



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE INGENIERIA, INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN  
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**TEMA**

**REDISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL  
SECTOR LA LOLITA DEL CANTÓN MILAGRO.**

**TUTOR**

**ING. KEVIN ÁNGEL MENDOZA VILLACÍS MSC**

**AUTOR**

**KEVIN ALEXANDER SÁNCHEZ VINUEZA**

**GUAYAQUIL**

**2024**

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b> Rediseño de red de alcantarillado sanitario en el sector la lolita del cantón Milagro	
<b>AUTOR:</b> Sánchez Vinueza Kevin Alexander	<b>TUTOR:</b> Ing. Mendoza Villacís Kevin Ángel MSC.
<b>INSTITUCIÓN:</b> Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	<b>Grado obtenido:</b> Ingeniero Civil
<b>FACULTAD:</b> INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	<b>CARRERA:</b> INGENIERÍA CIVIL
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b> 2024	<b>N. DE PÁGS:</b> 142
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b> Arquitectura y Construcción	
<b>PALABRAS CLAVE:</b> Saneamiento, Agua residual, tratamiento del agua, eliminación de desechos, alcantarillado, tratamiento de desechos.	
<p><b>Resumen:</b></p> <p>El presente trabajo tiene como objetivo realizar un rediseño de red de alcantarillado sanitario en el sector la lolita del cantón Milagro, por el cual para alcanzar este propósito se realizó una exhaustiva investigación de procesos técnicos y constructivos relevantes, incluyendo referencias de proyectos ejecutados en contextos similares, además de los requerimientos que mantiene el sector. Este enfoque se ha complementado con una evaluación cuidadosa de las necesidades específicas que caracterizan al sector.</p> <p>El rediseño propuesto para el sistema se fundamenta integrado las herramientas avanzadas de ingeniería proporcionadas por los programas SewerGems y CivilCAD. Este software permite modelar de manera precisa el comportamiento del sistema, identificar posibles puntos de congestión y evaluar el rendimiento hidráulico en condiciones diversas. La combinación de la capacidad de modelado hidráulico de SewerGems con las funcionalidades de diseño y dibujo de CivilCAD constituye una estrategia integral para lograr un rediseño efectivo y sustentable para el sector la Lolita.</p>	

<b>N. DE REGISTRO (en base de datos):</b>	<b>N. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (Web):</b>		
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<b>SI</b> <input checked="" type="checkbox"/>	<b>NO</b> <input type="checkbox"/>
<b>CONTACTO CON AUTOR:</b>  Sánchez Vinueza Kevin Alexander	<b>Teléfono:</b>  0961490991	<b>E-mail:</b>  ksanchezv@ulvr.edu.ec
<b>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</b>	<p>PhD. Marcial Calero Amores Decano de la facultad de Ingeniería, Industria y Construcción. <b>Teléfono:</b> (04) 2596500 <b>Ext.</b> 241 <b>E-mail:</b> <a href="mailto:mcaleroa@ulvr.edu.ec">mcaleroa@ulvr.edu.ec</a></p> <p>Mgtr. Eliana Contreras Jordán Directora de la Carrera de Ingeniería Civil. <b>Teléfono:</b> (04) 2596500 <b>Ext.</b> 242 <b>E-mail:</b> <a href="mailto:econtrerasj@ulvr.edu.ec">econtrerasj@ulvr.edu.ec</a></p>	

## Certificado De Similitud

### Tesis Kevin Sanchez

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>3%</b>	<b>3%</b>	<b>3%</b>	<b>1%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>archive.org</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>www.contraloria.gob.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.upao.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ. "VI CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍAS: "INGENIERÍA PARA FORMAR UNA SOCIEDAD SOSTENIBLE""</b> , Editorial Internacional Runaiki, 2019 Publicación	<b>1%</b>

KEVIN ANGEL  
MENDOZA  
VILLACIS

Firmado digitalmente  
por KEVIN ANGEL  
MENDOZA VILLACIS  
Fecha: 2024.02.12  
22:13:57 -05'00'

Excluir citas      Apagado      Excluir coincidencias < 1%  
Excluir bibliografía      Apagado

## Declaración De Autoría Y Cesión De Derechos Patrimoniales

El estudiante egresado **KEVIN ALEXANDER SÁNCHEZ VINUEZA**, declara bajo juramento, que la autoría del presente Trabajo de Titulación, **REDISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL SECTOR LA LOLITA DEL CANTÓN MILAGRO**, corresponde totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo (emos) los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor



Firma: \_\_\_\_\_

KEVIN ALEXANDER SANCHEZ VINUEZA

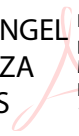
C.I. 0940746845

## Certificación De Aceptación Del Docente Tutor

En mi calidad de docente Tutor del Trabajo de Titulación Rediseño de red de alcantarillado sanitario en el sector la lolita del cantón Milagro, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### **CERTIFICO:**

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Trabajo de Titulación, titulado: Rediseño de red de alcantarillado sanitario en el sector la lolita del cantón Milagro, presentado por el estudiante **KEVIN ALEXANDER SÁNCHEZ VINUEZA** como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma: KEVIN ANGEL MENDOZA VILLACIS  Firmado digitalmente por KEVIN ANGEL MENDOZA VILLACIS  
Fecha: 2024.02.23 16:15:57 -05'00'

ING. MENDOZA VILLACIS KEVIN ÁNGEL MSC.

C.C. 0922290010

## **Agradecimiento**

Agradezco en primer lugar a Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi vida, cuidarme en cada trayecto universitario y poder culminar cada proceso con éxito.

A mis padres y hermano por su gran amor incondicional, me han demostrado su apoyo constante pese a las adversidades de la vida, por sus consejos que me llenaron de conocimiento y sabiduría, han sido el cimiento de este logro académico.

A mis abuelos maternos y abuelos paternos quienes me enseñaron desde muy pequeño el verdadero trabajo de campo, han sembrado las ganas de seguir adelante, laborar y nunca quedarme con los brazos cruzados, a mi abuela por parte de papá quien no tuve la dicha y honor de conocerla por circunstancias de la vida, pero se que desde el cielo me cuida y me da ánimos.

A mis amigos, conocidos y compañeros de trabajo quienes me enseñaron y compartieron conocimiento de ámbito profesional. Agradezco a mi pareja por su ayuda e impartir conocimientos académicos, por su gran paciencia, cariño y amor.

A mi fiel mascota canina, por compañía en los desvelos mientras realizaba deberes o estudiaba, por recibirme con alegría luego de llegar de la universidad.

***Kevin Sánchez***

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de titulación a mis padres, hermano y abuelos que con su amor, sacrificio y apoyo incondicional en toda esta etapa, han sido el pilar fundamental para continuar con mi formación académica.

***Kevin Sánchez***



## Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un rediseño de red de alcantarillado sanitario en el sector la lolita del cantón Milagro, por el cual para alcanzar este propósito se realizó una exhaustiva investigación de procesos técnicos y constructivos relevantes, incluyendo referencias de proyectos ejecutados en contextos similares, además de los requerimientos que mantiene el sector. Este enfoque se ha complementado con una evaluación cuidadosa de las necesidades específicas que caracterizan al sector.

El rediseño propuesto para el sistema se fundamenta integrado las herramientas avanzadas de ingeniería proporcionadas por los programas SewerGems y CivilCAD. Este software permite modelar de manera precisa el comportamiento del sistema, identificar posibles puntos de congestión y evaluar el rendimiento hidráulico en condiciones diversas. La combinación de la capacidad de modelado hidráulico de SewerGems con las funcionalidades de diseño y dibujo de CivilCAD constituye una estrategia integral para lograr un rediseño efectivo y sustentable para el sector la Lolita.

**Palabras Claves:** Saneamiento, Agua residual, tratamiento del agua, eliminación de desechos, alcantarillado, tratamiento de desechos.

## Abstract

The objective of this work is to carry out a redesign of the sanitary sewerage network in the Lolita sector of the Milagro canton, for which to achieve this purpose an exhaustive research of relevant technical and construction processes was carried out, including references of projects executed in similar contexts, in addition to the requirements maintained by the sector. This approach has been complemented by a careful assessment of the specific needs that characterise the sector

The proposed redesign for the system is based on the integrated advanced engineering tools provided by the SewerGems and CivilCAD programs. This software makes it possible to accurately model the behavior of the system, identify potential congestion points and evaluate hydraulic performance under various conditions. The combination of SewerGems' hydraulic modeling capabilities with CivilCAD's design and drafting capabilities constitutes a comprehensive strategy to achieve an effective and sustainable redesign for the Lolita sector.

**Keywords:** Sanitation, Wastewater, water treatment, waste disposal, sewerage, waste treatment.

## Índice General

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA.....	ii
Certificado De Similitud.....	iv
Declaración De Autoría Y Cesión De Derechos Patrimoniales .....	v
Certificación De Aceptación Del Docente Tutor.....	vi
Agradecimiento .....	vii
Dedicatoria .....	viii
Resumen .....	ix
Abstract.....	x
Índice General.....	xi
Introducción.....	1
Capítulo I .....	2
Enfoque de la propuesta .....	2
1.1 Tema.....	2
1.2 Planteamiento del Problema .....	2
1.3 Formulación del Problema.....	4
1.4 Objetivo General.....	4
1.5 Objetivos Específicos .....	4
1.6 Hipótesis.....	5
1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad. ....	5
Capítulo II .....	6
Marco referencial.....	6
2.1 Marco Teórico: .....	6
2.2 Referencia.....	6
2.3 Antecedentes .....	15
2.4 Marco conceptual .....	19
2.5 Marco Legal .....	54
CAPÍTULO III .....	59
3.1 Enfoque de la investigación.....	59
3.2 Alcance de la investigación: .....	59
3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos .....	60
3.4 Población y muestra.....	62
CAPÍTULO IV.....	65

PROPUESTA.....	65
4.1 Presentación y análisis de resultados .....	65
4.2 Propuesta.....	77
4.2.1 Análisis y delimitación del terreno.....	77
4.3 Altimetría del terreno .....	79
4.4 Trazado del diseño de la red principal.....	82
4.5. Cálculo de población de diseño. ....	83
4.5.1. Método Lineal .....	84
4.5.2 Método geométrico.....	85
4.5.3 Método logarítmico .....	86
4.5.4. Promedio de los métodos .....	87
4.6 Dotación .....	88
4.7 Coeficiente de retorno.....	88
4.8 Cálculo de caudal de diseño .....	88
4.8.1 Área de drenaje .....	89
4.8.2 Aportes Medio Diario de Aguas Residuales.....	91
4.8.3 Caudal medio diario de aguas residuales .....	93
4.8.4 Caudal máximo horario de aguas residuales.....	93
4.8.5 Caudal de infiltración.....	94
4.8.6 Caudal de conexión errada.....	95
4.8.7 Caudal de diseño.....	96
4.9 Cálculo de red colectoras .....	98
4.10 Comparación de con software SewerGems.....	109
CONCLUSIONES.....	111
RECOMENDACIONES .....	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	113
Anexos.....	121

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b> tipos de tuberías .....	45
<b>Tabla 2</b> Velocidades máximas recomendables para el flujo a tubo.....	45
<b>Tabla 3</b> Diámetros sugeridos para pozos de revisión .....	46
<b>Tabla 4</b> Periodo de vida útil sugerido para los períodos de diseño .....	47
<b>Tabla 5</b> Dotación media (lt/hab/día) – poblacional.....	49
<b>Tabla 6</b> Valores de infiltración.....	51
<b>Tabla 7</b> Velocidades máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad .....	52
<b>Tabla 8</b> Sistema de alcantarillado en el sector .....	65
<b>Tabla 9</b> Conocimiento de sistema de alcantarillado.....	66
<b>Tabla 10</b> Tipo de evacuación de aguas residuales usado por los moradores.....	67
<b>Tabla 11</b> Necesidad de implementar un sistema de aguas residuales .....	68
<b>Tabla 12</b> Contaminación en el estero Milagro .....	69
<b>Tabla 13</b> Contaminación en el sector .....	70
<b>Tabla 14</b> Imagen ambiental.....	71
<b>Tabla 15</b> Valoración de las propiedades.....	72
<b>Tabla 16</b> Condiciones del sector.....	73
<b>Tabla 17</b> Calidad de vida.....	74
<b>Tabla 18</b> Componentes de una red de suministro de agua potable .....	83
<b>Tabla 19</b> Uso de método lineal mediante Excel .....	84
<b>Tabla 20</b> Método geométrico mediante Excel .....	85
<b>Tabla 21</b> Método logarítmico mediante Excel.....	86
<b>Tabla 22</b> Promedio de los tres métodos estadísticos .....	87
<b>Tabla 23</b> Dotaciones recomendadas.....	88
<b>Tabla 24</b> Contribución de infiltración por cada unidad de longitud de tubería.....	95
<b>Tabla 25</b> Cálculo de diseño de red primaria y secundaria .....	97
<b>Tabla 26</b> Características de la superficie .....	99
<b>Tabla 27</b> Velocidades máximas según coeficientes de rugosidad .....	99
<b>Tabla 28</b> Relación de conductos circulares .....	102
<b>Tabla 29</b> Diseño hidráulico de red.....	107
<b>Tabla 30</b> Cálculo de pérdida de caudal y energía de la tubería .....	108
<b>Tabla 31</b> Resultados de hoja Excel.....	109
<b>Tabla 32</b> Cálculo de SewerGems.....	109

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Trazado de red de alcantarillado barrio Chico Sur, Bogotá .....	7
<b>Figura 2</b> Biodigestor.....	9
<b>Figura 3</b> Ubicación del cantón Milagro.....	16
<b>Figura 4</b> Parroquias del Cantón Milagro .....	17
<b>Figura 5</b> Ubicación del sector la Lolita .....	18
<b>Figura 6</b> Sistema de alcantarillado de la antigua Grecia.....	20
<b>Figura 7</b> Trazo en bayoneta .....	22
<b>Figura 8</b> Trazo en peine .....	22
<b>Figura 9</b> Tipo de colector con sistema unitario.....	23
<b>Figura 10</b> Tipo de colector con sistema separativo .....	24
<b>Figura 11</b> Tipo de colector con sistema pseudoseparativo .....	24
<b>Figura 12</b> Colector con sistema doblemente separativo .....	25
<b>Figura 13</b> Tipo de colector con sistema dual.....	25
<b>Figura 14</b> Tipo de colector con sistema combinado .....	26
<b>Figura 15</b> Colectores a evacuación por elevación .....	27
<b>Figura 16</b> Colectores según el procedimiento de evacuación a presión .....	27
<b>Figura 17</b> Colectores según el procedimiento de evacuación a vacío.....	28
<b>Figura 18</b> Cuarto de bomba .....	29
<b>Figura 19</b> Conducto de evacuación de aguas residuales sin tratar.....	31
<b>Figura 20</b> Conducto de evacuación de agua domestica .....	32
<b>Figura 21</b> Esquema de pozo de absorción residencial.....	34
<b>Figura 22</b> Pozo séptico colapsado .....	35
<b>Figura 23</b> Tramo inicial.....	36
<b>Figura 24</b> Tramo secundario .....	36
<b>Figura 25</b> Colector principal .....	37
<b>Figura 26</b> Interceptores .....	38
<b>Figura 27</b> Rejas gruesas de tratamiento preliminar .....	38
<b>Figura 28</b> Rejas gruesas de tratamiento preliminar .....	40
<b>Figura 29</b> Planta paquete con tecnología MBBR para aguas residuales .....	40
<b>Figura 30</b> Etapas del tratamiento de lodos .....	52
<b>Figura 31</b> Técnicas de investigación .....	60
<b>Figura 32</b> Porcentaje de hogares que no cuentan con un sistema .....	65
<b>Figura 33</b> Conocimiento de un sistema de alcantarillado.....	66
<b>Figura 34</b> Métodos de evacuación de aguas residuales usados.....	67
<b>Figura 35</b> Necesidad de implementar un sistema de aguas residuales.....	68
<b>Figura 36</b> Consideración de contaminación expuesta por los moradores .....	69
<b>Figura 37</b> Consideración de contaminación expuesta por los moradores.....	70
<b>Figura 38</b> Porcentaje de importancia ambiental.....	71
<b>Figura 39</b> Porcentaje de encuesta de valoración de las propiedades .....	72
<b>Figura 40</b> Porcentaje de valoración de condiciones del sector.....	73
<b>Figura 41</b> Porcentaje de calidad de vida según los moradores .....	74
<b>Figura 42</b> Diseño 2013 zona norte .....	75

<b>Figura 43</b> Trazado de red del sector la Lolita .....	76
<b>Figura 44</b> Delimitación del sector .....	77
<b>Figura 45</b> Delimitaciones de las manzanas y lotes del sector la Lolita .....	78
<b>Figura 46</b> Polígono de intervención del sector la Lolita .....	79
<b>Figura 47</b> Software Global Mapper .....	80
<b>Figura 48</b> Curvas de nivel del sector la Lolita.....	81
<b>Figura 49</b> Organización de los pozos de registro y trazado de red .....	82
<b>Figura 50</b> Métodos estadísticos a emplear.....	83
<b>Figura 51</b> Incremento demográfico.....	87
<b>Figura 52</b> Áreas de drenaje.....	90
<b>Figura 53</b> Trazado de red.....	110

## Introducción

El presente trabajo de investigación se basa en mejorar las condiciones sanitarias en el sector la lolita del cantón Milagro, se propone analizar de manera integral el sistema de alcantarillado, así mismo identificar sus límites y proponer soluciones innovadoras y eficiente que pueda transformar positivamente la gestión de aguas residuales en la localidad.

En contraste, el segundo segmento del marco teórico se dedica a una exploración de la historia, así como de los diversos elementos que conforman un sistema sanitario. Se sumerge en un análisis detallado de los procesos de diseño, buscando comprender la evolución temporal de las prácticas y tecnologías aplicadas en la creación y mejora de las redes de alcantarillado sanitario. Esta investigación histórica no solo pretende arrojar luz sobre las raíces y antecedentes de los sistemas, sino que también aspira a identificar patrones de desarrollo que puedan informar y enriquecer la propuesta. Al profundizar en los aspectos técnicos y conceptuales del diseño, se busca proporcionar una base sólida para la formulación de estrategias innovadoras y eficientes en la renovación. Este enfoque integral se centra como un pilar fundamental para la fundamentación y ejecución de la propuesta de rediseño, abordando no solo la situación presente, sino también anticipando las necesidades futuras del sistema en cuestión.

También se basa en proyectos referenciales que sustentan la viabilidad y sirven de apoyo para definir el esquema propuesto de la investigación, el tercer capítulo se basa en los procesos técnicos de se implementaron como análisis, observación, estudio de campo y procesamiento de datos. El cuarto capítulo se enfoca en el diseño y elaboración de la propuesta final, este se basa en la presentación de planos de la red sanitaria del sector y su modelación en el software Sewergems para verificar su eficiencia además de su factibilidad.



# **Capítulo I**

## **Enfoque de la propuesta**

### **1.1 Tema**

Rediseño de red de alcantarillado sanitario en el sector la lolita del cantón Milagro.

