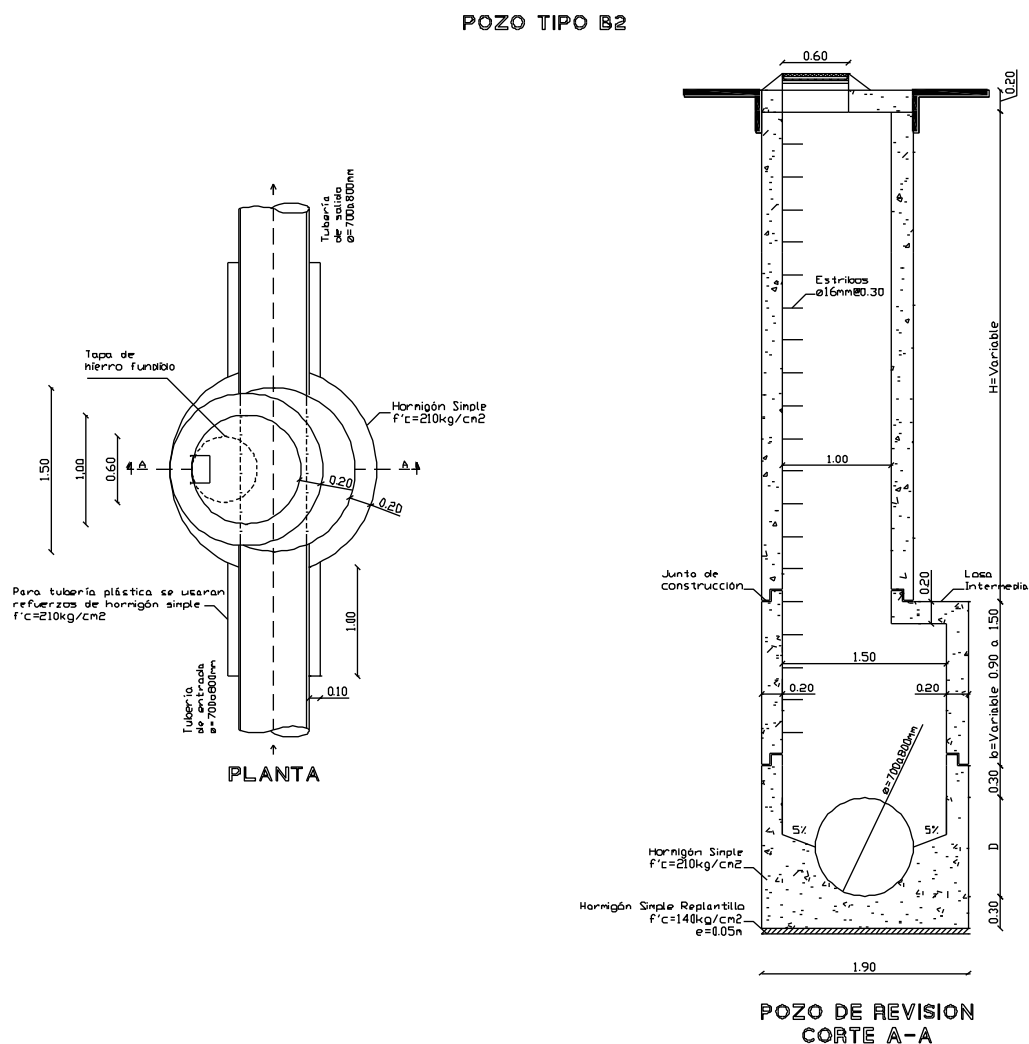
Los pozos de revisión se instalarán en todos los cambios de dirección y pendiente para permitir la inspección y limpieza de las tuberías. De acuerdo a la EMAAP-Q (2009)

se empleará los pozos tipo B1, B2 y B3, los mismos que se encuentran en función de los diámetros de la tubería de ingreso.

A continuación, se presenta el esquema del pozo tipo B2 y tipo B3, con lo que respecta al pozo tipo B1 se encuentra detallado en la Figura 17.

**Figura 26**

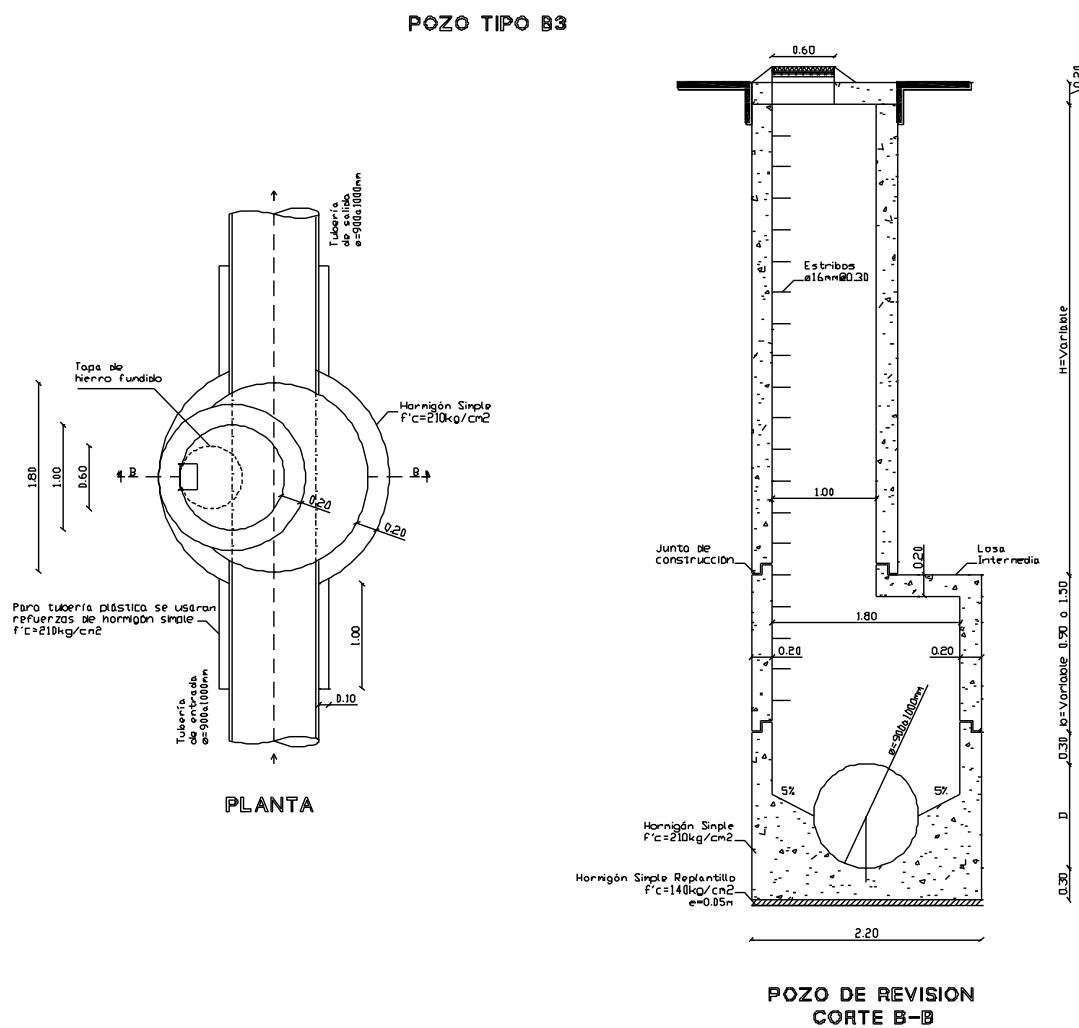
*Esquema de Pozo Tipo B2*



Nota. Tomado de la EMAAP-Q (2009).

Figura 27

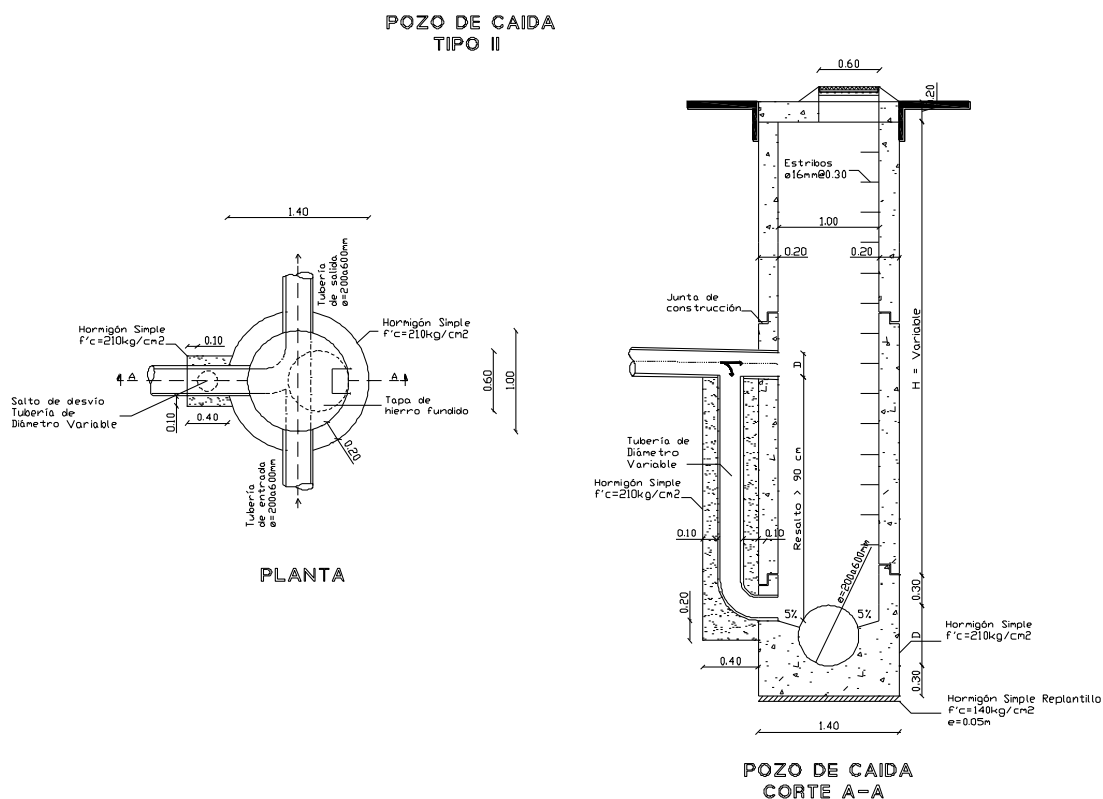
## Esquema de Pozo Tipo B3



De la misma forma, el sistema de alcantarillado pluvial contara con pozos de caída tipo II, son recomendables para saltos máximos de 3 m de altura y diámetros de entrada menores a 0,90 m, con esto se evita el desgaste del fondo del pozo.