### **1.2 Planteamiento del Problema**

Aunque la gestión de aguas pluviales tiene una historia que se extiende hasta épocas antiguas, la recolección de aguas servidas no se inició sino hasta principios del siglo XIX. El tratamiento sistemático de estas aguas, por su parte, tiene sus inicios a finales del siglo pasado y principios del actual. La teoría del germen, desarrollada por Koch y Pasteur en la segunda mitad del siglo XIX, marcó un hito en el campo del saneamiento al introducir la bacteriología, entonces en sus primeras etapas. Hasta ese momento, la relación entre contaminación y enfermedades no era ampliamente explorada, y la bacteriología aún no se aplicaba al tratamiento de aguas residuales.

La evolución histórica relacionada con el establecimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales tiene sus raíces en tiempos antiguos, conectada al progreso humano bajo la premisa fundamental de "aprender a vivir". En el pasado, la humanidad reconoció la relevancia de la gestión del agua cuando se vio confrontada con la propagación de enfermedades y plagas que tuvieron repercusiones a nivel global. A pesar de ello, en el contexto actual, aún nos encontramos con desafíos significativos derivados de esta problemática.

En la búsqueda por cumplir con los estándares de purificación del agua, la salud y la preservación del medio ambiente están adquiriendo una importancia cada vez mayor en la selección y diseño de redes de alcantarillado y plantas de tratamiento. Existe una vigilancia constante sobre la liberación de contaminantes al entorno, y los olores, considerados como una serie preocupaciones al entorno. Se están implementando nuevas técnicas para evaluar la generación y dispersión de olores en

instalaciones vinculadas a aguas residuales, y se están realizando esfuerzos sustanciales para desarrollar instalaciones que minimicen, contengan y traten eficientemente las aguas y olores.

En Ecuador, existen algunas ciudades que alrededor del 5% de la población no cuenta con alcantarillado o de gestión de aguas lluvias, lo que indica una situación preocupante en términos de infraestructura sanitaria. Un cuarto de la población depende de pozos sépticos que han sido construidos sin seguir normas sanitarias y ambientales, lo que representa un riesgo de contaminación, especialmente en los sectores urbanos marginales. (Zapata Belén, 2023)

En el país, aproximadamente el 80% de la población rural y el 40% del área urbana experimentan problemas de parasitosis, afectando principalmente a los niños. La recolección y conducción de aguas residuales son desafíos significativos en varias provincias, dando lugar a problemas sanitarios en los cantones y ocasionando una contaminación ambiental grave que representa una amenaza para la salud.

El cantón Milagro, Ecuador, no tiene un sistema de alcantarillado funcional. El 86% de la población vive en el norte y el centro de la ciudad, los mismos que depositan sus aguas residuales en el río Milagro, en otro caso a través de pozos sépticos instalados los patios de sus hogares. El 14% restante de la población sobrevive con una red obsoleta de alcantarillado que ha estado en funcionamiento durante 50 años y que se congestiona con frecuencia. La ausencia ha tenido un impacto negativo en la salud y el medio ambiente de la ciudad. El agua contaminada del río Milagro ha causado enfermedades como la diarrea, el cólera y la disentería. También ha contaminado el suelo, el agua subterránea, lo que ha dificultado el cultivo de alimentos y el acceso al agua potable.

En la actualidad, solo el 12.53% cuenta con sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial independientes, ubicados principalmente en la zona sur y parte central del cantón. El 28.33% tiene un sistema de alcantarillado mixto que vierte directamente estas aguas mezcladas de aguas lluvias y aguas residuales en el río Milagro, estas están ubicadas en la zona central y norte del cantón, y el 59.14% carece de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial.

La zona La Lolita, al norte del cantón, enfrenta problemas con un sistema ineficiente para evacuar aguas residuales, lo que provoca sobrecargas, desbordamientos y congestionamientos periódicos. Además, no cumple con las normativas ambientales y sanitarias establecidas por las autoridades locales y nacionales, presentando un riesgo sanitario alto para la población y aumentando la incidencia de enfermedades.

El enfoque de esta tesis es presentar un rediseño del sistema de alcantarillado sanitario en el sector La Lolita de la ciudad de Milagro y direccionar sus aguas a su evacuación al estero Milagro. Se propone una prefactibilidad que busca un sistema efectivo para la eliminación de aguas servidas, beneficiando directamente a los habitantes de la ciudadela.

### **1.3 Formulación del Problema**

¿Cuál será la contribución del rediseño de una red de alcantarillado sanitario para la ciudadela la lolita del cantón Milagro?

### **1.4 Objetivo General**

Rediseñar la red de alcantarillado sanitario del sector la Lolita del Cantón Milagro para mejorar la eficiencia del servicio y reducir los riesgos sanitarios.

### **1.5 Objetivos Específicos**

- Evaluar la demanda actual y futura de la población.
- Realizar la modelación del sistema mediante el software SewerGems.
- Presentar propuesta final de diseño de la red de alcantarillado sanitario.

## **1.6 Hipótesis**

El rediseño del sistema de alcantarillado sanitario del sector La Lolita permitirá la eficiente descarga del 100% de las aguas residuales generadas por los moradores, además de reducir de manera considerable los casos de enfermedades.

## **1.7 Línea de Investigación Institucional / Facultad.**

El presente trabajo de titulación corresponde a la línea de investigación institucional de la facultad de ingeniería, industria y construcción. Es territorial, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción.

## **Capítulo II**

### **Marco referencial**

#### **2.1 Marco Teórico:**

El marco teórico de este proyecto abordará los conceptos básicos del diseño hidráulico de sistemas de alcantarillado. Esto incluye los criterios para dimensionar tuberías, consideración de caudales máximos y mínimos, la evaluación de pendientes y velocidades adecuadas, y la importancia de los modelos hidráulicos para predecir el comportamiento de la red. También se explorarán enfoques de planificación que consideran el crecimiento urbano, la topografía y la ubicación estratégica de estructuras como estaciones de bombeo y trampas de sedimentos, Además se centra en los aspectos fundamentales, como su importancia, los problemas que puede presentar y los principios de diseño que deben seguirse para garantizar su eficiencia y sostenibilidad.

#### **2.2 Referencia**

El presente trabajo de investigación de rediseño de red de alcantarillado sanitario se sustenta en un grupo de tesis referenciales que han abordado aspectos cruciales en esta disciplina. Estos proyectos de investigación referenciales constituyen una base de conocimientos que ha contribuido significativamente a la comprensión de los desafíos inherentes a la optimización y eficiencia de los sistemas de alcantarillado, así como a la implementación de nuevas estrategias y tecnologías para mejorar la gestión de aguas residuales.

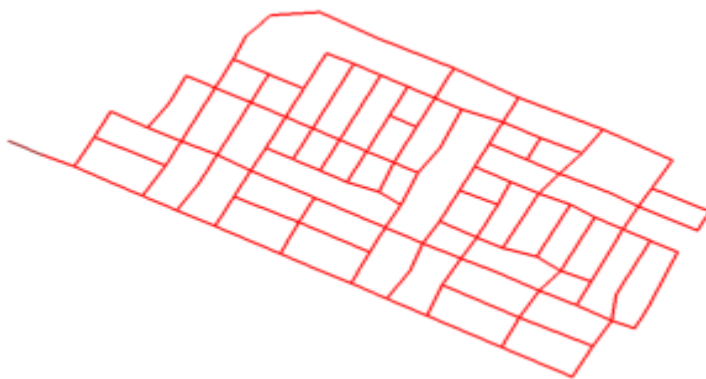
El siguiente trabajo propuso una tesis de alcantarillado sanitario para el sector el Progreso del caserío, para una población de aproximadamente 1000 habitantes, los cuales no cuentan con una vía para evacuar las aguas residuales, el mismo que utilizo fórmulas matemáticas para determinar las necesidades de agua potable y alcantarillado sanitario y el software de SewerGems para realizar los cálculos y diseños correspondientes. (Alfaro Tolentino & Rodríguez Polo, 2019)

El estudio realizado por Bayter Cañón, (2022) identifico que el sistema de alcantarillado del barrio Chico Sur de Bogotá presenta serios problemas,

especialmente durante las épocas de invierno. Una indagación del sistema reveló que las tuberías tienen relaciones de llenado superiores al 85%, lo que genera presiones elevadas y riesgo de desbordamientos. Además, las inclinaciones de las tuberías son insuficientes para asegurar que se mantenga las velocidades mínimas de flujo, lo que genera sedimentación y obstrucciones. La investigación recomienda aumentar el diámetro de las tuberías y ajustar las pendientes para mejorar la eficiencia del sistema y evitar futuros problemas.

**Figura 1**

*Trazado de red de alcantarillado barrio Chico Sur, Bogotá*



Fuente: Bayter Cañón, (2022)

La implementación de biodigestores en la zona rural del municipio de Lériida Tolima no solo reduce el impacto ambiental derivado de la producción porcícola, sino que también generan oportunidades de ingresos para las familias locales al producir energía renovable (biogás) y fertilizantes orgánicos (biol). Además, contribuyen a mitigar los riesgos de transmisión de enfermedades asociadas a patógenos presentes en los excrementos porcinos. Este enfoque no solo promueve prácticas agrícolas más sostenibles, sino que también fortalece la economía y la calidad de vida en la comunidad. (Cifuentes Marín, 2021)

El proyecto propuesto para la localidad de Sarayuro en el país de Perú, plantea realizar un diseño de sistema de AALL y AASS aplicando los softwares de watercad y SewerGems, su propuesta incluyó el diseño de un sistema de agua pluvial, aprovechando un manantial existente, con la instalación de líneas de conducción, un reservorio y redes de distribución así mismo diseñar sistema de alcantarillado con buzones, redes sanitarias y conexiones domiciliarias el mismo que optó por un diseño

por gravedad sin planta de tratamiento debido a la topografía y la calidad del manantial. El uso de los softwares respaldó los diseños hidráulicos y el modelamiento hidráulico, asegurando resultados satisfactorios. (Rivera Rivas & Vargas Espinoza, 2023)

La siguiente investigación destaca por la adopción del método de baños ecológicos con biodigestores supera significativamente al método de tanque séptico en varios aspectos. El mismo que supera de manera considerable y reduce la contaminación de agua, además de la viabilidad económica a largo plazo y la mayor aceptación por parte de la población, emergen como ventajas clave de los biodigestores. Los resultados a considerar y favorecer la implementación de baños ecológicos con biodigestores como una alternativa más efectiva y sostenible en comparación con los sistemas convencionales de tanques sépticos. (Aponte Díaz, 2021)

El proyecto presenta un sistema de alcantarillado pluvial y sanitario empleando biodigestores en 59 viviendas para un tratamiento individual, el cual crea un mecanismo para la captación de partículas sólidas y otro de naturaleza biológica que aporta a un tratamiento sustentable. Después de que el biodigestor descompone la materia orgánica, se produce un residuo sólido que debe ser eliminado de manera regular y tiene la opción de ser secado para emplearse como enriquecedor del suelo o abono para platas. Este proceso no emite olores desagradables y previene la proliferación de insectos. (Villacorta Saavedra & Albarrán Vásquez, 2023)

## Figura 2

### Biodigestor



Fuente: Grupo los hidros cd, (2023)

El diseño presentado por Calderón Julca, (2019) en el centro poblado Cando Pichikiara, fundamentó y presentó la creación de dos redes de alcantarillado con disposición final en tanques Imhoff, tomando en cuenta las características geográficas y demográficas del sector, incluyendo suelo, pendiente y proyección de población futura. El sistema tiene un estimado de vida útil de 15 años, los cálculos realizados respaldan el diseño de los dos sistemas de recolección de aguas servidas, el mismo que beneficia en un total de 233 familias, de la misma manera detallan las dimensiones tanto longitudinales como de diámetro de las tuberías PVC, junto con la capacidad correspondiente de los tanques Imhoff asociados.

El proyecto de Hernández, (2021) propone el uso de tuberías de polipropileno (PPR) con sistema de termofusión para las instalaciones sanitarias de condominios en Perú, el mismo que destaca las ventajas como su mayor resistencia a la corrosión, facilidad de instalación y menor tiempo de ejecución, en comparación con los sistemas tradicionales.

El autor de esta investigación se enfoca en diseñar y cotizar un sistema de tratamiento específicamente para la zona rural de la localidad Riobamba para prevenir la contaminación del Río Chibunga, la metodología empleada incluyó el muestreo



compuesto para caracterizar las aguas residuales, evaluando parámetros como Coliformes Fecales, Sólidos Suspendidos, Tensoactivos, Aceites y Grasas, DBO5, DQO y Turbidez. Los resultados indican que la planta proyectada, diseñada para una población de 1887 habitantes con un caudal de 1479,6 m<sup>3</sup>/día, cumple con las normativas ambientales en el texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del Ambiente. El sistema propuesto comprende diferentes etapas, desde un canal hasta lechos de secado para los lodos generados en los sedimentadores, finalmente destaca que la cotización total de la planta de tratamiento de aguas residuales asciende a \$31699,40, considerando materiales de alta calidad para asegurar una prolongada vida útil de los equipos y la planta en su conjunto. (Andrade Avalos y otros, 2021)

Este proyecto define el alcantarillado como una infraestructura que se utiliza para la captación y conducción de aguas residuales, desde los hogares y negocios hasta una planta de tratamiento. Y se determina que el alcantarillado está compuesto por un conjunto de tuberías, pozos de inspección y otras estructuras que trabajan juntas para recolectar y transportar las aguas residuales. Además, concluye que el gobierno ecuatoriano y los Municipios deben invertir en el desarrollo y mantenimiento de sistemas de alcantarillado para garantizar la salud y el medio ambiente. (Gutiérrez Pinargote, 2020)

Este trabajo presentó un sistema condominal de alcantarillado que es una alternativa más económica y eficiente que el sistema convencional. El sistema condominal utiliza tuberías de menor diámetro y pendientes más bajas, lo que permite ahorrar en materiales y mano de obra. El sistema condominal también es más fácil de instalar y mantener, lo que lo hace más atractivo para las familias de bajos ingresos. Los resultados del estudio demuestran que el sistema condominal es una tecnología aplicable para solucionar el problema del desabastecimiento del sistema de desagüe. (Colan Maza, 2019)

Esta tesis aborda el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario destinado a la comunidad de Zhisho en el cantón Cañar, Ecuador. La propuesta consiste en implementar una red de tuberías PVC para dirigir las aguas residuales hacia una planta de tratamiento. El proceso de investigación inició con el reconocimiento del

sector, seguido de un levantamiento topográfico y la interacción con los residentes locales. La información recopilada se utilizó para desarrollar los planos constructivos. Dada la topografía variada, se dividió el sistema en dos partes independientes, ajustando el dimensionamiento hidráulico conforme a las normativas INEN. Los resultados del estudio respaldan la viabilidad y eficiencia del sistema propuesto para la comunidad de Zhisho, mejorando así el buen vivir. Como recomendaciones, sugiere realizar un estudio de factibilidad económica para evaluar los costos de construcción y un análisis de impacto ambiental. Las conclusiones destacan la relevancia del proyecto para elevar la calidad de vida de los habitantes, previniendo enfermedades transmitidas por el agua y promoviendo la protección ambiental. (Izquierdo Serrano, 2023)

La presente investigación, titulada "Análisis y evaluación del comportamiento hidráulico con aliviaderos de tormentas en el sistema de alcantarillado sanitario del casco urbano de la ciudad de Pucallpa", se centra en determinar la influencia de los aliviaderos de tormentas en el comportamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario. Para ello, se lleva a cabo un análisis del sistema actual, incluyendo la revisión de planos, datos operativos y de mantenimiento, además de la recopilación de información sobre las características hidrológicas de la ciudad. Posteriormente, se modela el sistema utilizando el software SewerCAD, y se comparan los resultados del modelado con y sin la presencia de aliviaderos de tormentas. Los resultados obtenidos permiten concluir que los aliviaderos de tormentas son una alternativa viable para mejorar la capacidad hidráulica del sistema y reducir el riesgo de inundaciones, aunque su implementación debe ser cuidadosamente planificada y diseñada para evitar impactos ambientales negativos. (Sánchez Gutierrez & Pérez Nascimento, 2022)

En el siguiente trabajo de Guillén Morales & Galarza Baque, (2023) la tesis titulada "Planificación del Sistema de Alcantarillado Sanitario y Estrategias de Disposición Final en la Parroquia Julcuy del Cantón Jipijapa" presenta una solución holística destinada a la gestión efectiva de las aguas residuales en la mencionada parroquia. El análisis integral abarca desde la concepción de las redes de alcantarillado hasta la puesta en marcha de una planta de tratamiento de aguas residuales y la disposición final adecuada de los efluentes tratados.

La investigación titulada "Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el Sector Nueva Jerusalén II de la Provincia de Santa Elena, cantón Santa Elena" elaborada por Limones Eras & Ramírez Flores, (2023) se dedica a la conceptualización y elaboración de un sistema completo de alcantarillado sanitario diseñado específicamente para atender las necesidades del sector Nueva Jerusalén II en la provincia de Santa Elena. Este análisis abarca una evaluación minuciosa de las condiciones locales, teniendo en cuenta elementos topográficos, demográficos y ambientales, con el fin de desarrollar un diseño que se adapte de manera óptima a las características particulares del entorno. La propuesta integral aborda la planificación detallada de las redes de alcantarillado y la implementación de infraestructuras específicas destinadas al tratamiento del agua y eliminación de los efluentes. La ejecución exitosa de este proyecto se espera que tenga un impacto significativo en la mejora del estado sanitario, calidad ambiental y de vida de la comunidad en el Sector Nueva Jerusalén II, contribuyendo así a fomentar un entorno más saludable y sostenible en la provincia de Santa Elena.

El proyecto propuesto por Guevara Robalino & Cruz Andrade, (2023) para área residencial Sigsipamba ubicada en la parroquia de Picaihua, el cual es un diseño del alcantarillado sanitario, pluvial y planta de tratamiento, surge como una respuesta integral a las necesidades de infraestructura sanitaria en el mencionado caserío. La comunidad enfrenta actualmente la carencia de un sistema adecuado para la gestión de aguas residuales y pluviales, lo que impacta negativamente en la salud y calidad de vida de sus habitantes. La iniciativa tiene como objetivo el diseño un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, además de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR), con el objetivo de abordar de manera efectiva los desafíos asociados al manejo de aguas en la zona. La implementación de esta propuesta busca no solo mejorar las condiciones sanitarias, sino también contribuir al desarrollo sostenible y al bienestar de la comunidad en el caserío Sigsipamba.

La siguiente propuesta se centra en la provincia de Tungurahua en la comunidad de Shaushi, se centraron en el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario para mejorar el bienestar de los residentes, mediante la gestión segura y eficiente de las aguas residuales. La metodología comprendió un estudio exhaustivo del área, abarcando la caracterización de la población, la topografía y las condiciones

del suelo. Se diseñó una red de alcantarillado con tuberías de PVC de 160 mm, 10 cámaras de inspección y 2 estaciones de bombeo, con una capacidad para 1.000 habitantes. El análisis hidráulico y estructural respalda la viabilidad. Las conclusiones destacan que la implementación del sistema mejorará el bienestar y condiciones de vida, reducirá riesgos de enfermedades y preservará el medio ambiente. Se recomienda la ejecución del proyecto, aunque se reconoce que posibles condiciones no anticipadas podrían afectar el diseño y el costo. (Frías Torres & Mejía Silva, 2023).

En la ciudadela Mónaco e Ipanema ubicado en la ciudad de Milagro, diseño un sistema sanitario debido a que afecta a 1060 habitantes. El enfoque principal consiste en diseñar un sistema de red de alcantarillado sanitario doméstico y una planta de tratamiento de aguas residuales que cumpla con estándares ambientales y sea eficiente y confiable. Se llevaron a cabo estudios de parámetros iniciales, visitas al sitio, análisis de crecimiento poblacional y cálculos de caudales de diseño. El diseño contempla colectores sanitarios dimensionados para un periodo proyectado de 25 años, utilizando tuberías de PVC con diámetros de 200 mm a 300 mm. Además, se propuso el diseño de la planta de tratamiento, que incluye un filtro y un digestor anaeróbico. (Cedeño Escobar & Haydee Odalia, 2023)

En la siguiente indagación evaluaron los procesos constructivos en la ejecución del sistema de alcantarillado, en el cual analizaron la eficiencia y eficacia, El estudio se centra en la planificación, la ejecución y el control de los procesos, evaluando aspectos como la calidad de los materiales utilizados, la mano de obra, el equipo y el cumplimiento de los plazos. Además, identificaron las principales deficiencias y se proponen mejoras para optimizar los procesos constructivos y asegurar la calidad del sistema de alcantarillado. (Porras Becerra, 2023)

En el siguiente proceso implementa un plan de gestión de sistema de alcantarillado sanitario en el sector de INMACONSA en la ciudad de Guayaquil, en el cual implementa un programa de trabajo, recomendaciones de los diseñadores y las normas técnicas aplicables, además evaluará tanto el progreso físico como económico de cada actividad ejecutada por el Contratista, incluyendo los recursos asignados de materiales, mano de obra y equipos, y

se verificarán los rendimientos alcanzados en comparación con lo ofrecido en la propuesta de construcción. (Macías Peñafiel, 2023)

El siguiente artículo de investigación aborda la problemática común de los retrasos en la ejecución de alcantarillado sanitario, centrándose específicamente en el contexto de la construcción de sistemas de aguas lluvias y alcantarillado en Ecuador. Incluso se analizan las medidas tomadas para corregir estos retrasos, donde la ampliación de plazos emerge como la estrategia predominante. La investigación se basa en la percepción de profesionales tanto del sector público como privado, vinculados a la construcción, estudios o supervisión de proyecto de abastecimiento de agua y alcantarillado en el país. El conocimiento generado por este estudio puede ser fundamental para informar futuras estrategias y decisiones que busquen mitigar los retrasos en proyectos similares, mejorando así el acceso oportuno y la disponibilidad de servicios básicos para la población. (Castro Carrera y otros, 2022)

Citando a Puchaicela Santander & Rivadeneira Barcia, (2022) realizo un diseño sanitario en el barrio "Rogelio Sánchez y Jimmy Anchico" ubicado en la provincia de Esmeralda, este barrio realiza la descarga de aguas servidas en pozos sépticos bajando los índices de calidad de vida y salud para el barrio. Para su desarrollo, realizó levantamiento de información que incluyó la determinación de la densidad poblacional y la topografía del terreno para establecer las pendientes adecuadas. Además, proyectó una vida útil de 20 años para el material de PVC según las normativas, y se estimó una población futura de 1998 habitantes para calcular los caudales de diseño, garantizando así que el sistema cumpla con los estándares requeridos.

### **Proyecto referenciales repositorio ULVR**

El diseño de Quinllín Sánchez & Quintana Vargas, (2022) el estudio demuestra que el modelado de sistemas de alcantarillado sanitario es una herramienta importante para garantizar su adecuado funcionamiento. En este caso, el modelado mostró que el sistema actual de la urbanización Torres del Salado no es suficiente para atender las necesidades de la urbanización en el futuro, en este caso el autor uso software SewerGEMS para modelar el sistema.

El presente estudio presenta una metodología innovadora para realizar el catastro en inspecciones de sistemas de alcantarillado mediante el uso de equipos de CCTV (Circuito Cerrado de Televisión). El enfoque se centra en la aplicación de tecnologías de videovigilancia para mejorar la eficiencia y la precisión en la evaluación y documentación de la condición de los sistemas de alcantarillado, proporcionando así una herramienta valiosa para el mantenimiento y la toma de decisiones en la gestión de redes de saneamiento. (Villafuerte Zambrano, 2022)

El siguiente estudio evalúa el impacto ambiental del proyecto de alcantarillado propuesto para la parroquia Cochancay, cantón La Troncal, con el objetivo de identificar y analizar los posibles efectos negativos, durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento del sistema. Se abordan aspectos clave como la calidad del agua, las condiciones del suelo, la calidad del aire, el impacto en la flora y fauna, así como la alteración del paisaje. Además, se presentan recomendaciones y medidas de mitigación para contrarrestar los impactos adversos identificados en el entorno ambiental durante la implementación del sistema de alcantarillado. (Macías Carbo & Morales Moreira, 2023)

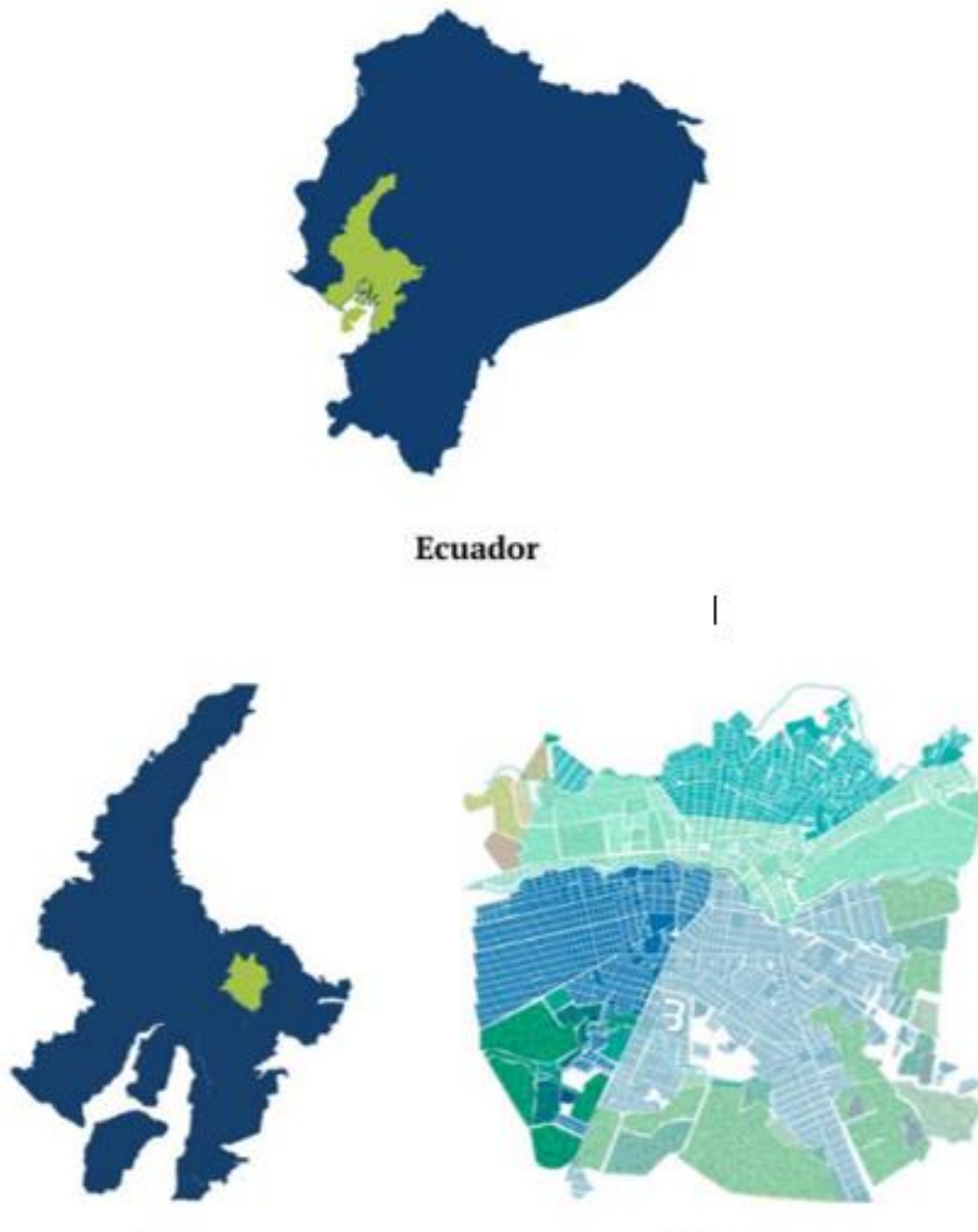
### **2.3 Antecedentes**

San Francisco de Milagro, común conocido como el Cantón Milagro, Se encuentra acentuado en la Provincia del Guayas. Donde tiene una extensión de aproximadamente 405,63 km<sup>2</sup> de superficie, sus límites son los siguientes:

- **Norte:** con los cantones Alfredo Baquerizo Moreno (Jujan) y Simón Bolívar
- **Sur:** con los siguientes cantones Marcelino Maridueña y Yaguachi
- **Este:** con los cantones Naranjito y Simón Bolívar
- **Oeste:** con el cantón Yaguachi.

**Figura 3**

*Ubicación del cantón Milagro*

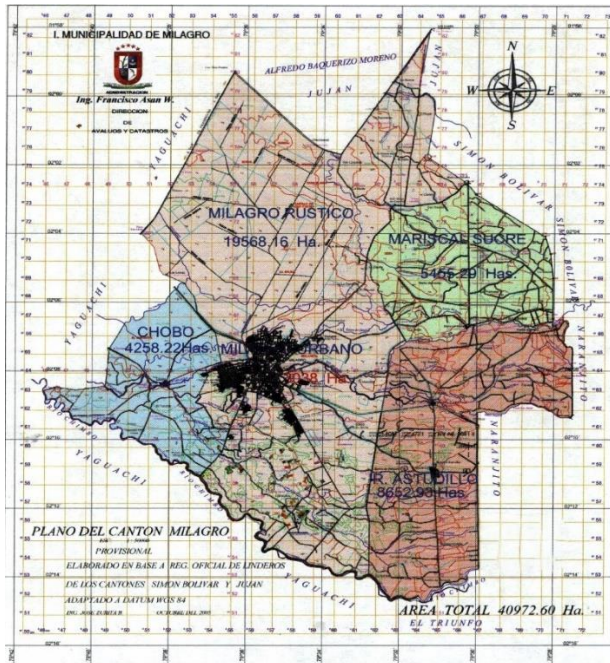


Fuente: Jumabo Lema & Vasquez Garcia, (2023)

Exhibe una estructura territorial caracterizada por la presencia de cuatro parroquias rurales: Chobo, Roberto Astudillo, Mariscal Sucre y la Ciudad de Milagro, esta última formando parte integral del núcleo cantonal. La ciudad se organiza de manera distintiva en dos regiones significativas: el área rural y la urbana, cuya separación está marcada por la presencia del Río Milagro, dotando al cantón de una geografía diversificada y compleja.

**Figura 4**

*Parroquias del Cantón Milagro*



Fuente: Balarezo Pinos & Vicuña Piedra, (2007)

El entorno climático del Cantón Milagro se define por un clima tropical húmedo, caracterizado por una temperatura promedio de 25 °C. Esta condición climática, combinada con una altitud media de 11 metros sobre el nivel del mar, contribuye a la configuración única de este territorio, influyendo en diversos aspectos de la vida cotidiana, la actividad económica y la planificación urbana.

### **Ubicación del sector la Lolita**

La región conocida como La Lolita está ubicada en la parroquia urbana de Milagro. Estratégicamente situado al norte del centro de la ciudad, este sector se encuentra a una distancia aproximada de 5 kilómetros y se accede a través de la avenida 21 de agosto, una de las principales vías vehiculares que conforman la infraestructura vial esencial de la localidad.

La caracterización del sector La Lolita revela que se trata de una zona residencial con una población estimada de alrededor de 1.832 habitantes. La configuración urbana abarca tanto viviendas unifamiliares como multifamiliares, proporcionando un ambiente diversificado. Además de las estructuras residenciales,



el área cuenta con una presencia comercial que incluye algunos establecimientos y servicios. Destacan también instalaciones comunitarias como un parque, centro de salud y escuela, elementos fundamentales que contribuyen a la calidad de vida y la infraestructura social del sector.

### **Figura 5**

*Ubicación del sector la Lolita*



Fuente: Google Earth Pro, (2023)

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

## **Demografía**

La ciudad de Milagro, una de las localidades que conforman el territorio ecuatoriano, ostenta la posición decimocuarta en cuanto a su población total, consolidándose como la tercera localidad más densamente poblada dentro de la provincia de Guayas, a la cual está adscrita. Su importancia se manifiesta no solo por su posición en el ranking poblacional, sino también por su contribución a la conurbación con la metrópolis de Guayaquil, consolidándose como un elemento clave en la dinámica urbana regional.

En términos demográficos, Milagro alberga aproximadamente a 166,634 residentes en su área urbana, distribuidos entre 66,062 hombres y 67,446 mujeres. Además, en la zona rural de esta localidad, se registra la presencia de 33,126 individuos, compuestos por 17,179 hombres y 15,947 mujeres. Estos datos combinados reflejan una población total de 166,634 habitantes en Milagro, resaltando la complejidad demográfica y la diversidad de esta área en términos de distribución

de género y ubicación geográfica. Estos aspectos demográficos son fundamentales para comprender el entorno social y económico de Milagro, lo que resultará crucial para el desarrollo de la presente investigación. (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2010)

## **2.4 Marco conceptual**

### **Historia del sistema de alcantarillado sanitario**

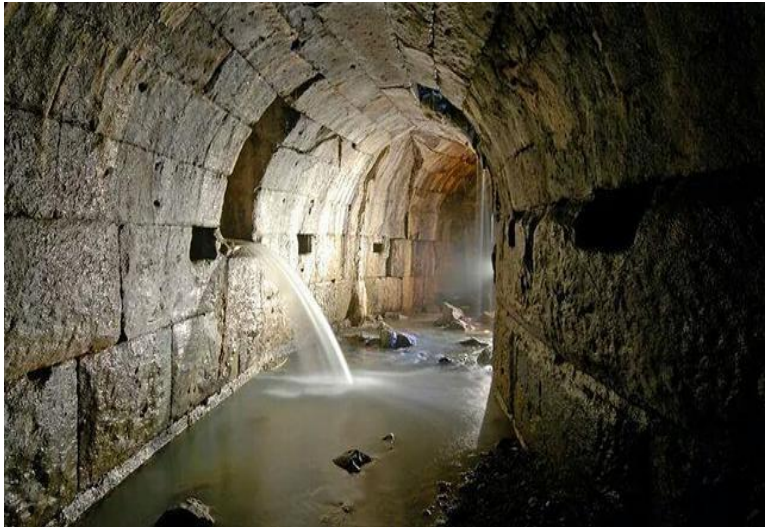
La historia de los sistemas de alcantarillado es interesante y un testimonio del ingenio humano para enfrentar los desafíos de la gestión de aguas residuales y promover la salud.

Los sistemas han evolucionado a lo largo de la historia, desde simples canales de drenaje construidos por civilizaciones antiguas hasta complejas redes que transportan millones de litros de aguas residuales todos los días. Este progreso es el resultado del ingenio, la innovación y la perseverancia de los humanos, que han desarrollado una amplia gama de soluciones para abordar los desafíos de la gestión de aguas residuales.

Las primeras alcantarillas se construyeron para evitar que las aguas de lluvia se estancaran en las ciudades. Esta necesidad surgió en los primeros asentamientos humanos, cuando las personas empezaron a vivir en comunidades más grandes. Sin embargo, con el crecimiento de la población, las alcantarillas comenzaron a utilizarse también para eliminar los residuos humanos, lo que ayudó a reducir las enfermedades. (Econet Desatascos, 2020)

## Figura 6

*Sistema de alcantarillado de la antigua Gracia*



Fuente: Econet Desatascos, (2020)

## Sistema de alcantarillado

Se fundamenta en un conjunto de redes de tuberías y obras adicionales diseñadas para transportar, conducir, recolectar y evacuar las aguas residuales hasta su punto de tratamiento, se caracteriza por utilizar sistemas de escasa profundidad, su principal objetivo es prevenir la contaminación ambiental del suelo y de ríos.

Tiene como función principal de eliminar las aguas ya empleadas y contaminadas en una comunidad, conocidas comúnmente denominadas "aguas residuales". Además, tiene la responsabilidad de gestionar las aguas pluviales. Este sistema se compone de conductos subterráneos denominados alcantarillas, que suelen instalarse en el centro de las vías urbanas, junto con sus elementos constituyentes que son los siguientes:

### Red de atarjeas

Forma parte del sistema de alcantarillado y tiene la función primordial de transportar y eliminar las aguas residuales domésticas, residenciales, comerciales e industriales, dirigiendo los caudales acumulados hacia los colectores o emisores.

La infraestructura de red está compuesta por un conjunto de tuberías por las que fluyen las aguas residuales; se inicia ser encuentra en las descargas domiciliarias, cuyo diámetro generalmente en la mayoría de los casos es de 15 cm (6 pulgadas.), siendo este el diámetro mínimo permitido en la mayoría de los casos.

La red de atarjeas se sitúa en el centro de las calles y va capturando las descargas domiciliarias. Es esencial que la atarjea mantenga un sellado hermético. En términos general, sus parámetros y criterio de diseño deben ajustarse a la pendiente natural del terreno, por lo cual debe cumplir los límites de velocidad máximos y mínimos, además de garantizar la condición mínima del tirante.

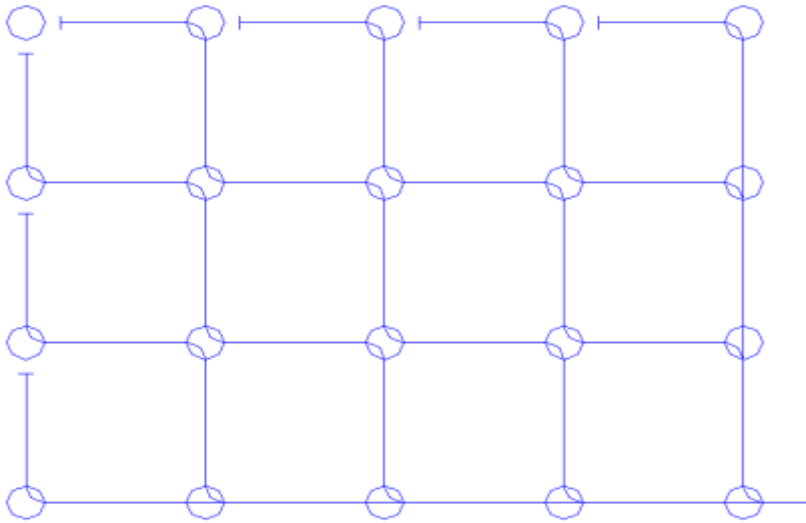
Corresponden a tuberías de menor tamaño destinadas a recibir las aguas residuales provenientes de los hogares mediante conductos conocidos como "descarga domiciliaria". Dentro de las propiedades, estas tuberías son referidas como "albañal". Tanto la descarga domiciliaria como el albañal suelen tener un diámetro de aproximadamente 15 cm, mientras que la atarjea debe contar con un diámetro mínimo de 20 cm. (Jiménez Terán, 2013).