Figura 28

## Esquema Pozo de Caída Tipo II



Nota. Tomado de la EMAAP-Q (2009).

### Descarga

La red de alcantarillado pluvial únicamente recogerá las aguas provenientes de las precipitaciones, las mismas que serán evacuadas directamente hacia la cuenca de la quebrada Calicanto ya que no requieren ningún tratamiento. La descarga D02 se sitúa en las coordenadas TMQ Este 502723,41 m y Norte 996224,52 m.

**Figura 29**

*Cuerpo receptor de las aguas pluviales*

**Modelación hidráulica**

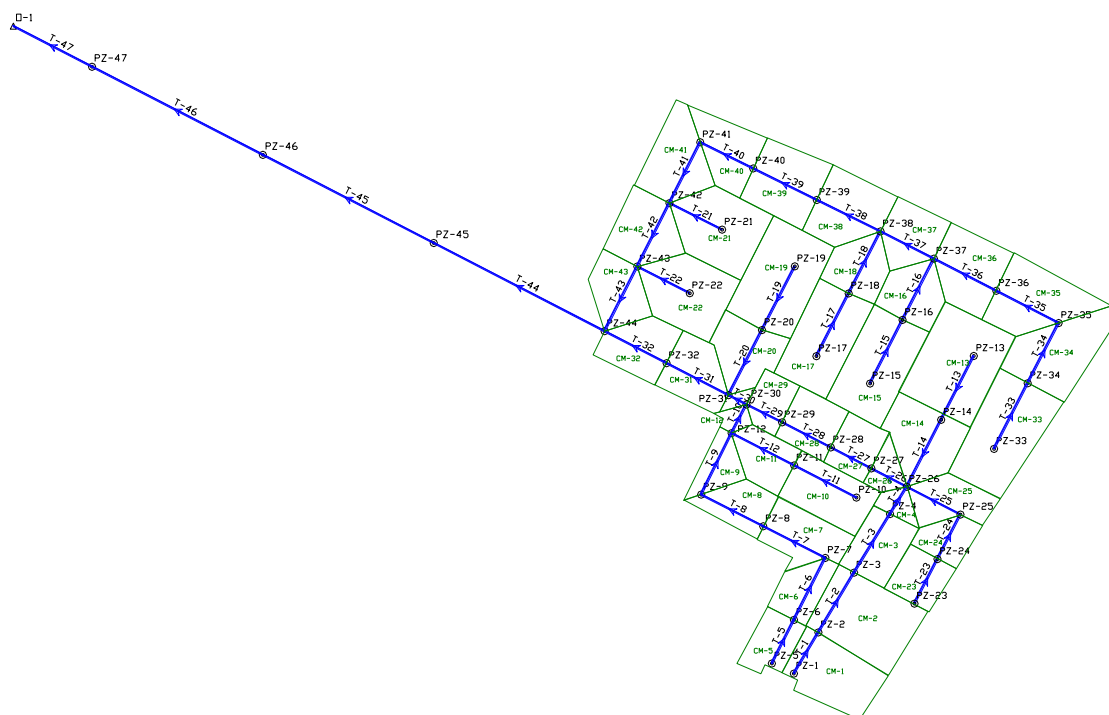
El cálculo de la red de alcantarillado pluvial se realizó utilizando el programa StormCAD, en el mismo se ingresó todos los componentes de la red y se generaron las áreas de aporte.

SewerGEMS CONNECT Edition es un software que incluye cuatro motores de cálculo entre ellos se encuentra el GVF-Rational (StormCAD). StormCAD es un programa de análisis y diseño de alcantarillas pluviales que utiliza el método racional para el cálculo hidrológico de la escorrentía (Suarez, 2019).

La configuración del modelo de la red de alcantarillado pluvial se muestra a continuación.

**Figura 30**

*Modelo del sistema de alcantarillado pluvial*



*Nota. Se presenta el área tributaria para cada uno de los tramos a diseñarse.*

### **Bases de evaluación**

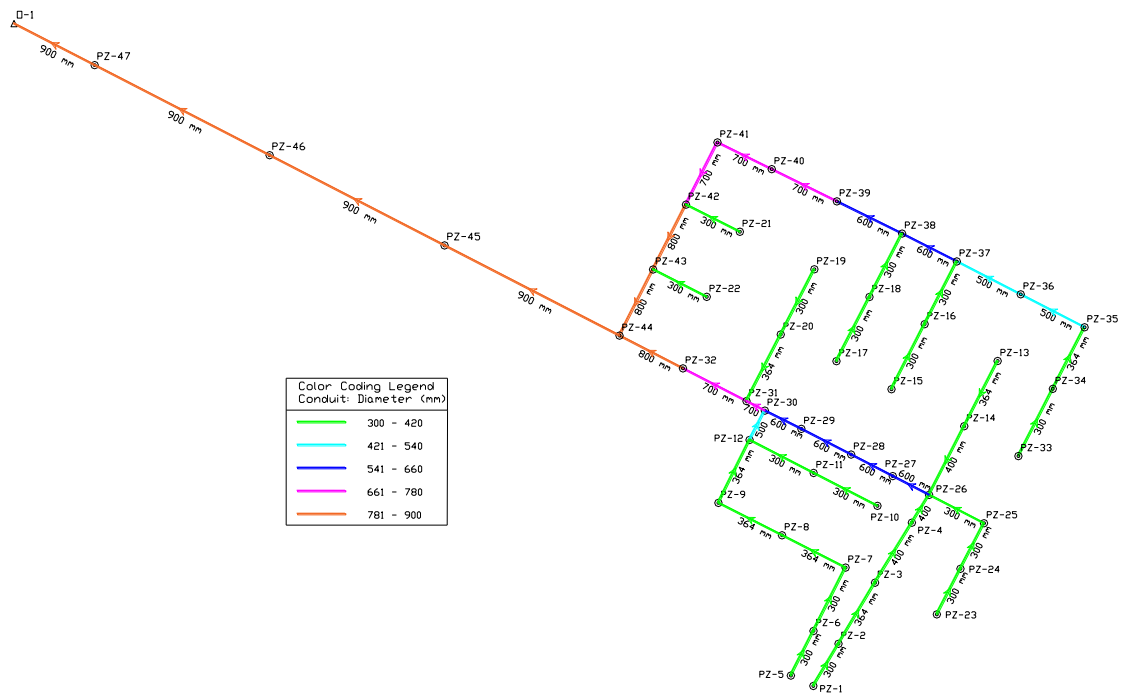
A continuación, se comprueba que los criterios de diseño se encuentren en base a los requerimientos establecidos por la EMAAP-Q.



- Diámetro del conducto

**Figura 31**

*Diámetros del sistema de alcantarillado pluvial*

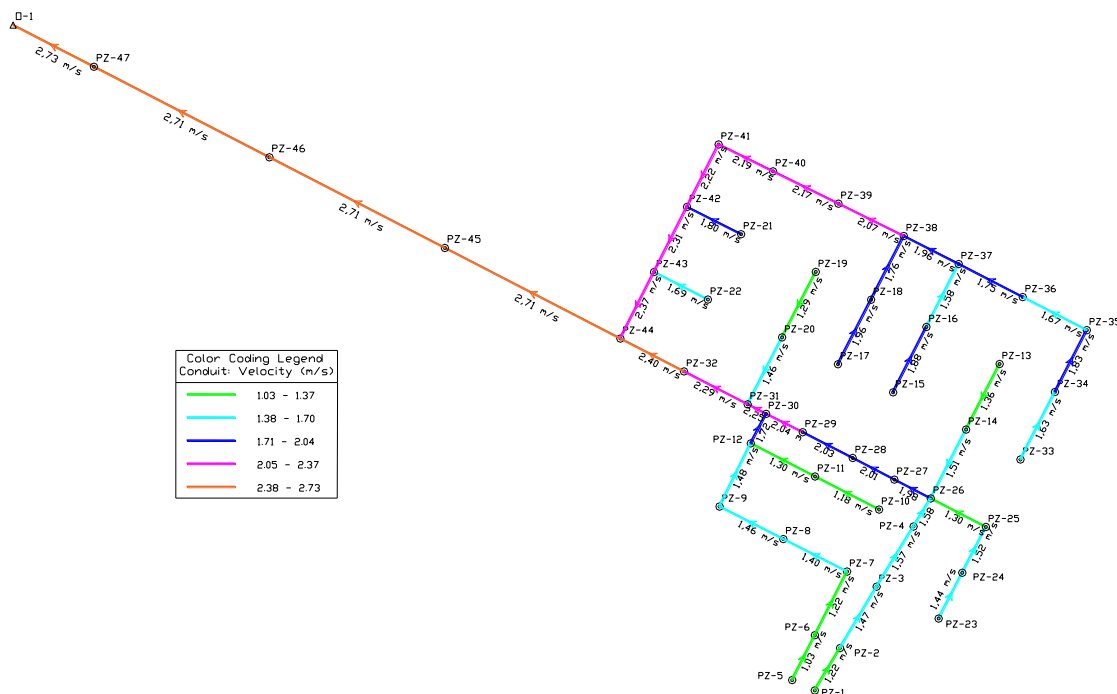


Como se puede observar la red de alcantarillado pluvial contiene diámetros que van desde los 300 mm hasta los 900 mm, estos diámetros se encuentran dentro del rango permitido y ayuda a que el conducto no presente obstrucciones.