### **Trazo de bayoneta**

Es un tipo de diseño de alcantarillado sanitario que se caracteriza por su forma sinuosa. Este tipo de diseño tiene varias ventajas, entre ellas permite mayor desarrollo y eficiencia de las atarjeas, aumenta la cantidad de descargas y permite controlar mejor las pendientes topográficas. (Jiménez Terán, 2013)

### Figura 7

*Trazo en bayoneta*



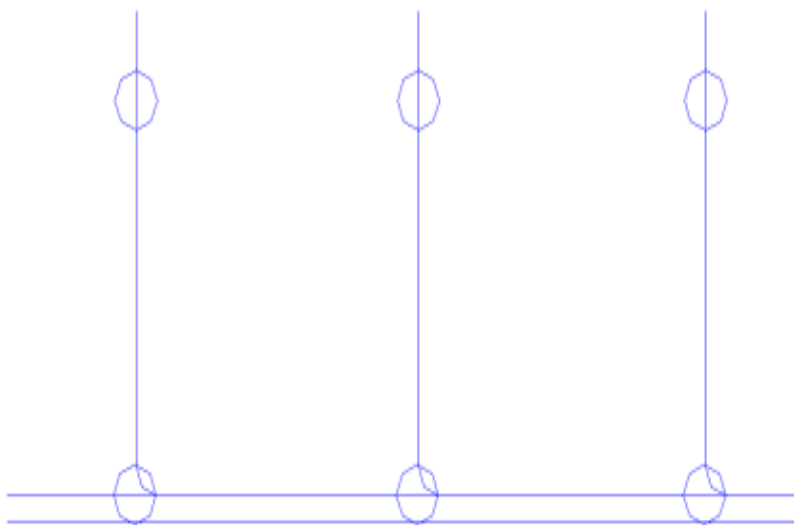
Fuente: Jiménez Terán, (2013)

### Trazo en peine

Se caracteriza por la presencia de varias alcantarillas de menor diámetro que descargan su contenido en una alcantarilla de mayor diámetro. Este tipo de diseño es común en zonas con pendientes topográficas poco pronunciadas. (Jiménez Terán, 2013)

### Figura 8

*Trazo en peine*



Fuente: Jiménez Terán, (2013)

**Subcolectores:** Se encargan de reunir las aguas transportadas por las atarjeas. Su tamaño debe ser de al menos 20 cm, aunque al principio podría ser de esa dimensión (aunque en la actualidad este elemento del sistema ya no se tiene en cuenta).

**Colectores:** Son las tuberías encargadas de recoger el agua proveniente de las atarjeas y subcolectores, razón por la cual su diámetro suele ser superior al de estas últimas.

### Tipos de colectores

**Unitario:** Las aguas residuales y las pluviales son transportadas a través del mismo conducto, lo cual resulta más económico.

**Figura 9**

*Tipo de colector con sistema unitario*

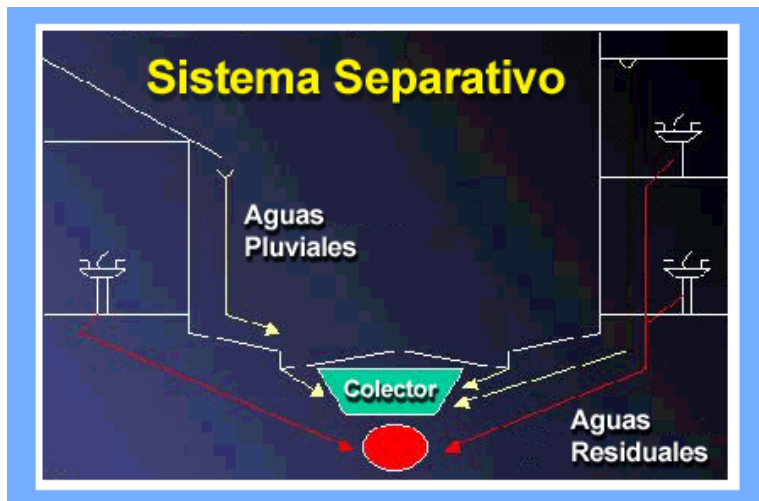


Fuente: Zarza, (2023)

**Separativo:** Las aguas residuales y pluviales son conducidas a través de tuberías distintas y sin conexión. Esto conlleva una mayor inversión tanto en la construcción como en el mantenimiento de las infraestructuras.

**Figura 10**

*Tipo de colector con sistema separativo*

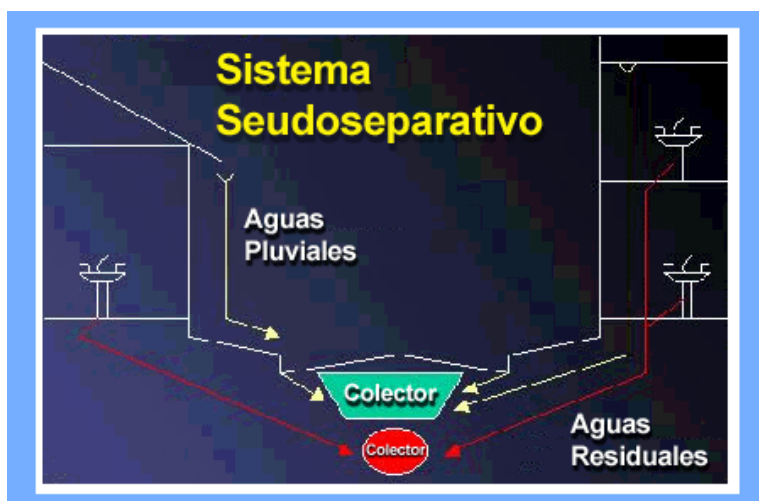


Fuente: Zarza, (2023)

**Seudoseparativos:** La eliminación se lleva a cabo utilizando conductos distintos, aunque el conducto de aguas residuales se dimensiona para manejar también las aguas pluviales. Este enfoque se emplea en situaciones donde no se puede garantizar la separación total de las aguas residuales y las aguas lluvias debido a la renovación de la red.

**Figura 11**

*Tipo de colector con sistema seudoseparativo*



Fuente: Zarza, (2023)

**Sistema doblemente separativo:** Las aguas residuales provenientes de áreas urbanas, industriales y las aguas pluviales son conducidas a través de tuberías distintas y separadas entre sí.

**Figura 12**

*Colector con sistema doblemente separativo*

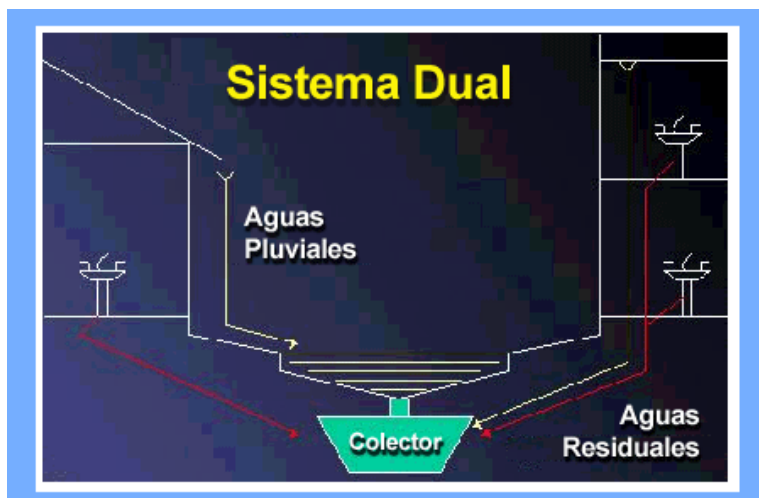


Fuente: Zarza, (2023)

**Dual:** En estos casos, se planifica y ajusta la estructura de la carretera de manera que pueda transportar una porción de las aguas pluviales, creando una dualidad de vías para el transporte, tanto en la superficie como en el subsuelo.

**Figura 13**

*Tipo de colector con sistema dual*



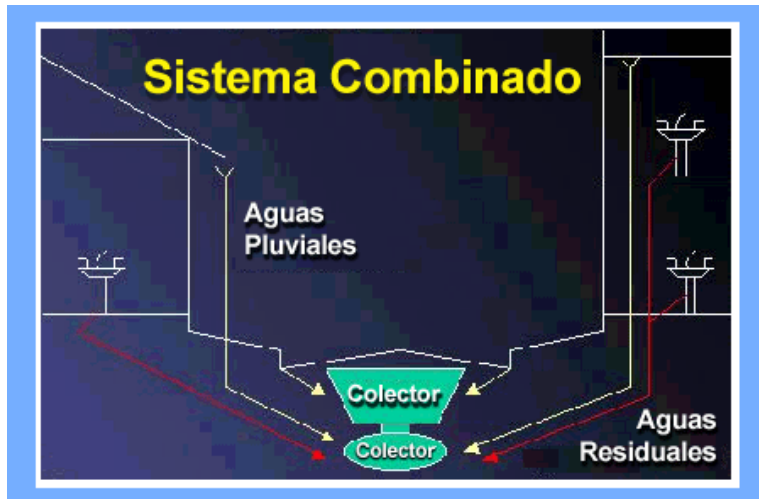
Fuente: Zarza, (2023)



**Combinado mixto:** En este sistema, las aguas residuales y aguas lluvias se mezclan y se transportan por el mismo colector. (Zarza, 2023)

**Figura 14**

*Tipo de colector con sistema combinado*



Fuente: Zarza, (2023)

### **Tipo de colectores de aguas según el procedimiento de evacuación**

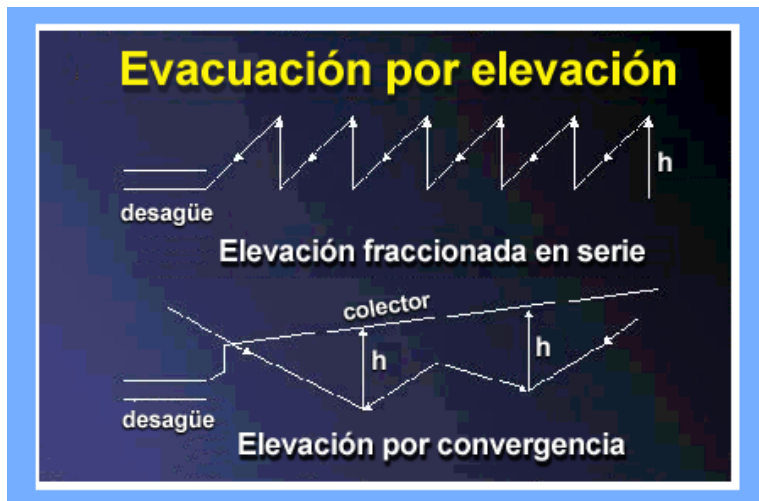
Se toma en cuenta las fuerzas que generan el desplazamiento del agua, las cuales pueden manifestarse de diversas maneras.

**Por gravedad:** El agua fluye por el conducto debido a la fuerza de la gravedad, aprovechando la inclinación del colector, y puede seguir diferentes trayectorias.

**Por Evacuación:** Mediante el método de elevación, se hace referencia a la necesidad de elevar mecánicamente el agua, ya sea debido a consideraciones topográficas o al enfrentarse a obstáculos que imposibilitan la construcción.

**Figura 15**

*Colectores a evacuación por elevación*

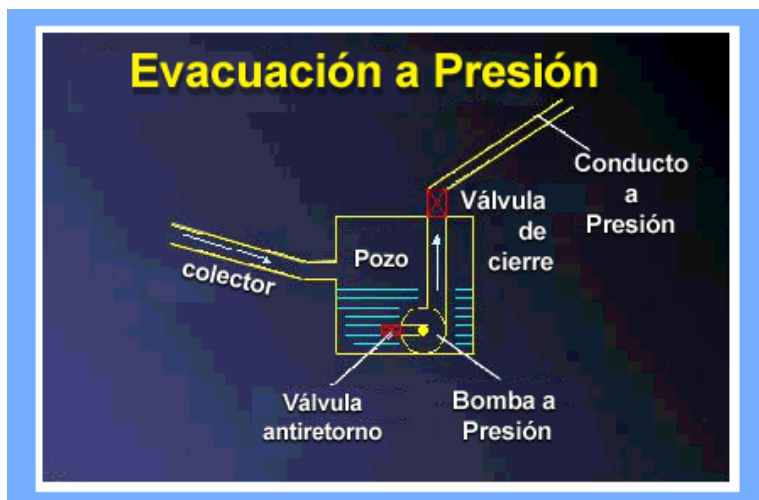


Fuente: Zarza, (2023)

**A presión o circulación forzada:** El flujo del agua se produce mediante la aplicación de presión, con una sección de la tubería sometida a carga.

**Figura 16**

*Colectores según el procedimiento de evacuación a presión*



Fuente: Zarza, (2023)

**A vacío:** El agua se desplaza por gravedad hasta un dispositivo de eyector de vacío, generando una presión reducida. Durante este proceso de aspiración, tanto el agua como los gases presentes en la tubería son succionados.

**Figura 17**

*Colectores según el procedimiento de evacuación a vacío*



Fuente: Zarza, (2023)

## Emisor

Son conductos encargados de recoger las aguas provenientes de diversos colectores o interceptores. No reciben contribuciones adicionales, como atarjeas o descargas domiciliarias. Se utilizan para dirigir las aguas residuales hacia la planta de tratamiento o hacia un sistema de reúso. Además, el término "emisor" se aplica al conducto que transporta las aguas tratadas (efluente) desde la planta de tratamiento hasta el punto de descarga.

**Emisores a gravedad:** Estos sistemas trabajan normalmente a gravedad, sin sistemas mecánicos que realicen el trabajo de bombeo de las aguas, normalmente se conducen por ductos completamente cerrados, en caso de que las condiciones del proyecto no lo permitan como gasto o profundidad, los sistemas los direcciona.

**Emisores a Presión:** Son bombeados por sistemas a presión, usualmente se realiza cuando la topografía del sector no permita implementar el emisor a gravedad. También es necesario implementar este tipo de emisor debido a que las plantas de tratamiento se encuentran ubicadas a una distancia considerable del emisor. (Alcantarillado sanitario, 2000)

**Figura 18**

*Cuarto de bomba*



Fuente: NETJET, (2021)

**Tratamiento:** Este proceso implica la separación de sólidos, líquidos, productos químicos, bacterias y virus presentes en las aguas residuales, permitiendo su uso posterior después del tratamiento.

**Sitio de vertido:** Después de que las aguas residuales han pasado por el proceso de tratamiento, deben ser evacuadas o reutilizadas. En el primer escenario, es esencial identificar una ubicación específica, que comúnmente se denomina "sitio de vertido" y puede ser un cuerpo de agua. (Jiménez Terán, 2013)

### **Tipos de sistemas de alcantarillado**

Existen dos tipos los cuales son Convencionales o no Convencionales

**Tipo Convencional:** Se trata de infraestructura de uso hidráulico conformado por tuberías de dimensiones considerables con características de gran flexibilidad en la gestión del sistema. Esta abarca aguas grises de hogares y negocios. Po lo general, se instalan de manera subterránea y se direccionan hasta la plata donde las aguas grises serán tratadas. La ventaja es que busca la eficiencia y sostenibilidad

**No convencional:** Surge como una alternativa o innovadora para el manejo de las aguas grises a diferencia de los convencionales este se adapta y busca soluciones más sostenibles, Una desventaja de este tipo es que depende mucho de

la topografía del sector donde se desea implementar además de los recursos disponibles de la densidad poblacional. La ventaja es que busca la eficiencia y sostenibilidad como la incorporación de tecnología solar. (SAGUAPAC El agua de todos, 2022)

## **Aguas residuales**

Las aguas servidas, son residuos que han sido contaminadas por la actividad humana. Pueden proceder de fuentes domésticas, industriales o agrícolas.

Las aguas domésticas suelen contener contaminantes orgánicos, como materia fecal, restos de comida y jabones. Las aguas residuales industriales pueden contener una amplia gama de contaminantes, como metales pesados, productos químicos y residuos sólidos. Las aguas residuales agrícolas pueden contener contaminantes orgánicos, como fertilizantes y pesticidas.

Las aguas residuales pueden contaminar los recursos hídricos, causar enfermedades y dañar la biodiversidad. Por ello, es necesario tratarlas antes de su vertido al medio ambiente. El proceso de tratamiento de aguas servidas implica eliminar los contaminantes presentes en ellas. El tratamiento puede realizarse en diferentes etapas, como el pretratamiento, el tratamiento primario, el tratamiento secundario y el tratamiento terciario.

El pretratamiento se realiza para eliminar los sólidos gruesos y los materiales flotantes. El tratamiento primario se lleva a cabo con el propósito de eliminar los sólidos suspendidos y la materia orgánica biodegradable. El tratamiento secundario se realiza para eliminar la materia orgánica no biodegradable y los nutrientes. El tratamiento terciario se realiza para eliminar los contaminantes específicos, como los metales pesados y los compuestos orgánicos volátiles. Además, son aquellas aguas cuya calidad se ve perjudicada por la actividad humana. Se refieren a aguas que, debido a su calidad, cantidad o el momento en que están disponibles, carecen de utilidad inmediata para el propósito para el cual fueron inicialmente utilizadas o producidas. (Zarza Laura, 2023)

## Figura 19

*Conducto de evacuación de aguas residuales sin tratar*



Fuente: Zarza Laura, (2023)

**Aguas residuales urbanas:** Proviene principalmente de hogares. Estas aguas residuales pueden presentarse de manera aislada, es decir, exclusivamente provenientes de las actividades domésticas y sanitarias de los hogares. Alternativamente, pueden combinarse con otras fuentes de aguas residuales, como aquellas generadas por actividades industriales o el escurrimiento de aguas pluviales.

**Aguas residuales domésticas:** Las aguas residuales originadas en áreas residenciales y de servicios, principalmente producidas por las funciones biológicas humanas y las tareas domésticas, además incluyen los desechos provenientes de actividades cotidianas como el uso del agua en el hogar, la cocina, el baño, el lavado de ropa y otros procesos domésticos, incluso los residuos biológicos generados por las funciones corporales humanas, como las aguas provenientes de inodoros y sistemas de saneamiento doméstico. (PureWater, 2019)

## Figura 20

*Conducto de evacuación de agua domestica*



Fuente: PureWater, (2019)

**Aguas residuales industriales:** Son aguas residuales liberadas desde establecimientos destinados a actividades comerciales o industriales, excluyendo las aguas servidas domésticas y las aguas pluviales que fluyen sobre la superficie del suelo. (Zarza Laura, 2023).

### Fuentes de aguas residuales

Hay cuatro fuentes principales de aguas residuales las cuales son aguas domésticas o urbanas, industriales, escorrentías de usos agrícolas además de aguas pluviales. Este libro se centra en el tratamiento de las aguas residuales industriales y domésticas, pero la contaminación causada por los usos agrícolas y las aguas pluviales urbanas está ganando importancia. Las escorrentías agrícolas se refieren a las aguas que se desplazan sobre la superficie en zonas destinadas a la actividad agrícola, son una de las principales causas de eutrofización de lagos y pantanos. Las aguas pluviales urbanas también pueden tener un impacto contaminante significativo. Las aguas residuales, tratadas o no, se descargan finalmente en un receptor de aguas superficiales (mar, río, lago, etc.), que se considera un medio receptor. (Sette Ramalho, 1990).

## **Pozos sépticos**

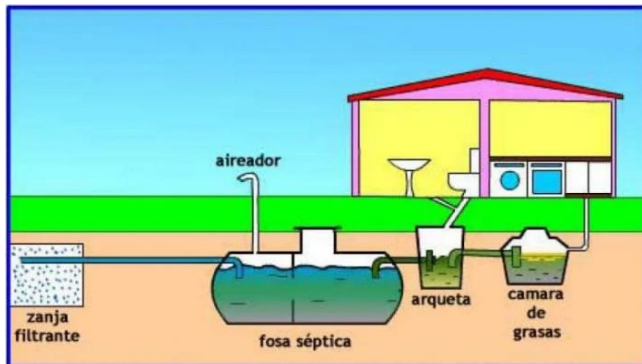
Las fosas sépticas, también llamadas pozos sépticos, representan una opción para llevar a cabo el tratamiento inicial de aguas residuales provenientes de pequeñas comunidades donde no existen sistemas de alcantarillado ni instalaciones para el tratamiento de agua. La finalidad principal de los pozos sépticos es disminuir y purificar los organismos patógenos y bacterias generados por las actividades domésticas, los cuales impactan directamente en la salud de la población local y, de manera indirecta, en el entorno ambiental. Una disposición inadecuada de los residuos sólidos podría resultar en la contaminación de fuentes hídricas, tanto superficiales como subterráneas. Además, operan como depósitos de sedimentación, empleando un proceso físico básico en el cual la densidad de la materia provoca su descenso hacia el fondo del tanque. Este procedimiento resulta en la separación de los residuos orgánicos del componente líquido del recurso hídrico.

El producto resultante del tratamiento llevado a cabo en los pozos sépticos puede, comúnmente, ser empleado de nuevo en prácticas agrícolas, como el riego de cultivos, o puede ser liberado en algún cuerpo de agua, como ríos o arroyos, para que continúe su proceso de depuración. Es importante destacar que el agua tratada en los pozos sépticos no es apta para su reutilización en actividades domésticas, ya que requiere tratamientos más avanzados para evitar impactos en la salud de la comunidad. Si un pozo séptico no se mantiene correctamente, los residuos y contaminantes pueden filtrarse en el suelo y contaminar el agua subterránea, los ríos, los lagos y los océanos. (Fibras y Normas de Colombia S.A.S., 2019)



**Figura 21**

*Esquema de pozo de absorción residencial*



Fuente: Fibras y Normas de Colombia S.A.S., (2019)

## **Contaminación del agua subterránea**

La contaminación del agua subterránea es un problema serio causado por los pozos sépticos. Estos son una fuente importante de agua potable, pero cuando los contaminantes de los pozos sépticos se filtran en las y llegan a las aguas subterráneas, pueden contaminar el agua y estas ya no son apta para el consumo humano, las personas que beben el agua contaminada pueden contraer enfermedades, dañar sus órganos e incluso morir. Incluso también puede dañar los ecosistemas, como los peces y los mariscos. Además, son un problema creciente en todo el mundo. Los pozos son sistemas de evacuación de aguas domésticas servidas en casos utilizan bacterias para descomponer los desechos humanos. Sin embargo, si los pozos no se instalan de manera correctamente las aguas pueden rebosar en las viviendas soltando diversos contaminantes como materia fecal, productos químicos, pesticidas, fertilizantes y detergentes.

**Figura 22**

*Pozo séptico colapsado*



Fuente: Dinámica Ambiental, (2023)

### **Clasificación de conducto de alcantarillado:**

**Tramos Iniciales:** Se refiere a segmentos que reciben flujos de varios tramos iniciales, acumulando áreas de drenaje a lo largo de su recorrido. Estos tramos tienen como función principal los caudales procedentes de la red local hasta sus conexiones con la red principal.

La importancia de los tramos secundarios radica en que son los encargados de transportar las aguas residuales desde las zonas más cercanas a las viviendas hasta la red principal. Estos tramos deben estar diseñados de forma adecuada para garantizar un flujo eficiente de las aguas residuales, evitando problemas como atascos y desbordamientos. (Pérez Carmano, 2013, pág. 5)

**Figura 23**

*Tramo inicial*



Fuente: Pérez Carmano, (2013)

**Tramos Secundarios:** Son una parte fundamental del sistema de alcantarillado, ya que son los encargados de transportar las aguas residuales desde las zonas más cercanas a las viviendas hasta la red principal. Estos tramos se caracterizan por recibir caudales de uno o más tramos iniciales, acumulando áreas de drenaje a lo largo de su recorrido.

Su función es esencial para asegurar el funcionamiento adecuado del sistema. Estos tramos deben estar diseñados de forma adecuada para garantizar un flujo eficiente de las aguas residuales, evitando problemas como atascos y desbordamientos. (Pérez Carmano, 2013, pág. 5)

**Figura 24**

*Tramo secundario*



Fuente: Pérez Carmano, (2013)

**Colector Principal:** Es una estructura fundamental del sistema de alcantarillado, ya que es el encargado de transportar las aguas servidas desde las secciones secundarias hasta el punto de descarga o tratamiento.

Recibe caudales de los tramos secundarios, que son los encargados de transportar las aguas residuales desde las zonas más cercanas a las viviendas. El colector principal conduce estos caudales hasta el sitio de vertimiento o tratamiento, para que estas puedan ser tratadas y posteriormente evacuadas a un cuerpo receptor natural, como un río, estero o lago. En ocasiones, el colector principal recibe el nombre de emisario final. Esto se debe a que el emisario final es el último tramo del sistema antes de que las aguas residuales se descarguen en el medio ambiente. (Pérez Carmano, 2013, pág. 5)

**Figura 25**

*Colector principal*



Fuente: Pérez Carmano, (2013)

**Interceptores:** Los interceptores son estructuras fundamentales, dado que son responsables de prevenir el vertimiento de las aguas negras a los cuerpos receptores de aguas naturales, como ríos Y canales, se diseñan y construyen paralelos a los cuerpos receptores naturales. Su función es interceptar las aguas residuales que fluyen hacia estos cuerpos receptores y conducir las hacia el sistema de alcantarillado sanitario. (Pérez Carmano, 2013, pág. 5)

**Figura 26**

*Interceptores*



Fuente: Pérez Carmano, (2013)

### **Etapas del tratamiento de las aguas residuales**

**Tratamiento Preliminar:** En esta fase del tratamiento, se lleva a cabo la eliminación de sólidos de gran tamaño y arenas presentes en las aguas residuales. También se denomina como el procedimiento destinado a la eliminación de los componentes de las aguas negras que podrían causar daños al rendimiento de los equipos utilizados en los diversos procesos y operaciones que integran el sistema de tratamiento.

**Figura 27**

*Rejas gruesas de tratamiento preliminar*



Fuente: Farias de Márquez, (2016)

**Tratamiento primario:** En esta etapa del tratamiento, se lleva a cabo la eliminación de parte de los sólidos sedimentables y en suspensión mediante métodos físicos y/o químicos. Comúnmente, el efluente resultante de este tratamiento primario exhibe una concentración elevada de materia orgánica y un alto índice de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

**Tratamiento secundario:** Se trata de la fase en la cual la materia orgánica biodegradable es convertida en materia estable gracias a la acción biológica. Este proceso está mayormente orientado a la eliminación de partículas suspendidas y compuestos orgánicos, y ocasionalmente, introduce la desinfección como componente integral de este proceso. Se incorpora la desinfección como parte de esta etapa.

**Tratamiento terciario:** Se refiere a tratamientos suplementarios que se aplican después de los procesos secundarios convencionales, con el propósito de eliminar nutrientes, compuestos tóxicos y excedentes de materia orgánica o sólidos en suspensión. (Farias de Marquez, 2016).

### **Tipos plantas de tratamiento**

Planta tipo paquete: Las instalaciones de tratamiento de aguas servidas tipo paquete se diseñan según el volumen y las características específicas del agua que se va a tratar. La estructura modular permite la construcción gradual de la planta, adaptándose a la demanda y optimizando la inversión. Estas instalaciones ofrecen ventajas económicas tanto en términos de costos iniciales como de operación continua. El proceso biológico basado en bacterias aeróbicas, utilizando lodos activados con inyección de aire, garantiza un tratamiento eficiente con mínimos olores ofensivos. La recirculación de lodos reduce significativamente la formación de desechos, y la cloración u ozonización en la descarga asegura la esterilización del efluente, resultando altamente efectivo en la eliminación de BOD5, COD y NH3-N. Dado que la construcción es subterránea, es posible utilizar la superficie para áreas verdes sin riesgo ambiental, lo que hace que estas plantas sean idóneas para su aplicación en hoteles, restaurantes o centros comerciales. (Shandong Better Environmental Protection Technology, 2023).

**Figura 28**

*Planta de tratamiento tipo paquete*

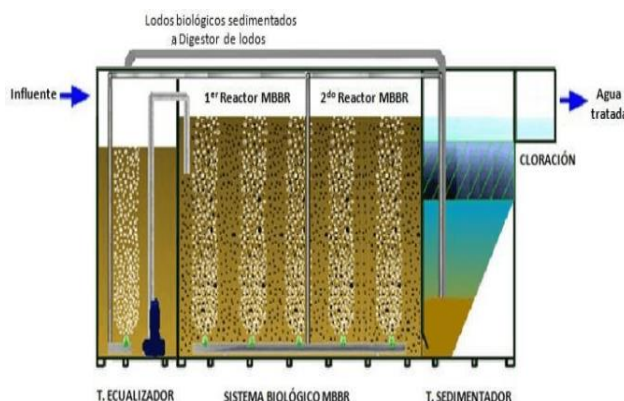


Fuente: Shandong Better Environmental Protection Technology, (2023)

Plantas paquete con tecnología MBBR para aguas residuales: La tecnología de biorreactores de lecho móvil, conocida como el proceso MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor, por sus siglas en inglés), es una técnica de tratamiento biológico diseñada para aguas residuales. En este método, microorganismos purificantes crecen en una biopelícula inmovilizada en un medio portador. A diferencia de los biorreactores de lecho fijo, en los que los elementos portantes están estáticos, en el proceso MBBR, estos elementos se mueven libremente en suspensión dentro del tanque de reacción. Este enfoque dinámico ha llevado a un creciente reconocimiento y aplicación de la tecnología MBBR en el contexto del tratamiento biológico de aguas residuales, destacando su eficiencia notable en la eliminación de contaminantes. (Spena Group, 2022).

**Figura 29**

*Planta paquete con tecnología MBBR para aguas residuales*



Fuente: Spena Group, (2022)

## **Software SewerGems**

Es un programa de análisis, diseño y operación de redes de alcantarillado sanitario y combinado. Es desarrollado por Bentley Systems, un proveedor líder de software de ingeniería de infraestructura. SewerGEMS es utilizado por ingenieros y planificadores de todo el mundo para modelar y simular sistemas de alcantarillado, identificar y resolver problemas, y optimizar el rendimiento del sistema.

Además, el sistema de simulación de flujo de agua puede utilizarse para analizar el rendimiento de una red sanitario en condiciones normales, como el flujo diario de aguas residuales domésticas. También puede utilizarse para evaluar la capacidad de la red para hacer frente a eventos climáticos extremos, como lluvias intensas que pueden provocar inundaciones. (Bentley, 2024)

## **Ventajas de SewerGems**

Puede modelar el flujo de aguas residuales y aguas pluviales a través de sistemas de alcantarillado, incluido el flujo de tuberías, el almacenamiento de pozos y el funcionamiento de las bombas. Esto permite a los usuarios evaluar el rendimiento de los sistemas de alcantarillado e identificar posibles problemas

Utilizado para evaluar la capacidad de los sistemas de alcantarillado para manejar flujos máximos e identificar posibles desbordamientos. Esto ayuda a garantizar que los sistemas de alcantarillado puedan manejar cargas de flujo pico sin desbordarse.

Simula sobrecargas, que ocurren cuando el nivel del agua en un sistema de alcantarillado sube por encima de la superficie del suelo. Esto ayuda a los usuarios a comprender los efectos de las sobrecargas y desarrollar estrategias para reducirlas.

Modela el transporte de contaminantes en sistemas de alcantarillado, como DBO, DQO y TSS. Esto ayuda a los usuarios a comprender el impacto de los sistemas de alcantarillado en la calidad del agua.



Se puede integrar con software GIS para crear una vista integral de los sistemas de alcantarillado y su entorno. Esto permite a los usuarios visualizar y analizar datos de sistemas de alcantarillado en un contexto geográfico.

### **Software Watercad**

Software que ayuda a los ingenieros al diseño, construcción y operación sistemas de agua potable. El software utiliza modelos 3D para analizar el flujo, la presión, la calidad del agua y las pérdidas. También puede simular el comportamiento del sistema de agua potable bajo diferentes condiciones, como el clima, la demanda y el mantenimiento. Esta información puede ser utilizada para tomar decisiones sobre el diseño, la construcción y la operación del sistema.

### **Software Autocad**

Es una aplicación de diseño asistido por computadora (CAD) empleada para realizar dibujos, diseñar y modelar con precisión tanto en 2D como en 3D, incorporando funciones como sólidos, superficies, objetos de malla y características de documentación, entre otros. (Autodesk AutoCAD, 2024)

### **Software CivilCad**

Es una aplicación diseñada para agregar funciones que automatizan y simplifican las operaciones en AutoCAD Full, BricsCAD PRO/Platinum y ZWCAD+. Este software aborda varias exigencias de profesionales en Ingeniería Civil y Topografía de habla hispana y es ampliamente empleado por entidades gubernamentales, empresas constructoras y centros educativos.

## **Diseño de sistemas de alcantarillado sanitario**

### **Caudales de diseño de aguas residuales**

“Las aguas residuales a ser evacuadas por el sistema de alcantarillado sanitario están constituidas por: Aguas residuales domésticas; Aguas residuales industriales pretratadas; Contribución por infiltración; y Conexiones clandestinas”. (Secretaria del Agua, 1992)

### **Criterios generales de diseño**

Es esencial incorporar a los criterios establecidos por la Norma INEN CPE 5 – PARTE 9.1: (1992), en donde proporciona las pautas y estándares para la investigación y planificación del sistema de suministro de agua potable y tratamiento de aguas residuales.

- El diseño del sistema sanitario se llevará a cabo asegurando que todas las tuberías y conductores transcurran por debajo del suelo y de los sistemas encargados de distribuir el agua potable manteniendo una proyección de altura de aproximadamente 0,30 en el caso de paralelismo y de 0,20 en situaciones de cruce entre ellas.
- En la medida de lo posible, se instalarán las tuberías del sistema residual en el lado opuesto de la vía a diferencia de las tuberías y líneas de agua potable, normalmente colocándolas en la parte sur y oeste del punto de intersección de los ejes. Por su parte, las tuberías de la red de aguas lluvias se dispondrán en el centro de la vía.
- Las tuberías se proyectarán con niveles de profundidades adecuadas para captar las aguas residuales o pluviales de las viviendas ubicadas en los lados más bajos de la calzada, ya sea a uno u otro lado. Cuando la tubería deba resistir el tráfico vehicular, se asegurará una distancia mínima de altura de 1,2 metros encima de la clave del tubo para su seguridad.

- El sistema de alcantarillado sanitario deberá emplear un diámetro mínimo de 200 centímetros, mientras que el alcantarillado pluvial deberá utilizar un diámetro mínimo de 250 centímetros.
- Las conexiones residenciales en el sistema de alcantarillado deberán tener un “Se recomienda un diámetro mínimo de 100 centímetros para sistemas de alcantarillado sanitario y 150 centímetros para sistemas de drenaje pluvial, junto con una inclinación mínima del 1%”.
- La superficie de la tubería no debe presentar elevaciones en forma de escalones, ya que estas estructuras pueden provocar obstrucciones y facilitar la acumulación de residuos y sedimentos sólidos.
- La pendiente energética debe ser constante y hacia abajo, y se deben tener en cuenta la resistencia al fluido al establecer la inclinación de energía.
- Es crucial que la tubería no funcione al máximo de su capacidad. La superficie del líquido, según los cálculos hidráulicos que contemplan posibles cambios bruscos, debe estar siempre por debajo del borde superior de la tubería. Esto garantiza un espacio para la ventilación adecuada del líquido, lo que a su vez evita la acumulación de gases perjudiciales.
- Es vital que la velocidad del líquido en los conductores de tuberías principales, independientemente de si son primarios, secundario o terciario, no baje a 0,45 metros por segundos, durante el caudal máximo en cualquier año en el periodo de diseño. Lo ideal es que sea superior a los 0,60 metros por segundo para evitar la acumulación de gases de sulfuro de hidrógeno.
- Es esencial que el sistema tenga la capacidad de transportar el volumen de agua previsto sin que la velocidad de fluido sea demasiado bajo o demasiado alta.

**Tipos de tuberías:** El marco de transporte de aguas residuales, conocido como alcantarillado, se compone de un diseño de líneas y asociaciones que se unen a través de un marco de acoplamiento hermético. Este marco potencia el vehículo productivo de las aguas residuales. Al elegir el material para el desarrollo de tuberías de alcantarillado, es fundamental pensar en algunas cualidades, incluyendo la resistencia mecánica, la resistencia subyacente del material, la robustez, la conductividad, el suelo y los atributos del agua, la posibilidad en relación con el

tratamiento, la colocación y el establecimiento, la adaptabilidad en el plan, así como la simplicidad de las tareas de mantenimiento y reparación.

**Tabla 1**

*Tipos de tuberías*

<b>Tuberías</b>			
<b>Concreto</b>	Concreto Reforzado	Cloruro de Polivinilo PVC	Arcilla vitrificada

Fuente: INEN, (1992)

**Tabla 2**

*Velocidades máximas recomendables para el flujo a tubo*

<b>Material</b>	<b>Velocidad máxima m/s</b>	<b>Coefficiente de rugosidad</b>
<b>Hormigón Simple con Uniones de Mortero</b>	4	0,013
<b>Con uniones de Neopreno para niveles freático alto</b>	3,5 – 4	0,013
<b>Asbesto cemento</b>	4,5 – 5	0,011
<b>Plástico</b>	4,5	0,011

Fuente: INEN, (1992)

## **Pozos de visita**

Los respiraderos de alcantarillado son diseños fundamentales para la investigación, ventilación y limpieza de la organización de alcantarillado. Su utilización se centra en la unión de líneas, cambios de anchura, dirección e inclinación, así como aumentos o arreglos de líneas de diversos materiales. Estos pozos, redondos y huecos y de forma cónica acortada, tienen aspectos enormes para permitir el acceso de las personas durante los trabajos de mantenimiento. Fabricados en diversos materiales, deben fijarse de forma estanca para impedir la salida de aguas residuales al suelo y el paso de agua freática a las tuberías.

En los marcos de alcantarillado, el área de las rejillas de ventilación de alcantarillado de examen se establecerá en los cambios de inclinación, la partida y las conversiones de las autoridades, con distancias mínimas entre las rejillas de ventilación de alcantarillado caracterizado por la anchura de las líneas. La abertura superior del respiradero de la alcantarilla asegurará por lo menos 0.6 m, y se prescribe

para utilizar un tronco errático del cono para trabajar con la gota en el respiradero de la alcantarilla, cuya distancia a través no fijó en piedra por la tubería asociada más grande.