- **Velocidades en el conducto**

**Figura 32**

*Velocidades en los conductos de la red pluvial*

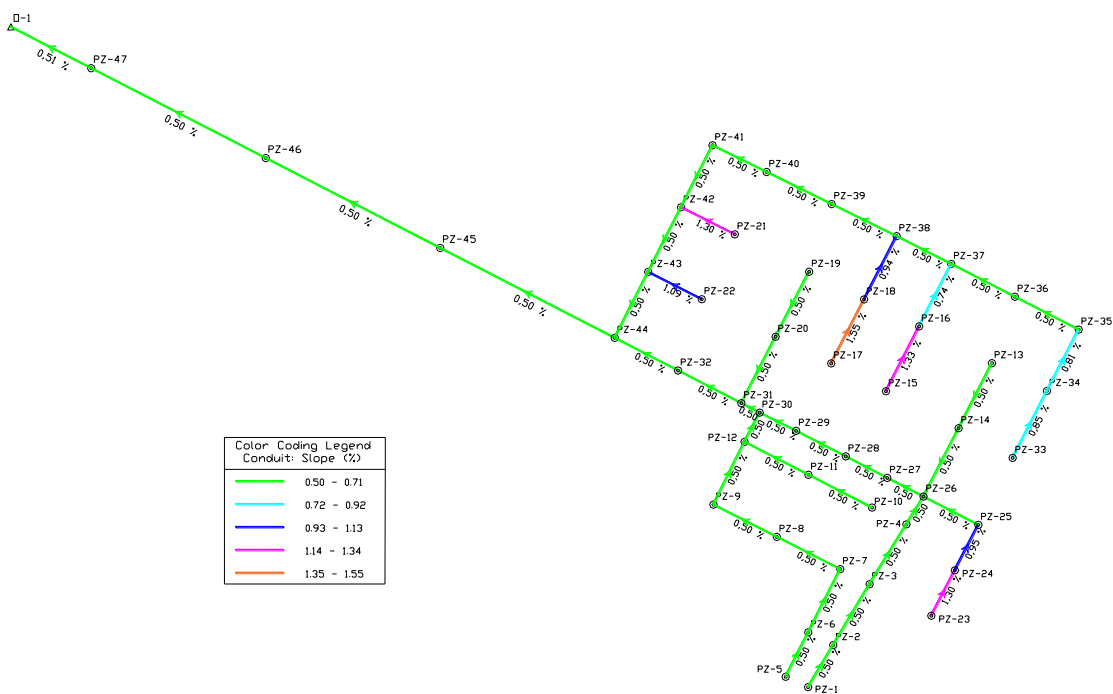


En las redes de alcantarillado pluvial la máxima velocidad de flujo que presenta es de 2,73 m/s, es decir el diseño cumple con este parámetro ya que la velocidad máxima recomendada es de 7,5 m/s. Además, con esta velocidad se evita la erosión en las tuberías.

- Pendientes de la red pluvial

**Figura 33**

*Pendientes de la red de alcantarillado pluvial*



De acuerdo al reporte de resultados el sistema de alcantarillado pluvial cuenta con pendientes que van desde los 0,50 % a 1,55 %, generando de esta manera excavaciones poco profundas y evitando la acumulación de sedimentos en los conductos.



**Tabla 25***Pozos de registro del alcantarillado pluvial*

<b>Tipo de pozo</b>	<b>Cantidad</b>
B1	35
B2	8
B3	4
47	

**Tabla 26***Planimetría y Altimetría de los pozos del sistema de alcantarillado pluvial*

<b>Pozo</b>	<b>Coordenadas</b>		<b>Cota de terreno</b>
	<b>Este (m)</b>	<b>Norte (m)</b>	<b>(m)</b>
1	503332,469	9961741,648	2519,28
2	503351,657	9961773,801	2519,54
3	503379,454	9961820,379	2519,70
4	503407,569	9961866,083	2519,01
5	503315,333	9961749,544	2519,25
6	503332,573	9961783,584	2519,43
7	503357,028	9961831,870	2519,72
8	503308,581	9961856,534	2519,97
9	503260,135	9961881,199	2520,37
10	503381,338	9961878,919	2519,09
11	503332,709	9961904,003	2519,29
12	503283,886	9961929,178	2519,33
13	503472,920	9961989,356	2517,66
14	503447,445	9961939,613	2518,10
15	503391,986	9961967,864	2518,82
16	503417,283	9962017,454	2518,08
17	503350,101	9961989,191	2519,01
18	503375,263	9962038,110	2518,16
19	503333,249	9962059,235	2517,59
20	503307,649	9962009,539	2518,65
21	503276,499	9962087,834	2517,50
22	503251,276	9962038,254	2518,04
23	503426,586	9961796,229	2518,96
24	503444,548	9961830,960	2518,45
25	503462,509	9961865,691	2518,08

Continúa

26	503420,642	9961887,330	2518,58
27	503392,962	9961901,635	2518,82
28	503361,286	9961918,059	2519,12
29	503323,338	9961937,616	2519,26
30	503295,505	9961951,505	2519,47
31	503281,498	9961958,772	2519,15
32	503233,137	9961983,728	2518,64
33	503488,738	9961916,908	2517,59
34	503514,966	9961968,126	2517,10
35	503539,172	9962015,050	2516,67
36	503490,497	9962040,133	2517,05
37	503441,823	9962065,217	2517,73
38	503400,112	9962086,471	2517,65
39	503350,439	9962111,003	2517,02
40	503300,765	9962135,536	2516,26
41	503259,439	9962155,945	2516,22
42	503235,397	9962108,527	2516,90
43	503210,340	9962059,106	2517,54
44	503184,775	9962008,683	2518,29
45	503051,458	9962077,433	2516,80
46	502918,141	9962146,183	2513,52
47	502784,802	9962214,890	2512,48

El proyecto cuenta con una longitud total de tubería PVC de 2,60 km, en la Tabla 27 se resume la longitud del conducto.

**Tabla 27**

*Dimensiones de la nueva red pluvial*

<b>Diámetro de tubería PVC (mm)</b>	<b>Longitud entre pozos (m)</b>
300	795,07
364	382,30
400	137,36
500	134,69
600	242,85
700	224,85
800	166,36

Continúa

900	519,06
2602,54	

El diseño hidráulico de la nueva red pluvial se encuentra detallado en el Anexo 12, de la misma forma en el Anexo 13 se presenta los planos pertenecientes al área de aportación, diseño de la red pluvial, perfiles y detalle de los pozos.

### **Tratamiento de aguas residuales**

#### **Caracterización de las aguas residuales**

La caracterización de las muestras del agua residual provenientes de la Vivienda Fiscal del Fuerte Militar “Marco Aurelio Subía” se encuentran en base a los parámetros establecidos por el Acuerdo Ministerial N°28 que sustituye el Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Medio Ambiente, los mismos que se detallan en la Tabla 28.

**Tabla 28**

*Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce*

<b>N°</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
1	Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	10000
2	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	100
3	Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
4	Nitrógeno Amoniacal	N	mg/l	30
5	Nitrógeno Total Kjedahl	N	mg/l	50
6	Sólidos suspendidos Totales	SST	mg/l	130
7	Sólidos Totales	ST	mg/l	1600

Nota. Recuperado del Ministerio del Ambiente (2015).

El resultado del análisis realizado a cada una de las muestras se presenta en la Tabla 29, estas fueron desarrolladas en la Facultad de Ciencias Químicas de la

Universidad Central del Ecuador. En el Anexo 14 se presenta el informe de cada una de las muestras analizadas.

**Tabla 29**

*Resultados de las muestras de agua residual*

N°	Parámetros	Unidad	Código de muestra			Comprobación
			Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
1	Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	mgO <sub>2</sub> /L	146	135	178	No cumple
2	Demanda Química de Oxígeno	mgO <sub>2</sub> /L	406	380	482	No Cumple
3	Nitrógeno Amoniacal	mg/L	6,5	6,1	7,2	Cumple
4	Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	19	17	24	Cumple
5	Sólidos suspendidos Totales	mg/L	141	132	166	No cumple
6	Sólidos Totales	mg/L	927	890	978	Cumple
7	Índice de Coliformes Fecales	NMP/100ml	1,7x10 <sup>9</sup>	1,4x10 <sup>9</sup>	1,8x10 <sup>9</sup>	No cumple
8	Índice de Coliformes Totales	NMP/100ml	3,5x10 <sup>17</sup>	2,8x10 <sup>17</sup>	4,1x10 <sup>17</sup>	No cumple

En el Acuerdo Ministerial N°28 emitido por el Ministerio del Ambiente (2015), se menciona que las aguas residuales ya sean públicas o privadas deben cumplir con los parámetros de descarga establecidos, caso contrario estas aguas deben ser tratadas. Por lo tanto, las aguas residuales del sitio de estudio serán tratadas ya que no cumplen con los límites máximos permisibles, así pues, se realizará el diseño de una planta de tratamiento que sea fácil de operar, no necesite mantenimiento continuo y sobre todo sea económicamente viable.

Realizado el análisis de la propuesta de diseño de un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente, se determinó que su periodo de inicio es lento ya que puede durar aproximadamente 6 meses, además los repuestos no se encuentran localmente, por tal



motivo el proceso de tratamiento para las aguas residuales de la zona de estudio se presenta detallado a continuación.

### **Proceso de tratamiento**

Para el tratamiento de las aguas residuales existen diferentes procesos que nos permiten mantener un ecosistema libre de agentes de contaminación, entre los aspectos más importantes que se considera en la elección del proceso de tratamiento es aquel que permita cumplir con los rendimientos de eliminación que se encuentran establecidos en el Acuerdo Ministerial N°28.

El proceso para el tratamiento de las aguas residuales de la Vivienda Fiscal consiste en: obras de llegada, pretratamiento, tratamiento primario y tratamiento secundario.

- **Obras de llegada**

Las obras de llegada son estructuras que se ubican inmediatamente después del emisario y antes del proceso de tratamiento (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 1992).

- **Pretratamiento de las aguas residuales**

Es el proceso en el cual se elimina los constituyentes de las aguas residuales cuya presencia pueda provocar problemas de funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares (Metcalf & Eddy, 1996). En el pretratamiento se utilizará una reja, desarenador y un medidor de canal.

- **Tratamiento primario de las aguas residuales**

El tratamiento primario consiste en la eliminación de una fracción de los sólidos en suspensión y de la materia orgánica del agua residual. La remoción se lleva a cabo mediante operaciones físicas tales como el tamizado y la sedimentación (Metcalf & Eddy, 1996).

Las aguas del tratamiento primario contienen una cantidad considerable de materia orgánica y una DBO alta (Metcalf & Eddy, 1996).

En el presente proyecto, el proceso de tratamiento primario se realizará mediante los tanques de sedimentación.

- **Tratamiento secundario convencional**

El tratamiento secundario se encamina principalmente a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables, se incluye como parte del tratamiento secundario la desinfección (Metcalf & Eddy, 1996).

Con el tratamiento secundario se alcanza una eficiencia de remoción de DBO y sólidos en el orden del 85 % (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 1992).

Para la eliminación de estos constituyentes se incluye el tratamiento biológico con fangos activados (Metcalf & Eddy, 1996). Por lo tanto, el tratamiento secundario estará conformado por filtros biológicos y un tratamiento de lodos.

### **Componentes del sistema de tratamiento de aguas residuales.**

- **Canal de entrada**

El canal de entrada permite conducir la descarga de la tubería principal hacia el tren de tratamiento de aguas residuales, en este caso se realizará un canal en forma

rectangular a cielo abierto, el cual debe cumplir con ciertos parámetros para su óptimo funcionamiento como mantener su velocidad y tirante del agua constante. La longitud del canal permitirá al personal de mantenimiento realizar la limpieza manual de las rejillas.

- **Rejas**

Permiten la retención de sólidos gruesos como madera, botellas plásticas, trapos, piedras y todos los residuos conducidos por el alcantarillado, evitando de esta forma afectar al proceso consecuente de tratamiento.

Las barras de acero son colocadas de forma transversal a la dirección de canal dentro de un marco, estas barras deben estar inclinadas al plano horizontal desde los 45° a 60°. A continuación, se presenta las características de los parámetros de diseño para rejas de barra.

**Tabla 30**

*Parámetros de diseño para rejas de barra*

<b>CONCEPTO</b>	<b>Limpieza manual</b>	<b>Limpieza mecánica</b>
Tamaño de barra		
Anchura (cm)	0,6 - 1,5	0,6 - 1,5
Profundidad (cm)	2,5 - 7,5	2,5 - 7,5
Separación (cm)	2,5 - 5,0	1,6 - 7,5
Inclinación respecto a la vertical (°)	30 - 40	0 - 30
Velocidad de aproximación (m/s)	0,3 - 0,6	0,6 - 0,9
Pérdida de carga admisible (cm)	15	15

Nota. Recuperado de Crites & Tchobanoglous (2000).

Se debe realizar el adecuado mantenimiento o extracción periódicamente del material ya que al acumularse demasiado desperdicio ocasiona que las partículas de menor tamaño no puedan pasar a través de la separación de las barras.

- **Desarenador**

Es una estructura que retiene la arena y fragmentos de metal procedente de las aguas servidas, con esto se protege a las unidades que se encuentran aguas abajo. La velocidad de las aguas residuales debe ser tal que permita que la arena y las piedras se sedimenten.

Es importante remover a tiempo la arena para prevenir daños en las posteriores etapas de tratamiento.

- **Medidor de caudal**

Se instala un medidor de caudal para proporcionar datos históricos del efluente y de esta manera desarrollar criterios de diseño para futuras ampliaciones, así mismo sirve para evaluar el funcionamiento de los procesos de tratamiento (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 1992).

El dispositivo más utilizado para la medición del caudal en canal abierto es el aforador de tipo Parshall (Metcalf & Eddy, 1996). La canaleta Parshall permite llevar una medición de las aguas residuales y un mejor control de los procesos de tratamiento, está compuesto por una entrada, la garganta y la salida.

- **Tanques de sedimentación**

El tanque de sedimentación primario es una estructura que tiene forma rectangular, circular o cuadrada, permite remover los sólidos sedimentables del agua residual contribuyendo a reducir el contenido de sólidos en suspensión (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 1992).

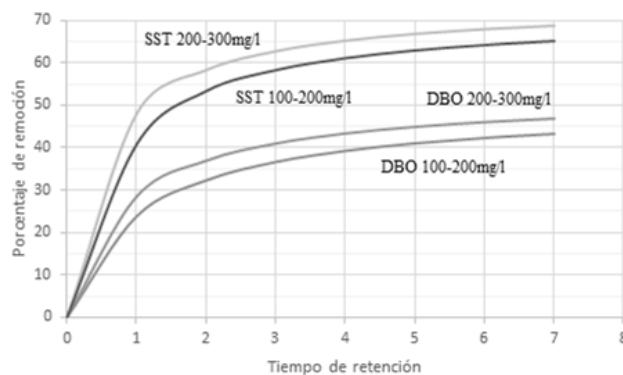
Los tanques de sedimentación primario se utilizan para reducir la carga afluyente a los filtros biológicos, estos pueden eliminar entre el 50 % y 70 % de los sólidos suspendidos y el 25 % y 40 % de la DBO<sub>5</sub>.

### *Remoción de DBO y SST*

La siguiente Figura presenta información relacionada a la eficiencia de remoción de DBO y SST en tanques de sedimentación primaria, se encuentra en función del tiempo de retención y la concentración del afluyente.

### **Figura 35**

#### *Remoción de DBO y SST en tanques de sedimentación primaria*



Nota. Tomado de Crites & Tchobanoglous (2000).

Esta curva puede modelarse matemáticamente como una hipérbola regular usando la siguiente fórmula.

$$R = \frac{t}{a + b * t}$$

Donde:

R = Porcentaje de remoción de DBO o SST esperado, %.

t = Tiempo nominal de retención, h.

a, b = Constantes empíricas.

**Tabla 31***Valores de las constantes empíricas*

<b>Variable</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
DBO	0,018	0,020
SST	0,0075	0,014

Nota. Recuperado de Crites & Tchobanoglous (2000).

*Tiempo de retención*

Por lo general, los tanques de sedimentación primaria se utilizan para proporcionar un tiempo de retención entre 1,5 a 2,5 horas para el caudal medio del agua residual.

*Cargas de superficie*

Los tanques de sedimentación primaria se dimensionan en función de la carga de superficie expresada en  $M^3/M^2$ , en la Tabla 32 se detalla información relacionada al diseño de tanques de sedimentación primaria.

**Tabla 32***Criterios de diseño para tanques de sedimentación primaria*

<b>Parámetro</b>	<b>Intervalo</b>	<b>Valor típico</b>
Tiempo de retención, en h.	1,5 - 2,5	2
Carga superficial, en $m^3/m^2$ d	32 - 48	100
Gasto medio	80 - 120	
Gasto máximo ext.		
Carga sobre el vertedero $m^3/m$ d	125 - 500	250

Dimensiones, en m

Rectangular

Profundidad	3 - 5	3,6
Longitud	15 - 90	25 - 40
Ancho	3 - 24	6 - 10
Velocidad de la rastra	0,6 - 1,2 m/min	1,0

Continúa

	Circular	
Profundidad	3 - 5	4,5
Diámetro	3,6 - 60	12- 45
Pendiente del fondo	60 -160 mm/m	80
Velocidad de la rastra	0,02 - 0,05	0,03

Nota. Recuperado de Metcalf & Eddy (1996).