**Tabla 3**

*Diámetros sugeridos para pozos de revisión*

<b>Diámetro de la tubería (mm)</b>	<b>Diámetro del pozo (m)</b>
<b>Menor o igual a 550</b>	0,9
<b>Mayor a 550</b>	Diseño Especial

Fuente: INEN, (1992)

**Pozos con saltos:** Se tendrá cuidado de evitar el vertido directo de agua de una alcantarilla poco profunda a una más profunda a causa de un respiradero de alcantarilla. El mayor nivel de descarga adecuado será de 0,60 m (1 pie). En circunstancias inversas, se ampliará la anchura del respiradero de la alcantarilla y se colocará un tubo ascendente dentro del respiradero de la alcantarilla para bloquear la salida del agua y dirigirla a la base. La distancia más extrema a través de esta línea será de 300 mm. Para arroyos más altos y si es fundamental, se planificarán estructuras de salto únicas, por ejemplo, presas.

**Caja de revisión:** El ciclo de la asociación de la casa comenzará con una construcción conocida como caja de intersección o caja de la casa, que obtendrá la asociación de la casa. La capacidad fundamental de la caja de intersección es trabajar con las tareas de limpieza de la conexión de la casa, que es la razón por la que su plan será arreglado a esta razón particular. El elemento base de una caja de intersección será de 0,60 x 0,60 m, y su profundidad será modificada por las necesidades específicas de cada caso.

### **Parámetros de diseño**

**Período de diseño:** Los diseños que componen los entramados de alcantarillado se planificarán idealmente pensando en sus periodos ideales de planificación. Este periodo ideal se caracteriza a partir de la conexión entre el factor de economía de escala y la tasa de descuento (coste de oportunidad del capital). Dado que los principales componentes de un proyecto de alcantarillado presentan

diferentes factores de economía de escala, es concebible tener en cuenta la medición de los mismos para diferentes periodos medios de planificación. Como orientación general, las estructuras con economías de escala críticas se destinarán a un límite definitivo de la empresa, mientras que las que presenten economías de escala más modestas se estimarán para periodos más limitados, idealmente productos de un periodo definitivo. En la decisión del plazo del plan, sin perjuicio de los ángulos referenciados en los apartados anteriores, se evaluarán los resultados concebibles de ampliación y el efecto ecológico relacionado con la ejecución de la obra.

**Tabla 4**

*Periodo de vida útil sugerido para los períodos de diseño*

<b>Componente</b>	<b>Vida útil (años)</b>
<b>Pozos</b>	10 a 15
<b>Conducciones de asbesto cemento o PVC</b>	20 a 30
<b>Conducciones de Hierro dúctil</b>	40 a 50
<b>Planta de Tratamiento</b>	30 a 40

Fuente: INEN, (1992)

## **Población de diseño**

**Aspectos demográficos:** Se refiere al análisis estadístico de las particularidades de una población y su evolución a lo largo del tiempo.

### **Tipo de población**

- **Población Actual:** La cantidad de habitantes presente al momento de desarrollar los planes para los sistemas de alcantarillado.
- **Población al inicio del Proyecto:** Es la población prevista que habitará en el área analizada al momento en que comiencen a operar las redes. Es importante señalar que puede existir una diferencia sustancial entre la población actual y está proyectada, dependiendo del momento en que se implementen las obras.
- **Población Futura:** Es la que se utilizará para calcular las dimensiones de un sistema de alcantarillado.

## **Estimación de la población Futura.**

Para evaluar la población futura, se realizarán proyecciones de desarrollo utilizando al menos tres estrategias percibidas.

- Proyección Aritmética
- Proyección Geométrica
- sumas diferenciales

**Método Aritmético o Lineal:** Este planteamiento sugiere una expansión constante y lineal de la población, en la que se espera que la cantidad de ocupantes añadidos sea constante para cada unidad de tiempo.

**Método Geométrico:** Este enfoque espera que determinadas comunidades urbanas experimenten un desarrollo de la población correspondiente a un nivel uniforme de su población actual en el periodo considerado. Se representa gráficamente mediante una curva de dividendos automultiplicadora. No obstante, debe utilizarse con precaución, ya que puede dar lugar a resultados excesivamente elevados.

**Método Exponencial:** Este enfoque presupone que el aumento poblacional ocurre de manera continua, en contraste con incrementos discretos por unidad de tiempo

## **Áreas de Aportación**

Zonas que se suman a la progresión del agua o potencialmente de las aguas residuales. Esta idea depende de la geografía y topografía se considera los puntos de vista urbano dispuestos en el ordenamiento administrativo, considerando los diferentes usos del suelo. La delimitación de estas áreas requiere considerar el diseño de las autoridades y su efecto actual y futuro, designando regiones relativas como lo indican las figuras matemáticas que ordenan el formato.

## Densidad Poblacional (Dpob).

Hace referencia a la manera en que se distribuye la cantidad de habitantes en un determinado territorio o superficie. Esta medida se expresa comúnmente como habitantes por hectárea (hab/Ha).

## Dotación de Agua Potable

Se refiere al uso diario de agua por persona, expresado en litros por habitante por día (lt/hab/día).

Estos dependerán de factores como:

- Clima
- Nivel de vida
- Tamaño de la Población
- Actividad Productiva

**Tabla 5**

Dotación media (lt/hab/día) – poblacional

Zona	Hasta 500 Hab	501 a 2000	2001 a 5000	5001 a 20000	20001 a 100000	>10000
Sierra	30 -50	30 – 70	50 – 80	80 – 100	100 – 150	150 – 200
Oriente	50 – 70	50 – 90	70 – 100	100 – 140	150 – 200	200 – 250
Costa	70 - 90	70 - 110	90 - 120	120 - 180	200 - 250	250 - 350

Fuente: Norma Bolivariana, (2007)

**Asignación Actual (Da):** La distribución de caudales alude al mismo volumen de agua involucrado por un individuo en un día, comunicado en litros por ocupante cada día (lt/hab/día).

**Asignación Futura (Df):** Para determinar la porción futura, debe pensarse en la regla que muestra una expansión de la asignación idéntica a 1 litro cada día por cada ocupante durante el plazo del plan.



**Caudales de diseño:** El flujo cotidiano típico, también llamado flujo doméstico, se refiere al agua utilizada en actividades como la limpieza o la preparación de alimentos, que luego se desecha y se envía a la red de alcantarillado. Estas aguas residuales domésticas están relacionadas con la organización y el suministro de agua potable. Se determina como resultado de la utilización del agua consumible utilizada en ejercicios domésticos, de negocios o industrias, corto el volumen de pérdida. El coeficiente de traída de vuelta "C" se desplaza en algún lugar en el rango de 60% y 80%.

**Caudal Instantáneo (Qi):** Este caudal se obtiene mediante el caudal diario, el mismo que se multiplica el promedio del agua que usan por el factor mayoritario (punta)"M". El cual se determina según la elección del que realiza la formulación. El factor de mayoración actúa como un multiplicador que convierte el caudal diario promedio en el caudal máximo que se espera en una hora específica.

**Coefficientes de Mayoración (M):** Estos coeficientes representan la proporción entre el caudal medio y máximo hora. Por lo general, se determinan mediante fórmulas que tienen en cuenta los habitantes y las características de consumo de agua.

**Caudal por Infiltración (Qinf):** Se calculará teniendo en cuenta la fluctuación en relación con la base de la tubería de alcantarillado. El agua de la zanja se repondrá de forma natural por la lluvia y la infiltración del agua del suelo circundante. La cantidad de agua que se recarga dependerá de la permeabilidad del suelo, es decir, de su capacidad para permitir el paso del agua.

Al determinar el caudal de infiltración, se deben considerar los siguientes aspectos:

- La elevación del nivel freático respecto al lecho del colector.
- La permeabilidad del suelo y la cantidad anual de precipitación.
- Características, condición y tipología de las alcantarillas, con especial atención en la ejecución de las cámaras de inspección.

- Elección del material de la tubería y método de conexión.

**Tabla 6**

*Valores de infiltración*

Tipo de Unión	Tubo de cemento		Tubo de P.V.C	
	Cemento	Goma	Pegamento	Goma
<b>N. Freático bajo</b>	0,0005	0,0002	0,0001	0,00005
<b>N. Freático alto</b>	0,0008	0,0002	0,00015	0,0005

Fuente: Norma Bolivariana, (2007)

**Caudal por Conexiones Erradas:** Este término alude al incremento en la capacidad del sistema debido al ingreso de agua pluvial a las viviendas a través de las rejillas de piso. Se calcula que la cantidad de agua que se infiltra está entre el 05% y el 10% de caudal máximo horario por ese mismo tramo, se recomienda que se tome como referencia un valor de 10% para la infiltración.

**Velocidades Admisibles:** Es necesario que la velocidad dentro de las tuberías se encuentre parcialmente llenas, y que estén dentro de los rangos establecidos para el material específico de la tubería.

**Velocidad Mínima:** Garantizar el correcto transporte de material y evitar su sedimentación. Se estima que este valor promedio ideal ronda los 0,60 metros por segundo, cifra que se considera adecuada para cualquier año de diseño.

Velocidad min a tubo lleno: 0,60 m/s

Velocidad min a tubo parcialmente lleno: 0,30 m/s

**Velocidad Máxima:** Se establece para evitar problemas abrasivos, tales como erosión de las uniones, que a su vez podría generar fugas y deterioros en la zanja que contiene la tubería.

**Tabla 7**

*Velocidades máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad*

Material	Velocidad máxima m/s
<b>Hormigón Simple con Uniones de Mortero</b>	4
<b>Con uniones de Neopreno para niveles freático alto</b>	3,5 – 4
<b>Asbesto cemento</b>	4,5 – 5
<b>Plástico</b>	4,5

Fuente: INEN, (1992)

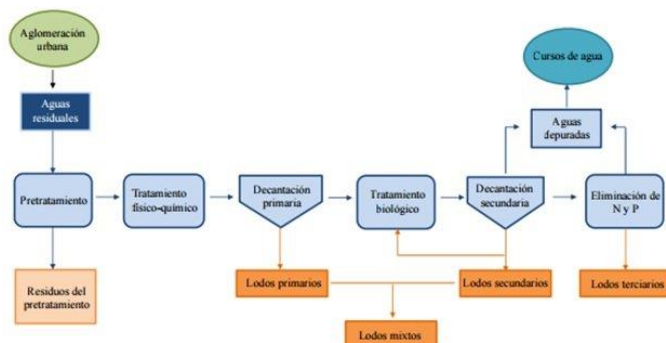
## Tratamiento de lodos

La suciedad del agua comprende los sólidos que se extraen en las unidades de tratamiento esenciales y opcionales, junto con el agua que se aísla con ellos. Este tratamiento tiene dos objetivos, siendo el primero extraer en cierta medida o totalmente el agua que contiene el fango, disminuir en gran medida su volumen y, además, deteriorar todos los sólidos naturales, transformándolos en sólidos minerales o sólidos naturales generalmente estables.

El tratamiento de lodos es un ciclo utilizado para disminuir el contenido de agua y sustancias extrañas de los lodos depurados, que son los residuos fuertes sobrantes tras el tratamiento de las aguas residuales. El tratamiento de lodos pretende trabajar sobre las propiedades de los lodos con el objetivo de que puedan utilizarse con seguridad y éxito, por ejemplo, como composta o fertilizante. (Pochteca, 2022)

**Figura 30**

*Etapas del tratamiento de lodos*



Fuente: Conдорchem, (2022)

## Caudal de Diseño

Los colectores de aguas residuales se calcularán sumando los caudales domésticos e industriales, posteriormente multiplicarlo por sus correspondientes coeficientes, ya sea de retorno o de mayoración. Esto se sumarán los caudales previamente infiltración y conexiones ilícitas. Se utilizará las poblaciones y dotaciones utilizadas para el cálculo serán las correspondientes al término del periodo de diseño.

**Caudal máximo hora (qmh):** Se establece a partir del caudal máximo por hora, para determinar se calculará multiplicando el caudal promedio diario final por el factor de mayoración.

**Caudal medio diario (qmd):** Representa la combinación de los flujos de agua provenientes de los hogares, la industria, el comercio y las instituciones.

**Caudal doméstico (qd):** La contribución proveniente de los hogares (Qd) se define mediante la siguiente expresión.

### Donde:

Qd = Caudal de agua residual en m<sup>3</sup>/seg

P = Es la proyección de población al periodo de diseño en hab

C = Es el coeficiente de retorno estipulado por el RAS.

D = Es la dotación en l/hab.día.

## Cuadros de cálculo

Los cálculos hidráulicos se presentarán de forma ordenada y resumida en cuadros sinópticos. Si se utilizan computadoras, se añadirán todas las aclaraciones necesarias para hacer los resultados claramente comprensibles.

## **Modelos de configuración de alcantarillados**

El sistema debe ajustarse a la topografía del lugar. No existe una regla general, ya que el diseño debe ser específico para cada ubicación. Sin embargo, hay algunos tipos de diseño que se pueden utilizar como guía.

### **2.5 Marco Legal**

El siguiente punto se abordará leyes y reglamentos que rigen en el ámbito social de ética, técnicas y ambientales que se deben abordar y sustentan la viabilidad del proyecto. En este marco, la presente tesis se propone explorar y aplicar de manera responsable los fundamentos legales que gobiernan el ámbito de la ingeniería.

#### **Constitución de la República del Ecuador.**

Este compuesto por leyes basándose en principios y normas fundamentales que rigen el ordenamiento jurídico, además de un marco legal para el tratamiento de aguas residuales y la responsabilidad que esta conlleva para el medio ambiente.

- Art. 12.- subraya que el derecho humano al agua es esencial y no puede ser renunciado. El agua se considera un bien estratégico del patrimonio nacional de uso público, y se establece como inalienable, imprescriptible e inembargable, reconociéndola como un elemento esencial para la existencia misma.
- Art. 14.- Establece el reconocimiento del derecho de la población a residir en un entorno saludable y equilibrado desde el punto de vista ecológico, asegurando la sostenibilidad y la búsqueda del buen vivir, conocido como *sumak kawsay*.
- Art. 15.- Decreta que el Estado fomentará, tanto en el ámbito público como en el privado, la adopción de tecnologías que sean respetuosas con el medio ambiente, así como el uso de energías alternativas que no generen contaminación y tengan un impacto ambiental reducido. Se enfatiza que la soberanía energética no debe comprometer la soberanía alimentaria ni afectar el derecho al agua.

## **Referente a la Salud**

- Art. 32.- establece que el Estado garantiza el derecho a la salud, y este se relaciona con el ejercicio de otros derechos, como el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo social, los ambientes saludables, y otros que respaldan la consecución del buen vivir.

## **Título V - Capítulo cuarto:**

- Art. 264.- Establece que los gobiernos municipales tendrán competencias exclusivas, sin menoscabo de otras que la ley pueda determinar. Estas competencias incluyen la prestación de servicios públicos como agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, gestión de desechos sólidos, actividades relacionadas con el saneamiento ambiental, y cualesquiera otras que la legislación disponga.
- Art. 276.- 4. Plantea la necesidad de restaurar y preservar la naturaleza, asegurando un entorno saludable y sostenible. Este objetivo tiene como finalidad garantizar a las personas y comunidades un acceso equitativo, constante y de calidad a recursos como el agua, el aire y el suelo, así como a los beneficios derivados de los recursos subterráneos y el patrimonio natural.

## **Capítulo quinto:**

Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas.

- Art. 314.- Determina que el Estado asumirá la responsabilidad de proporcionar servicios como agua potable, riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y otros que la ley determine. El Estado se compromete a asegurar que la prestación de servicios públicos cumpla con los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. Asimismo, se

encargará de garantizar que los precios y tarifas de estos servicios sean justos, estableciendo su control y regulación.

### **Normas INEC “(CPE 5 –PARTE 9. 1: 1192)”**

- Mediante estas normas se determinan los parámetros de diseño para la planificación de sistemas de suministro de agua potable y tratamiento de aguas residuales destinadas a comunidades con una población superior a 1000 habitantes.

### **El Acuerdo 061 reforma del libro vi del texto unificado de legislación secundaria.**

- Sección III: Calidad de componentes abióticos – referente al Agua:
- Art. 209.- Aborda la calidad del agua como las propiedades físicas, químicas y biológicas que determinan su composición, asegurando que sea adecuada para mantener la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. La evaluación y supervisión de la calidad del agua se llevarán a cabo mediante procedimientos analíticos, muestreos y monitoreo de descargas, vertidos y cuerpos receptores.
- Art. 210.- Prohíbe la liberación de sustancias que excedan los límites permitidos o los criterios de calidad indicados en este Libro, así como en las normativas técnicas o anexos aplicables.
- Art. 211.- Se refiere al tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales. En colaboración con la Agencia de Regulación y Control del Agua, la Autoridad Ambiental Competente supervisará que los Gobiernos Autónomos Descentralizados cumplan con las normas técnicas en las descargas provenientes de los sistemas de tratamiento implementados.

### **El Código Orgánico De Organización Territorial, Autonomía Y Descentralización (COOTAD)**

El COOTAD establece la organización político-administrativa del Estado ecuatoriano, define los diferentes niveles de gobierno autónomo descentralizado y los

regímenes especiales, con el fin de garantizar su autonomía política, administrativa y financiera.

#### Capítulo IV: Del Ejercicio de las Competencias Constitucionales

- Art. 136.- Se refiere al ejercicio de las competencias de gestión ambiental. Los gobiernos autónomos descentralizados municipales implementarán de manera gradual sistemas integrales de gestión de desechos con el objetivo de evitar vertidos contaminantes en cuerpos de agua como ríos, lagos, lagunas, quebradas, esteros o el mar. Esto incluye la eliminación de aguas residuales provenientes de redes de alcantarillado, ya sea público o privado, así como evitar el vertido en dichas redes de alcantarillado.
- Art. 137.- Establece que las responsabilidades para la prestación de servicios públicos relacionados con alcantarillado, depuración de aguas residuales, gestión de desechos sólidos y actividades de saneamiento ambiental, en todas sus etapas, recaerán en los gobiernos autónomos descentralizados municipales, quienes aplicarán sus propias normativas. Cuando estos servicios se ofrezcan en las parroquias rurales, será necesario coordinar con los gobiernos autónomos descentralizados parroquiales rurales.

### **Ley De Prevención Y Control De La Contaminación Ambiental**

#### **Capítulo III:** De la prevención y control de la contaminación de los suelos:

- Art. 11.- Para los efectos de esta Ley, serán consideradas como fuentes potenciales de contaminación, las substancias radioactivas y los desechos sólidos, líquidos o gaseosos de procedencia industrial, agropecuaria, municipal o doméstica.
- Art. 16.- Se concede acción popular para denunciar ante las autoridades competentes, toda actividad que contamine el medio ambiente.



**Ley Orgánica De Recursos Hídricos Usos Y Aprovechamiento Del Agua, establece:**

- Art. 11.- Aborda la infraestructura hidráulica, definiéndola como aquellas obras destinadas a diversas funciones, como la captación, extracción, almacenamiento, regulación, conducción y aprovechamiento de aguas, así como el saneamiento, depuración, tratamiento y reutilización de aguas utilizadas. También incluye aquellas obras orientadas a la recarga artificial de acuíferos, la intervención en cauces, la corrección de regímenes de corrientes y la protección contra inundaciones, como presas, embalses, canales, conducciones, depósitos para abastecer a poblaciones, sistemas de alcantarillado, colectores de aguas pluviales y residuales, instalaciones de saneamiento, depuración y tratamiento, estaciones de aforo, piezómetros y redes de control de calidad. Estas obras pueden ser de propiedad pública, privada o comunitaria, dependiendo de su constructor y financiamiento, pero su uso se considera de interés público y está regulado por la ley. En situaciones de estado de excepción o emergencia, cuando el Estado necesite asegurar el suministro de agua a la población afectada, la administración, mantenimiento y uso de toda infraestructura hidráulica podría ser llevada a cabo por el Estado, independientemente de su titularidad.
- Art. 18.- Detalla las competencias y facultades de la Autoridad Única del Agua, entre las cuales se encuentra la capacidad para definir mecanismos de coordinación y colaboración con los Gobiernos Autónomos Descentralizados en lo relacionado con la provisión de servicios públicos como riego, drenaje, suministro de agua potable, alcantarillado, saneamiento, depuración de aguas residuales, y otros servicios que la ley disponga.
- Art. 37.- Según esta Ley, los servicios públicos básicos incluirán aquellos relacionados con el suministro de agua potable y el saneamiento ambiental. La entrega de estos servicios implica la concesión de una autorización de uso.

## **CAPÍTULO III**

### **Marco Metodológico**

#### **3.1 Enfoque de la investigación**

Esta indagación se fundamentará en un método de análisis cuantitativo, dado que nos proponemos emplear herramientas como tablas y representaciones gráficas mediante el uso de un software especializado además de Google Earth y el software Global Mapper para determinar las curvas de nivel existente en el sector. Posteriormente, se llevará a cabo la compilación, procesamiento y organización meticulosa de todos los datos recopilados en el terreno, a través de la realización de diversos estudios. Este enfoque sistemático nos permitirá obtener una visión exhaustiva y detallada del estado actual del sistema, facilitando así la identificación de posibles áreas para mejorar y la formulación de estrategias eficaces para el rediseño necesario.

#### **3.2 Alcance de la investigación:**

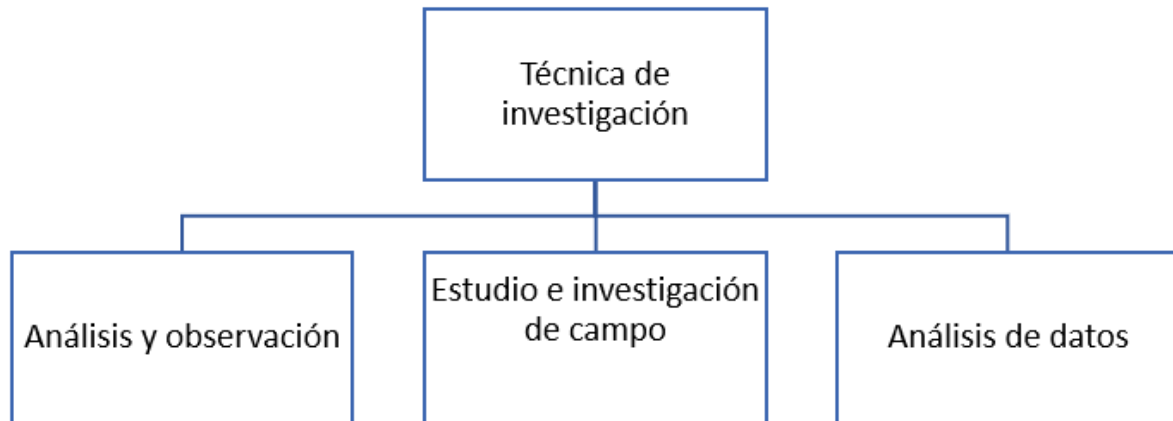
El objetivo primordial de esta investigación radicará en proporcionar un análisis comprensivo. La confirmación de la hipótesis propuesta se llevará a cabo mediante un meticoloso examen y confrontación de las diversas variables pertinentes. Además, se pretende realizar una evaluación precisa del impacto ambiental en la salud y vida cotidiana de los habitantes de la zona, al implementar un rediseño en la infraestructura, con el propósito de gestionar de manera efectiva las aguas servidas.

Se aspira a mejorar las condiciones de los habitantes y promover el desarrollo socioeconómico exitoso en un entorno propicio. La instauración de esta red de alcantarillado se concibe como un factor determinante para optimizar las condiciones ambientales y, de manera consecuente, contribuir al bienestar y prosperidad de la comunidad en cuestión.

### 3.3 Técnica e instrumentos para obtener los datos

**Figura 31**

*Técnicas de investigación*



Elaborado por: Sánchez, K (2024)

#### **Técnica de análisis y observación**

En el marco de esta investigación, optaremos por emplear la metodología de análisis y observación, basándonos en la capacidad visual para registrar de manera detallada los acontecimientos en una situación concreta. Este enfoque nos permitirá obtener una comprensión exhaustiva de los aspectos relevantes del sistema de alcantarillado sanitario que estamos analizando. Además, para potenciar la precisión y la objetividad de nuestros hallazgos, nos apoyaremos en la utilización de equipos de medición especializados. Estos dispositivos no solo facilitarán la recopilación de datos cuantitativos, sino que también contribuirán a garantizar la fiabilidad de nuestras observaciones.

Con el propósito de enriquecer la metodología de análisis y observación, integraremos el empleo de un software avanzado especialmente diseñado para la organización y análisis sistemático de la información recabada durante nuestras actividades de campo. Este software desempeñará un papel esencial al facilitar la estructuración de los datos, posibilitando así una evaluación más detallada y eficaz de los patrones emergentes y las tendencias observadas en el comportamiento del sistema.

La incorporación de este componente informático representa un avance significativo, ya que permitirá una interpretación más profunda de los datos recopilados, así como la identificación de relaciones y correlaciones que podrían no ser evidentes mediante métodos convencionales. La sinergia entre la observación visual detallada, las mediciones precisas y el análisis informático persigue proporcionar una base robusta para la identificación de áreas de mejora en el sistema de alcantarillado sanitario bajo estudio.

### **Estudio e investigación de campo**

Durante la ejecución de la fase de trabajo de campo, nuestra presencia fue fundamental para llevar a cabo las inspecciones necesarias en el área designada, permitiéndonos adquirir un conocimiento detallado de todos los procesos involucrados. La herramienta principal empleada para llevar a cabo estas mediciones Google Earth, la cual desempeña un papel crucial al realizar mediciones precisas y representaciones gráficas que capturan fielmente la realidad del diseño de la obra en cuestión.

La aplicación de la estación total como instrumento principal en nuestro estudio de campo ha sido esencial, ya que no solo nos proporciona información cuantitativa detallada, sino que también nos brinda una representación visual precisa de la topografía del área. Este proceso de medición y representación gráfica constituye la base sobre la cual se sustentará la posterior modelación del sistema de alcantarillado sanitario.

La información recopilada durante este exhaustivo estudio de campo se revela como un recurso invaluable con el propósito de realizar la modelación detallada del sistema. Este conocimiento adquirido durante las inspecciones, respaldado por la precisión de las mediciones mediante Google Earth para posteriormente trasladar los datos a Global Mapper, se convertirá en un componente esencial para alcanzar con éxito nuestro objetivo general de optimización y mejoramiento del sistema de alcantarillado sanitario en cuestión.

## **Análisis de datos**

En el contexto de esta investigación, la fase de procesamiento de datos se ejecutará mediante la integración de herramientas tecnológicas especializadas. La información recopilada, junto con su topografía correspondiente, será sometida a un análisis detallado utilizando el software AutoCAD y CivilCad 3D, desempeñando un papel esencial en la creación y diseño meticuloso de planos que reflejan con precisión la configuración del área bajo estudio.

Simultáneamente, para abordar los diversos cálculos y tabulaciones necesarias con el objetivo de lograr una comprensión más profunda de la información recolectada, nos apoyaremos en la versatilidad de la herramienta Excel. Este software no solo proporcionará una plataforma eficiente para realizar los cálculos requeridos, sino que también contribuirá a un mayor entendimiento de los datos, facilitando la identificación de patrones y tendencias relevantes.

En el ámbito de la modelación de una red sanitaria, se implementará el software SewerGEMS, el cual se erige como una herramienta especializada para este propósito. Este software permitirá llevar a cabo una representación virtual del sistema, posibilitando la simulación y análisis detallado de su funcionamiento. La combinación de estas herramientas tecnológicas en la fase de procesamiento de datos y modelación contribuirá de manera significativa a la obtención de resultados precisos y a la formulación de recomendaciones sólidas para la mejora red en estudio.

### **3.4 Población y muestra**

#### **Población**

El cantón Milagro, ubicado en la provincia del Guayas, Ecuador, está conformado por cuatro parroquias: tres rurales y una urbana.

Las parroquias rurales son:

**Chobo:** Se encuentra al norte del cantón, limitando con el río Guayas. Es una zona agrícola y ganadera, y su principal actividad económica es la producción de arroz.

**Roberto Astudillo:** Se encuentra al sur del cantón, limitando con el cantón El Triunfo. Es una zona de transición entre la zona urbana y la zona rural, y su principal actividad comercial es la venta de sus productos generados por la agricultura.

**Mariscal Sucre:** Se ubica al este del cantón, limitando con el cantón Naranjal. Es una zona agrícola y ganadera, y su principal actividad económica es la producción de cacao.

**Milagro:** Es la cabecera cantonal y la ciudad más poblada del cantón. Es un centro comercial, industrial y cultural importante.

Según el (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2010) de Ecuador, en el año 2010, el cantón Milagro tenía una población total de 166.634 personas, distribuidas entre las áreas urbana y rural.

### **Muestra**

En el sector la lolita se encuentra ubicado en el norte de la ciudad, en la actualidad está conformada por 31 manzanas en el cual están asentadas 158 familias, con una población de 1556 habitantes por lo cual es necesaria la implementación del proyecto de diseño de redes de alcantarillado sanitario, Este proyecto debe demostrar su viabilidad en términos técnicos, económicos y ambientales, con una duración estimada de 20 años.

La muestra se obtuvo mediante la aplicación de la siguiente fórmula, permitiendo extraer una representación de la totalidad de la población:

**Fórmula:**

$$n = \frac{N \times Za^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Za^2 \times p \times q}$$

**Donde:**

N= Total de población (1556 habitantes)

Za= Nivel de confianza 95% (Su coeficiente sería de 1,96)

P= Proporción esperada (Probabilidad a favor 50% = 0,5)

q= Probabilidad de fracaso 50% = 0,5

d= Error de muestra (precisión 5% = 0.05)

n= Resultado de la muestra (número de personas a encuestar)

Reemplazado:

$$n = \frac{1556 \times 1,96^2 \times 0,50 \times 0,50}{0,05^2 \times (1556 - 1) + 1,96^2 \times 0,50 \times 0,50}$$

$$n = 308,25 = 309$$

A partir de la evaluación de la muestra, se decidió realizar encuestas a un total de "309" individuos, representativos de la población completa de 1.556 habitantes en el sector La Lolita.

## CAPÍTULO IV PROPUESTA

Se expondrá los datos obtenidos y análisis de los resultados.

### 4.1 Presentación y análisis de resultados

#### Pregunta 1

¿En la actualidad, dispone de un sistema de aguas residuales en su hogar?

Tabla 8

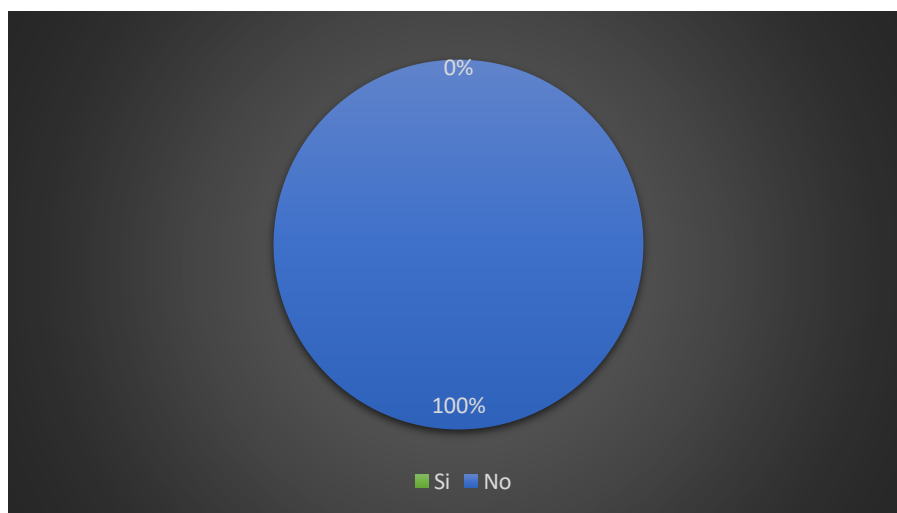
*Sistema de alcantarillado en el sector*

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Si	0	0%
No	309	100%
	309	100%

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

Figura 32

*Porcentaje de hogares que no cuentan con un sistema*



Elaborado por: Sánchez, K (2024)

#### Análisis:

El 100% de los habitantes no cuentan con un sistema de evacuación de aguas residuales.



## Pregunta 2

¿Conoce usted que es un sistema de alcantarillado sanitario?

**Tabla 9**

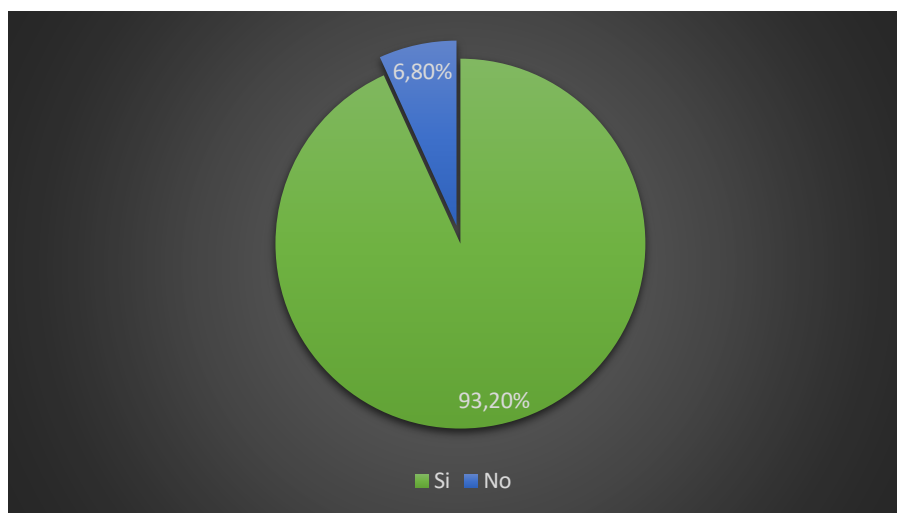
*Conocimiento de sistema de alcantarillado*

Opciones	Cantidad	Porcentaje
<b>Si</b>	288	93,20%
<b>No</b>	21	6,80%
	309	100%

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

**Figura 33**

*Conocimiento de un sistema de alcantarillado*



Elaborado por: Sánchez, K (2024)

### **Análisis:**

El 93,20% de las personas muestran un conocimiento positivo acerca de lo que implica un sistema de alcantarillado, evidenciando un alto grado de familiaridad, mientras que un 6,80% de la muestra indica desconocimiento en este aspecto.

### Pregunta 3

#### ¿Cómo se deshace de las aguas servidas de su vivienda?

Tabla 10

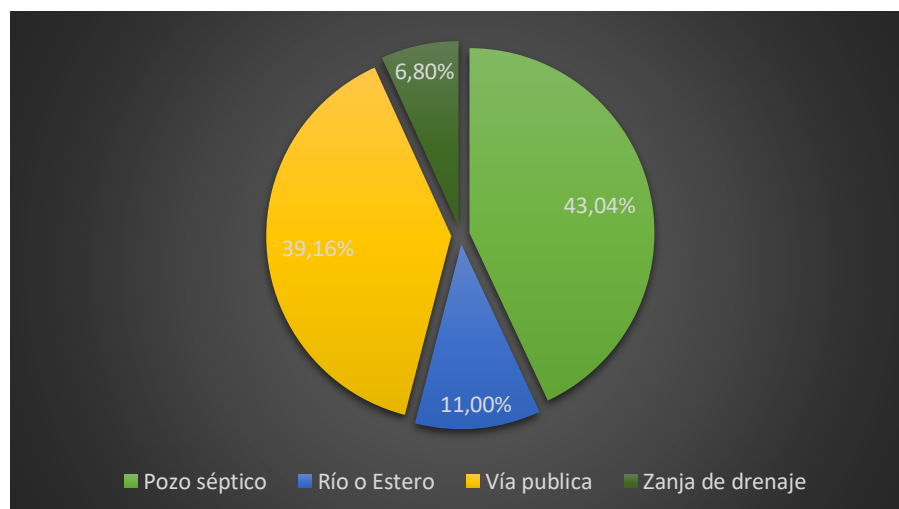
Tipo de evacuación de aguas residuales usado por los moradores

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Fosa séptica	133	43,04%
Río o Estero	34	11,00%
Vía pública	121	39,16%
Zanja de drenaje	21	6,80%
	309	100%

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

Figura 34

Métodos de evacuación de aguas residuales usados



Elaborado por: Sánchez, K (2024)

#### Análisis:

El análisis de las respuestas a la pregunta sobre la gestión de aguas residuales revela una variedad de métodos utilizados por la comunidad encuestada. Un 43,04% señala que realiza la eliminación de estas aguas mediante fosas sépticas, el 39,16% realiza la descarga de las aguas en la vía pública provocando que surjan enfermedades, un 11,00% menciona el uso de ríos/esteros contaminando estos cuerpos de agua, y un 6,80% recurre a zanjas de drenaje.

#### Pregunta 4

¿Considera que la implementación de un sistema de saneamiento de aguas residuales en el sector La Lolita es necesaria?

Tabla 11

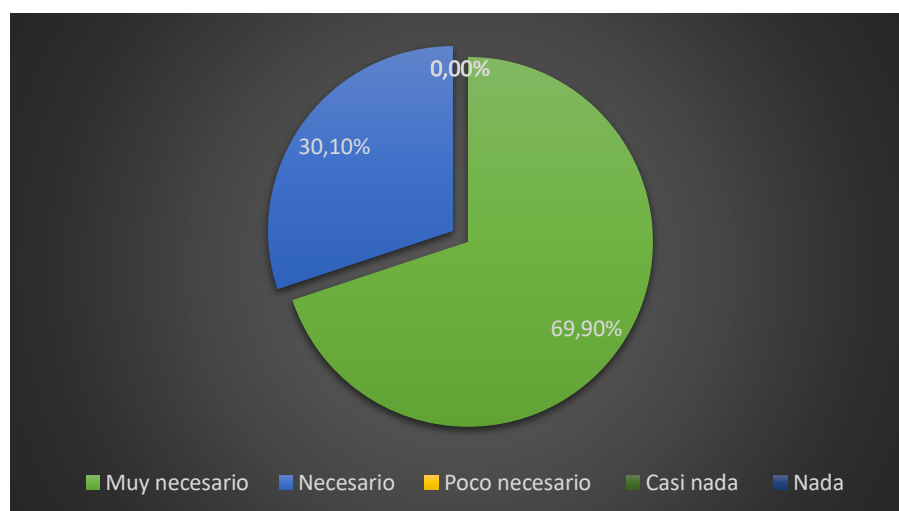
*Necesidad de implementar un sistema de aguas residuales*

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Muy necesario	216	69,90%
Necesario	93	30,10%
Poco necesario	0	0%
Casi nada	0	0%
Nada	0	0%
	309	100%

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

Figura 35

*Necesidad de implementar un sistema de aguas residuales*



Elaborado por: Sánchez, K (2024)

#### Análisis:

La percepción de la comunidad en relación con la importancia es notable, ya que un significativo 69,90% de los encuestados expresó la opinión de que este tipo de sistema es catalogado como muy necesario, mientras que el 30,10% de los encuestados considera que un sistema de este tipo es simplemente "necesario"

### Pregunta 5

¿Qué grado de contaminación considera usted que se encuentra el estero Milagro ubicado al norte del sector, debido a que los moradores realizan la descarga de las aguas servidas?