### *Velocidad de arrastre*

Se debe mantener velocidades a niveles bajos para de esta manera evitar que las partículas no sean arrastradas desde el fondo del tanque.

$$VH = \sqrt{\frac{8k(s - 1)gd}{f}}$$

Donde:

VH = Velocidad horizontal mínima a la cual se inicia el arrastre de partículas.

k = Constante que depende del tipo de material arrastrado.

s= Peso específico de las partículas.

g= Aceleración de la gravedad.

d= Diámetro de las partículas.

f= Factor de fricción de Darcy – Weisbach. (0,02 – 0,03).

Entre los valores para k se encuentra 0,04 para arena unigranular y 0,06 para materia más agregada, los parámetros k y f son constantes adimensionales.

- **Filtros biológicos**

Sinónimo de filtro percolador, es un sistema en el cual la oxidación aerobia de la materia orgánica se produce por la actividad de las bacterias adheridas a la superficie del material filtrante, con esto se reduce la materia en suspensión y la DBO<sub>5</sub>. El fundamento

del filtro biológico radica en el paso del agua residual por un medio filtrante de piedra gruesa o de material sintético (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 1992).

- **Tratamiento de lodos**

Los lodos son sólidos que se sedimentan cuando las aguas residuales son tratadas. El tratamiento de lodos consiste en un proceso de estabilización, acondicionamiento y deshidratación de lodos (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 1992).

Un proceso para el tratamiento de lodos es la digestión anaeróbica, este proceso se considera para el lodo primario y secundario de plantas de tratamiento con filtros biológicos, y su objetivo es la estabilización, reducción de volumen e inactivación de organismos patógenos de lodos. Los digestores son tanques que pueden ser ovaladas, circulares o cuadradas (Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN, 1992).

### **Dimensionamiento de la planta de tratamiento**

A continuación, se detalla el cálculo de las unidades de tratamiento para las aguas residuales provenientes de la Vivienda Fiscal.

#### **Canal de entrada**

- **Criterios de diseño**

$$Q_{DISEÑO} = Q_{m_H} + Q_{ilícitas} + Q_{infiltración}$$

$$Q_{DISEÑO} = 4,75 + 0,79 + 1,49$$

$$Q_{DISEÑO} = 7,039 \frac{l}{s} = 0,00703 \frac{m^3}{s}$$

Base = 0,30 m.



Velocidad = 0,30 - 0,60 m/s, rango de velocidades propuesta por Crites & Tchobanoglous (2000).

- **Diseño**

$$Q = V \times A$$

$$A = \frac{0,00703}{0,6} = 0,012 \text{ m}^2$$

$$A = Y \times b$$

$$Y = \frac{0,012 \text{ m}^2}{0,3 \text{ m}} = 0,039 \text{ m} \approx 0,040 \text{ m}$$

Se incrementa 15 cm para que no trabaje a canal lleno.

$$Y = 0,19 \approx 0,20 \text{ m}$$

$$Y = 0,20 \text{ m}$$

### **Rejas**

- **Criterios de diseño**

Inclinación de las rejas se considera a 45°.

Espesor de las barras  $S = 0,005 \text{ m}$ .

Separación libre entre cada barra  $e = 2,54 \text{ cm} = 0,0254 \text{ m}$ .

Ancho de canal de entrada  $b = 0,30 \text{ m}$ .

Velocidad a través de la rejilla limpia  $= 0,30 \text{ m/s}$ .

Velocidad a través de la reja obstruida  $= 0,60 \text{ m/s}$ .

Los datos de las velocidades fueron tomados de los autores Crites & Tchobanoglous (2000).

- **Diseño**

Diseño de área libre ( $A_L$ ):

$$A_L = \frac{Q_D}{V \text{ reja obstruida}}$$

$$A_L = \frac{0,00704}{0,6} = 0,0117 \text{ m}^2$$

Cálculo del tirante o altura (h)

$$h = \frac{A}{b}$$

$$h = \frac{0,0117}{0,3} = 0,039 \text{ m} \approx 0,04 \text{ m}$$

Cálculo de la suma de separaciones entre barras  $bg$ :

$$b = \left( \frac{bg}{e} - 1 \right) \times (S + e) + e$$

Donde:

$b$  = ancho del canal en mm.

$bg$  = suma de las separaciones entre barras en mm.

$e$  = separación entre barras en mm.

$S$  = espesor de las barras en mm.

$$300 \text{ mm} = \left( \frac{bg}{25,4 \text{ mm}} - 1 \right) \times (5 \text{ mm} + 25,4 \text{ mm}) + 25,4 \text{ mm}$$

$$300 \text{ mm} - 25,4 \text{ mm} = \left( \frac{bg}{25,4 \text{ mm}} - 1 \right) \times (30,4 \text{ mm})$$

$$\frac{274,6}{30,4} = \left( \frac{bg}{25,4 \text{ mm}} - 1 \right)$$

$$9,0329 = \left( \frac{bg}{25,4 \text{ mm}} - 1 \right)$$

$$9,0329 * 25,4 \text{ mm} = (bg - 25,4 \text{ mm})$$

$$bg = (229,4355 + 25,4) = 254,84 \text{ mm}$$

#### Cálculo del área libre de sección de barras

Inclinación a 45°.

h = Altura total del canal.

$$\text{Hipotenusa} = \frac{h}{\text{sen } \alpha}; \alpha = 45^\circ$$

$$H = \frac{0,040}{0,707} = 0,0565 \text{ m} \approx 6 \text{ cm}$$

#### Área de espacios

$$A_E = H \times bg$$

$$A_E = 0,06 \times 0,25484$$

$$A_E = 0,015 \text{ m}^2$$

Velocidad que fluye a través de los espacios

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0,00703}{0,015}$$

$$V = 0,46 \frac{m}{s}$$

Cálculo del número de barras necesarias para las rejillas

$$n^{\circ} = \left( \frac{bg}{e} \right) - 1$$

$$n^{\circ} = \left( \frac{254,84}{25,4} \right) - 1$$

$$n^{\circ} = 9,03 \therefore 9 \text{ barras}$$

Cálculo de la pérdida de carga.

Las pérdidas de cargas admisibles no deben ser mayores a 15 cm, ya que esto provocaría una obstrucción en las rejillas de paso, lo cual reduce la velocidad y causa una aglomeración de materiales sólidos en el canal de entrada, la solución de este problema es realizar mantenimiento periódicamente de las rejillas por donde pasa el efluente.

La ecuación para determinar la perdida de carga es propuesta del libro sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados de Crites & Tchobanoglous (2000).

$$H_f = \left( \frac{1}{0,7} \times \frac{V^2 - v^2}{2g} \right)$$

Donde:

$H_f$  = Pérdida de cargas en metros.

$V$  = Velocidad de flujo a través del espacio entre las barras de la reja, m/s.

$v$  = Velocidad de aproximación del flujo hacia la reja, m/s.

$g$  = Aceleración gravitacional ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ).

$$H_f = \left( \frac{1}{0,7} \times \frac{(0,46 \text{ m/s})^2 - (0,3 \text{ m/s})^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2} \right)$$

$$H_f = 0,000644 \text{ m}$$

$$H_f = 0,0644 \text{ cm cumple parámetro mínimo } (< 15\text{cm})$$

#### 1.1.1.2. Desarenador

- **Criterios de diseño**

$V = 0,30 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 25920 \frac{\text{m}}{\text{dia}}$ . "Velocidad constante que permite que la arena de 0,2 mm sedimente a una velocidad de sedimentación de 0,02 m/s" (Metcalf & Eddy, 1996).

Longitud adicional por turbulencia  $L_a = 0,25 L$ . Propuesta por Metcalf & Eddy (1996).

$L$  = Longitud del canal desarenador.

$$Q_{DISEÑO} = 7,039 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 608,25 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

- **Diseño**

Cálculo del área del desarenador.

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{608,25}{25920} = 0,023 \text{ m}^2$$

Ancho del desarenador

$$A = b(1,5 \times b) = 1,5b^2$$

$$0,023 \text{ m}^2 = 1,5b^2$$

$$b = \sqrt{\frac{0,023}{1,5}} = 0,1238 \text{ m}$$

$$b = 0,15 \text{ m}$$

Profundidad del desarenador

$$h = 1,5b$$

$$h = (1,5 \times 0,1238) = 0,1857 \text{ m}$$

$$h = 0,20 \text{ m}$$

Cálculo del tiempo de retención  $t_r$ .

$$t_r = \frac{h}{V \text{ sedimentación de partícula}} = \frac{0,1857 \text{ m}}{0,02 \text{ m/s}} = 9,28 \text{ s}$$

Longitud del desarenador

$$L = Tr \times V = 9,28 \times 0,3 = 2,78 \text{ m}$$

$$L = 1,25 \times 2,78 = 4,35 \text{ m}$$

$$L = 4,50 \text{ m}$$

### **Canaleta Parshall**

Se tomará en consideración que la planta de tratamiento es un flujo o descarga libre para de esta manera determinar el caudal.

$$Q = K \times H^n$$

Dimensionamiento de la canaleta Parshall

$$T = 2W$$

$$W = \frac{T}{2}$$

$$W = \frac{0,25}{2}$$

$$W = 0,125 \text{ m} \approx 0,15 \text{ m}$$

$$W = 6 \text{ ''}$$

**Tabla 33**

*Dimensiones típicas de medidores Parshall*

<b>W</b>	<b>(cm)</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>K</b>
1"	2,5	36,3	35,6	9,3	16,8	22,9	7,6	20,3	1,9
3"	7,6	46,6	45,7	17,8	25,9	38,1	15,2	30,5	2,5
<b>6"</b>	<b>15,2</b>	<b>62,1</b>	<b>61,0</b>	<b>39,4</b>	<b>40,3</b>	<b>45,7</b>	<b>30,5</b>	<b>61,0</b>	<b>7,6</b>
9"	22,9	88,0	86,4	38,0	57,5	61,0	30,5	61,0	7,6

Nota. Recuperado de Azevedo & Acosta (1976).

Donde:

W = Tamaño de la garganta.

A = Longitud de la pared lateral de la sección convergente.

B = Longitud axial de la sección convergente.

C = Ancho del extremo de aguas debajo de la canaleta.

D = Ancho del extremo de aguas arriba de la canaleta.

E = Profundidad de la canaleta.

F = Longitud de la sección divergente.

K = Diferencia de nivel entre el punto más bajo de la canaleta y la cresta.

N = Profundidad de la depresión en la garganta debajo de la cresta.

Para determinar que el tamaño del medidor Parshall es el correcto, se verifica a través de la Tabla 34, donde se tiene un ancho de garganta de 6" el cual tiene una capacidad mínima de 1,52 l/s y una máxima de 110,4 l/s. El caudal de diseño del presente proyecto se encuentra dentro del rango establecido.

**Tabla 34**

*Límites de aplicación, medidores Parshall con descarga libre*

W (pulgada y cm)		Capacidad (l/s)	
		Mínima	Máxima
3	7,6	0,85	53,8
<b>6</b>	<b>15,2</b>	<b>1,52</b>	<b>110,4</b>
9	22,9	2,55	251,9
1	30,5	3,11	455,6

Nota. Recuperado de Azevedo & Acosta (1976).

Los valores de K y n se obtienen a partir de la Tabla 35.

**Tabla 35**

*Valores del exponente n y coeficiente K*

W	(m)	n	K	K
			Unidades métricas	Unidades Inglesas
3"	0,076	1,547	0,176	0,0992
<b>6"</b>	<b>0,152</b>	<b>1,580</b>	<b>0,381</b>	<b>2,06</b>
9"	0,229	1,530	0,535	3,07

Nota. Recuperado de Azevedo & Acosta (1976).



$$n = 1,580$$

$$K = 0,381$$

$$Q = K \times H^n$$

De esta manera se expresa la fórmula para calcular el caudal.

$$Q = 0,381 \times H^{1,58}$$

El punto de medición se encuentra localizado a 2/3 de la dimensión A, con la medida H se conoce el caudal.

### **Tanque de sedimentación primario**

- **Criterios de diseño**

Tanque de sedimentación primario rectangular

$$Q_{DISEÑO} = 1,52 \frac{l}{s} = 131,32 \frac{m^3}{dia}$$

$$CS = 32 \frac{m^3}{m^2 \cdot dia}$$

- **Diseño**

Área Superficial

$$A = \frac{Q}{CS} = \frac{131,32}{32}$$

$$A = 4,104 m^2$$

Relación de largo/ancho de 4 a 1.

$$4 * x^2 = 4,104 \text{ m}^2$$

$$x = \sqrt{\frac{4,104}{4}}$$

$$A = 1,0129 \text{ m}$$

$$L = 4,05 \text{ m}$$

Dimensiones diseño

$$A = 1,50 \text{ m}$$

$$L = 4,50 \text{ m}$$

Cálculo de volumen del tanque sedimentador:

La profundidad adoptada es de 2,0 metros.

$$V = 1,5 * 4,5 * 2 = 13,5 \text{ m}^3$$

Nueva carga superficial.

$$CS = \frac{Q}{A} = \frac{131,32}{2 * 4,5}$$

$$CS = 14,592 \text{ m}^3/\text{m}^2 * \text{día}$$

Cálculo del tiempo de retención:

$$Tr = \frac{V}{Q} = \frac{13,5}{131,32} = 0,1028 \text{ dias} = 2,467 \text{ h}$$

Cálculo de velocidad de arrastre:

Constante de cohesión  $k = 0,05$

Gravedad Especifica  $s = 1,25$

Aceleración de la gravedad  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$

Diámetro de partículas  $d = 100 \text{ } \mu\text{m}$

Factor de fricción de Darcy-Weisbach  $f = 0,025$

$$VH = \sqrt{\frac{8k(s-1)gd}{f}}$$

$$VH = \sqrt{\frac{8 * 0,05(1,25 - 1) * 9,81 * 100 * 10^{-6}}{0,025}}$$

$$VH = 0,0626 \text{ m/s}$$

Comparación de la velocidad de arrastre calculada con la velocidad horizontal.

$$VH = \frac{Q}{Ax} = \frac{131,32}{2 * 1,5}$$

$$VH = 43,77 \text{ m/día}$$

$$VH = 0,0005066 \text{ m/s}$$

La velocidad horizontal es menor que la velocidad de arrastre, por tal motivo el material sedimentado no será suspendido.

#### Cálculo de Remoción de DBO y SST

$$\text{Remoción del DBO} = \frac{t}{a + bt} = \frac{2,467}{0,010 + 0,02 * 2,467}$$

$$\text{Remoción del DBO} = 41,57 \%$$

$$\text{Remoción del SST} = \frac{t}{a + bt} = \frac{2,467}{(0,0075 + (0,014 * 2,467))}$$

$$\text{Remoción del SST} = 58,68 \%$$

### Filtro Biológico

**Tabla 36**

*Información típica de diseño para filtros percoladores*

Elemento	Baja Carga	Carga Intermedia	Carga Alta	Muy Alta Carga	De Desbaste
Medio Filtrante	Piedra, escoria	Piedra, escoria	Piedra	Piedra	Plástico, madera
Carga hidráulica m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> -día	1,20 - 3,50	3,5 - 9,4	9,4 - 37,55	11,70 - 70,40	47 - 188
Carga orgánica kg de DBO/m <sup>3</sup> .día	0,08 - 0,40	0,25 - 0,50	0,50 - 0,95	0,48 - 1,60	1,6 - 8
Profundidad m	1,80 - 2,40	1,80 - 2,40	0,90 - 1,80		
Relación de recirculación	0	0 - 1	1 - 2	1 - 2	1 - 4
Moscas en el filtro	Abundantes	Algunas	Escasas	Escasas o ninguna	Escasas o ninguna
Arrastre de sólidos	Intermitentes	Intermitente	Continua	Continua	Continua
Eficiencia de eliminación de la DBO, %	8 - 90	50 - 70	65 - 85	65 - 80	40 - 65

Nota. Recuperado de Metcalf & Eddy (1996).

- **Criterios de diseño**

Dimensionamiento de los Filtros biológicos de desbaste

Medio de plástico

Área específica  $A_v$  40 - 80 m<sup>2</sup> m<sup>-3</sup>

Peso específico  $\rho$  (2 - 3). 103 kg m<sup>-3</sup>

Espacio vacío 50 % del volumen del espacio.

- DBO = 178 mg/l – 33 % = 119,26 mg/l

- Calidad deseada = 40 mg/l, valor estimado de acuerdo al Ministerio del Ambiente (2015).

- Recirculación = 1 (f =1,65) filtro biológico de carga baja.

$$Q_{DISEÑO} = 1,52 \frac{l}{s} = 131,32 \frac{m^3}{dia}$$

- **Diseño**

Cálculo de eficiencia filtro E1 y E2

$$E = \frac{S_o - S_f}{S_o}$$

Donde:

E = Eficiencia del sistema E1 = E2

So = DBO efluente de entrada a filtro = 178 mg/l – 33% = 119,26 mg/l

Sf = DBO efluente final o deseada = 40 mg/l.

$$E = \frac{119,26 \frac{mg}{l} - 40 \frac{mg}{l}}{119,26} = 0,667 \cong 0,7$$

E = 70%

$$E1 + E2 (1 - E1) = E$$

$$E1 + E2 (1 - E1) = 0,70$$

$$E1 + E1 - E1E2 = 0,70$$

$$E1^2 - 2 E1 + 0,70 = 0$$

$$E1 = - \frac{-h \pm \sqrt{h^2 - 4ac}}{2a}$$

$$E1 = - \frac{-(-2) \pm \sqrt{2^2 - 4(1)(0,7)}}{2(1)} = 0,45$$

$$E1 = 0,45$$

$$E1 = E2 = 0,45$$

Factor de recirculación

$$f = \frac{1 + R}{(1 + R/10)^2}$$

Como R=1 el valor de f es 1,65

### PRIMER FILTRO

Cálculo de carga de DBO del primer filtro

$$W = DBO_{inicial} \times Q_{diseño}$$

$$W = 119,26 \text{ mg/l} * 1,52 \text{ lt/s}$$

$$W = 181,275 \frac{\text{mg}}{\text{s}}$$

$$W = 15,66 \frac{\text{kg}}{\text{día}}$$

Cálculo de volumen de carga de la primera etapa

$$E1 = \frac{100}{(1 + 0,4425\sqrt{W/VF})}$$

$$VF = \frac{W}{\left(\left(\frac{100}{E1} - 1\right) \times \frac{1}{0,4425}\right)^2}$$

$$VF = \frac{15,66}{\left(\left(\frac{100}{45} - 1\right) \times \frac{1}{0,4425}\right)^2}$$

$$V = 2,05 \text{ m}^3$$

Cálculo del área del primer filtro

$$A = \frac{V}{H}$$

Altura adoptada H=1,20m

$$A = \frac{2,05 \text{ m}^3}{1,2 \text{ m}}$$

$$A = 1,71 \text{ m}^2$$

Dimensiones de filtro L<sub>1</sub> = 1,2 m y L<sub>2</sub> = 1,8 m.

Cálculo de la carga de DBO del primer filtro

$$\text{Carga DBO} = \frac{W1}{V1}$$

$$\text{Carga DBO} = \frac{15,66 \text{ kg/día}}{2,056 \text{ m}^3}$$

$$\text{Carga DBO} = 7,639 \text{ kg} / \text{m}^3 / \text{día}$$

Cálculo de la carga hidráulica del primer filtro

$$\text{Carga hidráulica} = \frac{Q_{\text{diseño}}}{A1}$$

$$\text{Carga hidráulica} = \frac{131,32 \text{ m}^3 / \text{día}}{1,71 \text{ m}^2}$$

$$\text{Carga hidráulica} = 76,79 \text{ m}^3 / \text{m}^2 / \text{día}$$

**SEGUNDO FILTRO**Cálculo de la carga de DBO del segundo filtro

$$W2 = (1 - E1)W1$$

$$W2 = (1 - 0,45)15,66$$

$$W2 = 8,613 \frac{kg}{día}$$

Cálculo del volumen del segundo filtro

La fórmula a utilizarse es aquella proporcionada por Metcalf & Eddy (1996).

$$E2 = \frac{100}{\left(1 + \frac{0,4425}{1 - E1} \times \frac{\sqrt{W2}}{V2} \times f\right)}$$

$$V2 = W2 * \frac{0,4425 * E2}{(100 - E2)(1 - E1)}$$

$$V2 = 8,613 * \frac{0,4425 * 45}{(100 - 45)(1 - 0,45)}$$

$$V2 = 5,665 m^3$$

Cálculo del área del segundo filtro

$$A2 = \frac{V2}{H}$$

Altura adoptada H = 1,20 m.

$$A = \frac{5,66 m^3}{1,2 m}$$

$$A = 4,72 m^2$$



Dimensiones de filtro  $L_1 = 1,20$  m y  $L_2 = 4,20$  m.

Cálculo de la carga orgánica del segundo filtro

$$Carga\ DBO = \frac{W_2}{V_2}$$

$$Carga\ DBO = \frac{8,63\ kg/día}{5,66\ m^3}$$

$$Carga\ DBO = 1,52\ kg/m^3/día$$

Cálculo de la carga hidráulica del segundo filtro:

$$Carga\ hidráulica = \frac{Q_{diseño}}{A_1}$$

$$Carga\ hidráulica = \frac{131,32\ m^3/día}{4,72\ m^2}$$

$$Carga\ hidráulica = 27,82\ m^3/m^2/día$$

### Tratamiento de lodos

**Tabla 37**

*Producción de lodos en litros por persona por día*

Parámetro	Lodos nuevos (l/p/día)	Lodos digeridos (l/p/día)	Lodos secos (l/p/día)
Sedimentación primaria	1,09	0,3	0,10
Filtros biológicos	1,50	0,5	0,15
Lodos Activados	1,80	0,8	0,20

Nota. Recuperado de Metcalf & Eddy (1996).

## TANQUE DIGESTOR

- **Criterios de diseño**

Población futura = 855 habitantes

Producción de lodos nuevos = 1,09 l/hab.- día

Periodo de retención = 30 días para una temperatura de 22°.

- **Diseño**

Cálculo del volumen necesario de agua residual para el tanque digestor.

$$V_{nr} = N * PLn * Tr$$

Donde:

N = Número de habitantes

PLn = Producción de lodos nuevos

Tr = Tiempo de retención

$$V_{nr} = 855 * 1,09 * 30 \text{ dias}$$

$$V_{nr} = 27958,53 \text{ l}$$

$$V_{nr} = 27,95 \text{ m}^3$$

Cálculo de diámetro para el tanque digestor.

Profundidad adoptada H = 1,80 m donde:

Parte cilíndrica H = 1,0 m

Diámetro D = 6,0 m

Parte cónica H = 0,80 m

Cálculo del volumen

$$Vt = vol\ cil + vol\ cono$$

$$Vt = \frac{\pi * d^2 * hcil}{4} + \frac{\pi * d^2 * hcono}{12}$$

$$Vt = \frac{\pi * 6^2 * 1}{4} + \frac{\pi * 6^2 * 0,8}{12}$$

$$Vt = 32,04\ m^3$$

$$Vt > Vnr, \quad OK$$

**PATIO DE SECADO DE LODOS**

- **Criterios de diseño**

Población = 855 habitantes

Producción de lodos secos = 0,10 l/hab.- día

Periodo de retención = 30 días

Distribución de capas = 0,20 m

- **Diseño**

Cálculo del volumen necesario (Vn)

$$Vn = N * PLs * Tr$$

$$Vn = 855 * 0,1 * 30\ dias$$

$$Vn = 2565\ l = 2,56\ m^3$$

Cálculo del área superficial necesaria.

$$An = \frac{Vn}{ECL}$$

Donde:

Vn = Volumen necesario

ECL = Espesor de capas de lodos

$$An = \frac{2,565 \text{ m}^3}{0,2 \text{ m}}$$

$$An = 12,82 \text{ m}^2$$

Construcción de un patio de secado rectangular

A = ancho x largo

Ancho adoptado W = 3 m

$$L = \frac{12,825}{3}$$

$$L = 4,275 \text{ m}$$

$$L = 4,5 \text{ m}$$

En el Anexo 15 se encuentra los planos correspondientes a la planta de tratamiento de aguas residuales de la Vivienda Fiscal, asimismo en el Anexo 16 se detalla el manual de usuario.

## Capítulo IV

### **Presupuesto**

Es la estimación del costo total de un proyecto, obteniéndose a través de las cantidades de obra y de los precios unitarios de los rubros establecidos.

### **Análisis de precios unitarios**

El análisis de precios unitarios estima el costo del rubro por unidad de medida seleccionada, está compuesta de costos directos e indirectos, en los costos directos se encuentra el costo por materiales, equipo, mano de obra y transporte, mientras que los costos indirectos engloban los gastos administrativos, utilidades, imprevistos, seguros e impuestos.

En el presente proyecto el cálculo de los precios unitarios se efectuó en base a precios actuales del mercado y salarios actualizados como lo establece la Contraloría General del Estado. En el Anexo 17 se detallan las especificaciones técnicas, mientras que en el Anexo 18 se encuentra el análisis de precios unitarios correspondientes al sistema de alcantarillado sanitario, pluvial y la planta de tratamiento.

### **Presupuesto referencial**

Los volúmenes de obra se calcularon en base a los planos de diseño elaborados en el programa de AutoCAD, el valor del presupuesto referencial no incluye IVA.

**Tabla 38***Presupuesto referencial del sistema de alcantarillado sanitario*

<b>RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO</b>					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
AASS-1	Replanteo y Nivelación lineal con equipo topográfico	km	3,08	278,59	858,06
AASS-2	Excavación mecánica en suelo sin clasificar	m <sup>3</sup>	11229,43	3,51	39402,08
AASS-3	Entibados de zanja	m	2162,49	2,17	4687,22
AASS-4	Instalación de tubería PVC corrugada $\varphi=280$ mm	m	3077,69	29,32	90231,29
AASS-5	Pozo de revisión H.S f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> H=0.00 - 2.00m, incluye tapa HF	u	17,00	386,13	6564,25
AASS-6	Pozo de revisión H.S f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> H=2.01 - 4.00m, incluye tapa HF	u	14,00	458,75	6422,46
AASS-7	Pozo de revisión H.S f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> H=4.01 - 6.00m, incluye tapa HF	u	9,00	533,69	4803,19
AASS-8	Pozo de revisión H.S f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> H=6.01 - 8.00m, incluye tapa HF	u	4,00	612,91	2451,65
AASS-9	Relleno compactado de zanja	m <sup>3</sup>	10993,98	7,60	83523,54
AASS-10	Instalación de silla yee PVC $\varphi=280$ mm a 175mm 45°	u	40,00	22,92	916,77
AASS-11	Instalación de tubería PVC corrugada $\varphi=175$ mm con conexión a red.	m	1300,00	15,06	19581,21
AASS-12	Caja de revisión de H.S 80x80 cm + tapa de H. A	u	130,00	95,24	12380,76
AASS-13	Limpieza final de la obra	Global	1,00	192,28	192,28
<b>PRESUPUESTO</b>					<b>\$ 272014,76</b>

**Tabla 39***Presupuesto referencial del sistema de alcantarillado pluvial*

<b>RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL</b>					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
AALL-1	Replanteo y Nivelación lineal con equipo topográfico	km	2,60	278,59	725,04
AALL-2	Excavación mecánica en suelo sin clasificar	m <sup>3</sup>	14282,50	3,51	50114,76
AALL-3	Entibados de zanja	m	2602,54	2,17	5641,03
AALL-4	Instalación de tubería PVC corrugada $\varphi=335$ mm	m	795,07	42,70	33946,49
AALL-5	Instalación de tubería PVC corrugada $\varphi=400$ mm	m	382,30	68,31	26116,68
AALL-6	Instalación de tubería PVC corrugada $\varphi=440$ mm	m	137,36	72,06	9897,91
AALL-7	Instalación de tubería PVC corrugada $\varphi=540$ mm	m	134,69	111,01	14951,98
AALL-8	Instalación de tubería PVC corrugada $\varphi=650$ mm	m	242,85	150,84	36631,58
AALL-9	Instalación de tubería PVC corrugada $\varphi=760$ mm	m	224,85	197,90	44497,72
AALL-10	Instalación de tubería PVC corrugada $\varphi=875$ mm	m	166,36	272,97	45410,95
AALL-11	Instalación de tubería PVC corrugada $\varphi=975$ mm	m	519,06	329,79	171181,29
AALL-12	Pozo de revisión H.S f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> H=2.01 - 4.00m, incluye tapa HF	u	34,00	458,75	15597,40
AALL-13	Pozo de revisión H.S f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> H=4.01 - 6.00m, incluye tapa HF	u	12,00	533,69	6404,25
AALL-14	Pozo de revisión H.S f'c=210 kg/cm <sup>2</sup> H=6.01 - 8.00m, incluye tapa HF	u	1,00	612,91	612,91
AALL-15	Relleno compactado de zanja	m <sup>3</sup>	13535,58	7,60	102832,66
AALL-16	Instalación de tubería PVC corrugada $\varphi=220$ mm con conexión a pozo.	m	487,50	23,27	11345,95
AALL-17	Sumideros de calzada incluye rejilla HF	u	65,00	198,33	12891,75
AALL-18	Limpieza final de la obra	Global	1,00	192,28	192,28
<b>PRESUPUESTO</b>					<b>\$ 588992,64</b>

**Tabla 40***Presupuesto referencial del sistema de tratamiento de aguas residuales*

<b>PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES</b>					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
PTAR-1	Limpieza y Desbroce	m <sup>2</sup>	320,00	1,50	480,30
PTAR-2	Replanteo y nivelación	m <sup>2</sup>	90,00	2,35	211,50
PTAR-3	Excavación mecánica en suelo sin clasificar	m <sup>3</sup>	1440,00	3,51	5052,71
PTAR-4	Rejilla de Desbaste	m	0,30	26,41	7,92
PTAR-5	Replantillo f'c=140 kg/cm2	m <sup>3</sup>	3,15	148,00	466,62
PTAR-6	Hormigón f'c=210kg/cm2	m <sup>3</sup>	28,62	172,35	4932,52
PTAR-7	Enlucido	m <sup>2</sup>	162,79	9,35	1521,46
PTAR-8	Grava	m <sup>3</sup>	5,25	12,07	63,37
PTAR-9	Arena	m <sup>3</sup>	1,40	18,70	26,19
PTAR-10	Ladrillo	u	300,00	0,44	131,74
PTAR-11	Malla electro soldada 15x15x10	m <sup>2</sup>	175,69	12,71	2233,27
PTAR-12	Bio Lam	m <sup>3</sup>	8,64	167,60	1448,06
<b>PRESUPUESTO</b>					<b>\$ 16575,64</b>

**Tabla 41***Presupuesto referencial del cerramiento para la planta de tratamiento*

<b>CERRAMIENTO PLANTA DE TRATAMIENTO</b>					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
C-1	Replanteo y nivelación	m <sup>2</sup>	19,36	2,35	45,50
C-2	Excavación mecánica en suelo sin clasificar	m <sup>3</sup>	9,68	3,51	33,97
C-3	Hormigón ciclópeo f'c=180 kg/cm2, incluye encofrado	m <sup>3</sup>	3,87	67,87	262,66
C-4	Malla de cerramiento H=2m	m	96,00	53,20	5107,26
C-5	Puerta de malla galvanizada	u	1,00	158,34	158,34
<b>PRESUPUESTO</b>					<b>\$ 5607,73</b>



## Capítulo V

### Conclusiones y Recomendaciones

#### Conclusiones

- La Vivienda Fiscal cuenta con un abastecimiento de agua potable proveniente de la red suministrada por la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito, dichas instalaciones poseen un sistema de distribución de agua potable en el cual la presión promedio es de 22,38 mca, valor que se encuentra dentro del rango permitido de 10 mca – 50 mca. De igual forma, las muestras de agua potable cumplen con los parámetros de Color, Turbiedad, Cloro Libre Residual y Coliformes Fecales que tienen un valor límite de 15; 5; 0,3 – 0,5; <1,1 respectivamente.
- En base al levantamiento catastral realizado, la zona de estudio posee un sistema de alcantarillado combinado que ha cumplido su tiempo de vida útil, de manera que presenta tuberías rotas, 8 pozos colapsados y 3 pozos deteriorados, por lo que es necesario realizar un nuevo diseño.
- La población de diseño se determinó de acuerdo a los datos proporcionados por la Brigada de Aviación del Ejército “Paquisha” y el Cuerpo de Ingenieros del Ejército, teniendo como resultado un total de 855 habitantes con una dotación 150 l/hab.- día.
- El sistema de alcantarillado sanitario diseñado cuenta con una longitud total de 3,08 km y un diámetro de tubería PVC de 250 mm. Respecto al sistema de alcantarillado pluvial, la red diseñada posee una longitud total de 2,60 km con diámetros de tubería PVC que va desde los 300 mm hasta los 900 mm, cada uno

de los diseños se encuentran plasmados en planos donde las medidas anotadas prevalecen a la escala establecida.

- El sistema de tratamiento de aguas residuales se diseñó contemplando las siguientes unidades: canal de entrada, rejas, desarenador, canaleta Parshall, tanque de sedimentación, filtros biológicos y un tratamiento de lodos.

### **Recomendaciones**

- El agua potable al encontrarse conectado a la red del Municipio de Quito preserva un mantenimiento adecuado, simplemente se recomienda una vez al año realizar el control de presiones con la ayuda del manómetro.
- Cuando entre en funcionamiento el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial se recomienda efectuar una inspección de los pozos de manera anual para de esta manera proceder al mantenimiento de todos los pozos de registro.
- Para el sistema de tratamiento de aguas residuales de la Vivienda Fiscal es indispensable que el operador verifique que la planta de tratamiento nunca se llegue a saturarse para evitar que se inunde toda la planta.

## Bibliografía

- Azevedo, J., & Acosta, G. (1976). *Manual de Hidráulica*. México D.F.
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). *Sistema de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados*. New York.
- Echeverría, F., & Peralta, D. (2015). *Propuesta del Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia rural de Amaguaña*. Quito.
- EMAAP-Q. (2009). *Normas de diseño de sistemas de alcantarillado para la EMAAP-Q*. Quito.
- GAD Parroquial Amaguaña. (2012). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Amaguaña 2012-2025*. Quito. Obtenido de <http://sni.gob.ec/planes-de-desarrollo-y-ordenamiento-territorial>
- Gutiérrez, J. (2009). *Bentley Communities*. Obtenido de [https://communities.bentley.com/other/old\\_site\\_member\\_blogs/bentley\\_employees/b/juan\\_gutierrez\\_blog/posts/diferencias-entre-sewercad-y-sewergems?CommentSortBy=CreateDate&CommentSortOrder=Descending](https://communities.bentley.com/other/old_site_member_blogs/bentley_employees/b/juan_gutierrez_blog/posts/diferencias-entre-sewercad-y-sewergems?CommentSortBy=CreateDate&CommentSortOrder=Descending)
- INAMHI. (2015). *Determinación de ecuaciones para el cálculo de intensidades máximas de precipitación*. Quito.
- INAMHI. (2018). *Series mensuales de datos meteorológicos*. Quito.
- INAMHI. (2019). *Boletín Climatológico*. Quito.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN. (1992). *Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes*. Quito.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización - INEN. (1997). *Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*. Quito.
- Metcalf, R., & Eddy. (1996). *Ingeniería de aguas residuales; Tratamiento, vertido y reutilización (Tercera Edición)*. España.
- Ministerio de Defensa Nacional. (2014). *Construcción de Vivienda Fiscal para el personal militar casado de Fuerzas Armadas*. Quito. Obtenido de [https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/06-2016\\_\\_vivienda-fiscal.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/08/06-2016__vivienda-fiscal.pdf)
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2016). *Título D: Sistema de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias*. Bogotá.
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Acuerdo Ministerial N°28, Sustitúyese el libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria*. Quito.

- Ordenanza Metropolitana N° 138. (2016). *Norma técnica para control de descargas líquidas*. Quito.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado*. Lima.
- Suarez, A. (12 de Junio de 2019). *Bentley Communities*. Obtenido de [https://communities.bentley.com/products/hydraulics\\_\\_\\_hydrology/w/hydraulics\\_and\\_hydrology\\_-\\_wiki\\_es/42599/diferencias-entre-stormcad-y-civilstorm](https://communities.bentley.com/products/hydraulics___hydrology/w/hydraulics_and_hydrology_-_wiki_es/42599/diferencias-entre-stormcad-y-civilstorm)
- Valverde, J., Fernández, J., Jiménez, E., Vaca, T., & Alarcón, F. (2001). *Microzonificación sísmica de los suelos del Distrito Metropolitano de la ciudad de Quito*. Quito. Obtenido de [https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio\\_view.php?bibid=126795&tab=opac](https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio_view.php?bibid=126795&tab=opac)

## **Anexos**