Tabla 12

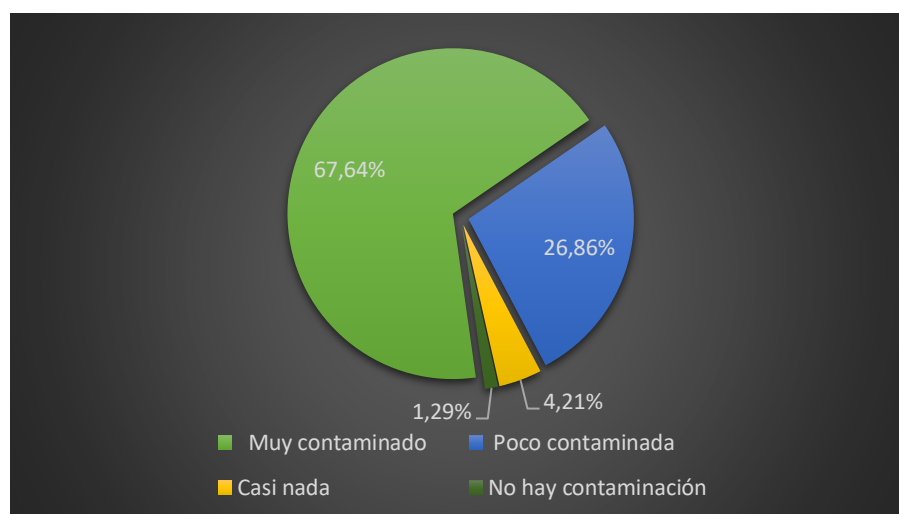
Contaminación en el estero Milagro

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Muy contaminado	209	67,64%
Poco contaminado	83	26,86%
Casi nada	13	4,21%
No hay contaminación	4	1,29%
	309	100%

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

Figura 36

Consideración de contaminación expuesta por los moradores



Elaborado por: Sánchez, K (2024)

### Análisis:

Existe respuestas variadas referente a la contaminación del estero Milagro, el 67,64% considera que este cuerpo de agua se encuentra muy contaminada por las aguas residuales, mientras que el 26,86% expresa que la contaminación es poca, por otro lado, el 4,21% y el 1,29% de los encuestados determina que no hay contaminación, aluden que existe vida acuática como peses y anfibios.

## Pregunta 6

¿Qué grado de contaminación considera usted que se encuentra el sector por la descarga de aguas servidas en la vía pública?

Tabla 13

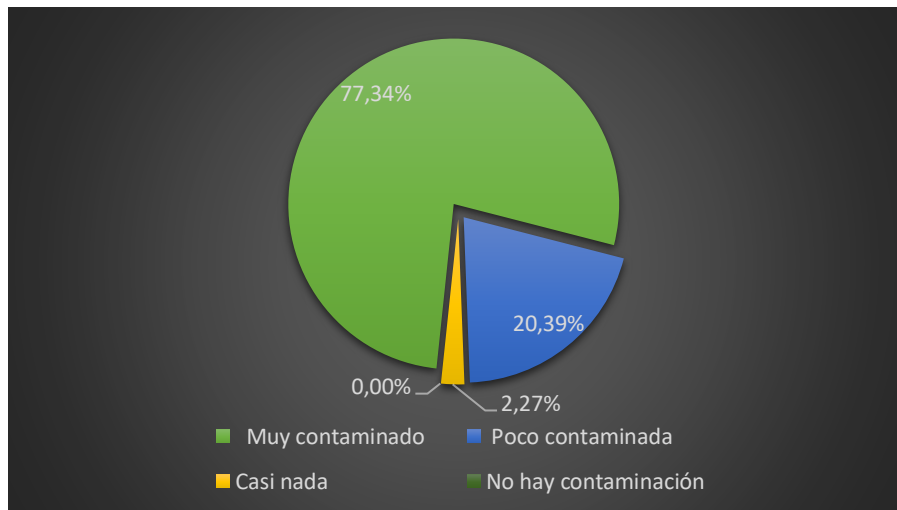
Contaminación en el sector

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Muy contaminado	239	77,34%
Poco contaminado	63	20,39%
Casi nada	7	2,27%
No hay contaminación	0	0%
	309	100%

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

Figura 37

Consideración de contaminación expuesta por los moradores



Elaborado por: Sánchez, K (2024)

### Análisis:

Usualmente, las aguas servidas que expulsan las viviendas se encuentran empozadas contaminando la vía pública y el suelo, los datos obtenidos mediante la encuesta fueron que el 77,34% considera que está completamente contaminada la capa superficial de la tierra, pero el 20,39% considera que la contaminación es baja, no obstante, el 2,27% expuso que casi no existe contaminación.

## Pregunta 7

¿Está de acuerdo con la idea de que la implementación de un sistema de alcantarillado mejoraría la imagen ambiental de su sector?

Tabla 14

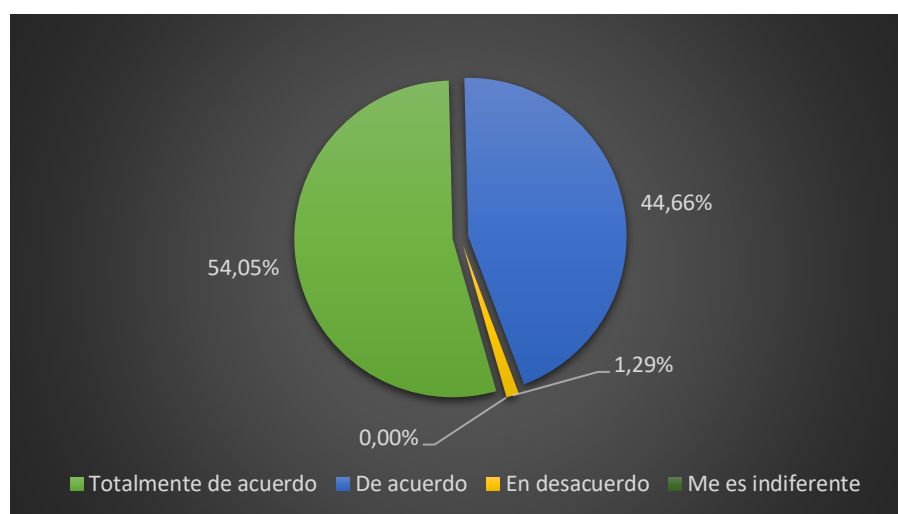
*Imagen ambiental*

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	167	54,05%
De acuerdo	138	44,66%
En desacuerdo	4	1,29%
Me es indiferente	0	0%
	309	100%

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

Figura 38

*Porcentaje de importancia ambiental*



Elaborado por: Sánchez, K (2024)

### Análisis:

Vivir en entorno donde no existe contaminación alza las expectativas de la comunidad, en esta encuesta los censados determinaron que en un rango casi equilibrado que está totalmente de acuerdo (54,05%) y de acuerdo (44,66%), en que mejoraría la imagen, por otro lado, tan solo el 1,29% está en desacuerdo, indicado que también sería factible realizar el asfaltado de las calles.

## Pregunta 8

¿Cree usted que la falta de alcantarillado incide en la valoración de la propiedad en su comunidad?

Tabla 15

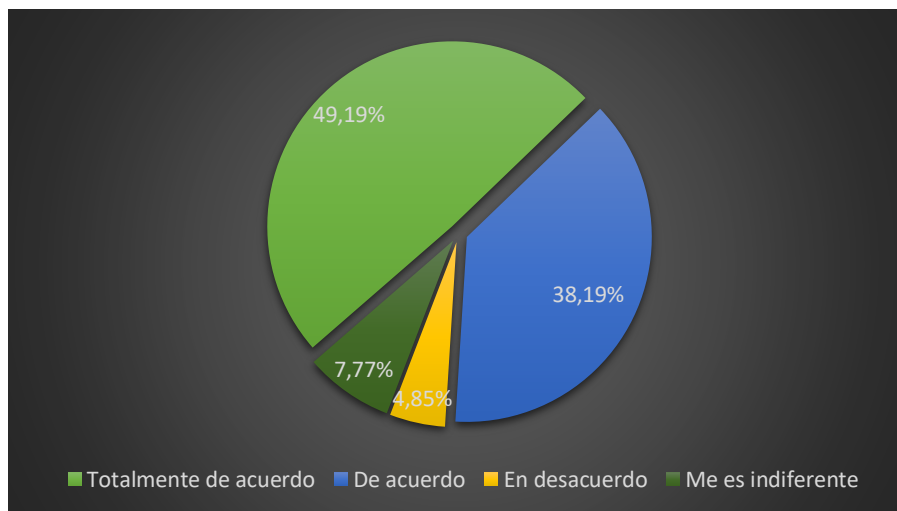
Valoración de las propiedades

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	152	49,19%
De acuerdo	118	38,19%
En desacuerdo	15	4,85%
Me es indiferente	24	7,77%
	309	100%

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

Figura 39

Porcentaje de encuesta de valoración de las propiedades



Elaborado por: Sánchez, K (2024)

### Análisis:

La valoración de una propiedad sube referente a la ubicación y los serbios básicos que tiene, en este caso el sector la Lolita no cuenta, por lo cual el 49,19% manifiesta que está totalmente de acuerdo que subiría el avalúo de la propiedad, el 38,19% está en acuerdo en el alza del precio, el 7,77% le es indiferente indicando que tendría que pagar precios de predio un poco altos, el mismo criterio mantiene el 4,85% de los encuestados.

### Pregunta 9

¿Cree que las aguas residuales estancadas en su sector provocan enfermedades y malos olores?

Tabla 16

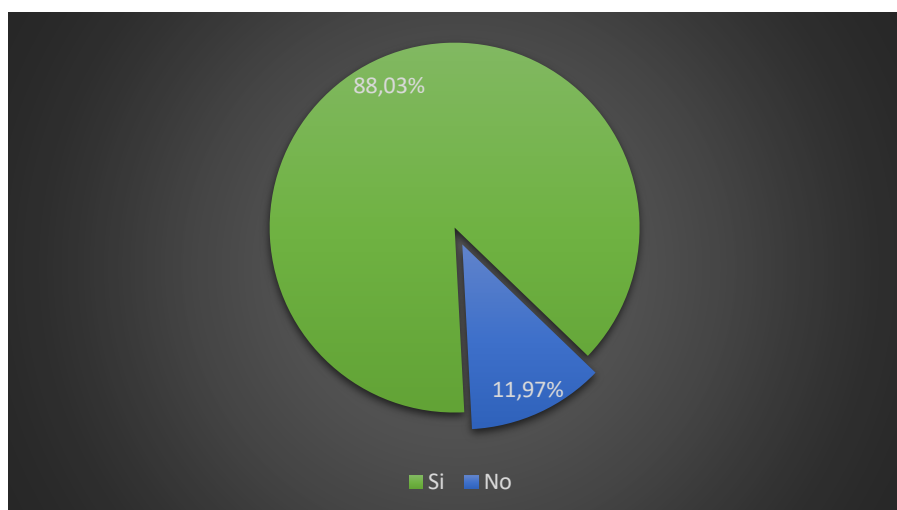
Condiciones del sector

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Si	272	88,03%
No	73	11,97%
	309	100%

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

Figura 40

Porcentaje de valoración de condiciones del sector



Elaborado por: Sánchez, K (2024)

### Análisis:

Las encuestas reflejaron porcentajes un poco diversos referentes a la contaminación del sector, el 88,03% de los encuestados expresa que estas aguas residuales provocan enfermedades, malestares y enfermedades, por otro lado, solo el 11,97% opina que no.



## Pregunta 10

**¿Considera que la falta de un sistema de alcantarillado afecta significativamente la calidad de vida en su comunidad?**

**Tabla 17**

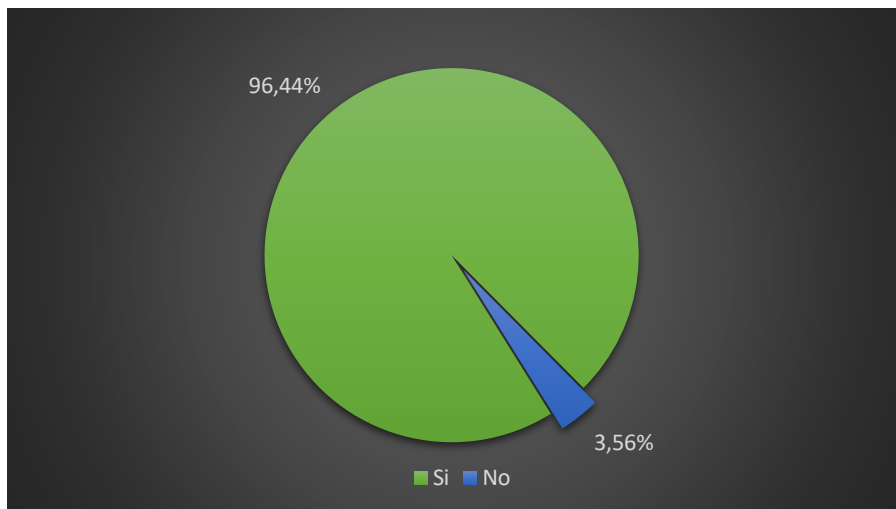
*Calidad de vida*

Opciones	Cantidad	Porcentaje
Si	298	94,44%
No	11	3,56%
	309	100%

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

**Figura 41**

*Porcentaje de calidad de vida según los moradores*



Elaborado por: Sánchez, K (2024)

### **Análisis:**

La calidad de vida es principal para el bienestar de un sector, dando un 96,44% de los censados determina que, si es necesario para un buen vivir del sector, pero el 3,56% menciona que no, acotando que se necesita más servicios básicos.

## Antigua propuesta de sistema de alcantarillado para el sector

En el 2013, se propuso un plan de diseño para el sistema de alcantarillado en la zona de La Lolita, el cual se destacaba por ser un sistema combinado mixto. Su principal función consistía en manejar las aguas residuales, dirigiéndolas hacia el río Milagro para su evacuación. Lo distintivo de este diseño residía en su recorrido, que se extendía a lo largo de 2100 metros hasta llegar al punto final de descarga en el río.

El sistema de alcantarillado combinado mixto implicaba la conducción conjunta de las aguas pluviales y las aguas residuales domésticas sin ser tratadas, el cual podría generar un preocupante impacto ambiental, ya que la descarga directa de aguas residuales al río podría resultar en la contaminación del mismo. El hecho de combinar aguas pluviales con aguas residuales domésticas para ser vertidas en el río Milagro podría introducir contaminantes y materiales no tratados en el cuerpo de agua, afectando negativamente la calidad del mismo y potencialmente, causando impactos adversos en el ecosistema acuático.

### Figura 42

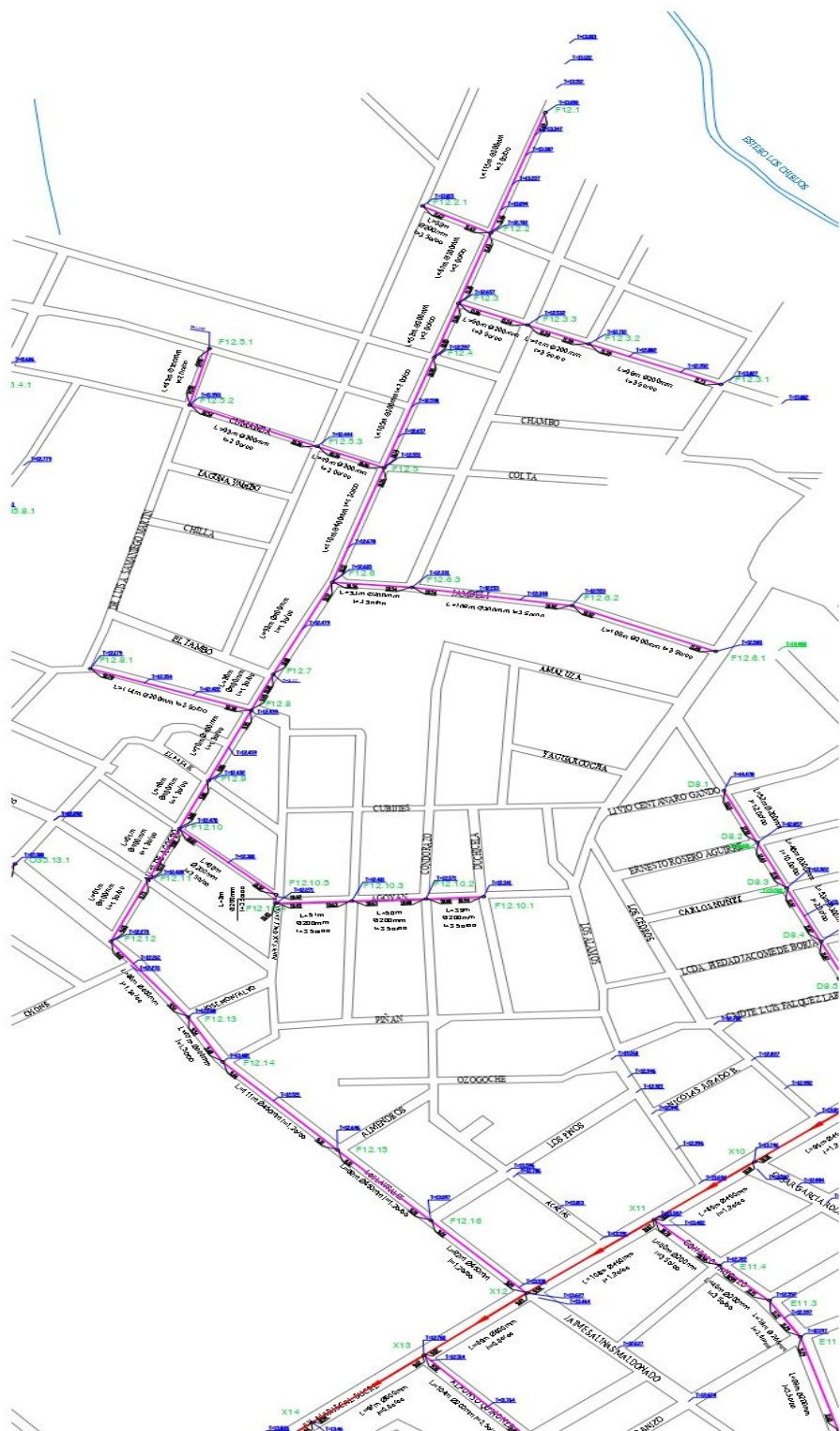
*Diseño 2013 zona norte*



Elaborado por: Sánchez, K (2024)

Dicho sistema estuvo evaluado en el año 2013, la cual en su momento estuvo diseñado para una población de 979 habitantes.

**Figura 43**  
Trazado de red del sector la Lolita



Elaborado por: Sánchez, K (2024)

## 4.2 Propuesta

Se plantea la reestructuración del sistema de alcantarillado sanitario en el área, con el fin de satisfacer de manera óptima las necesidades presentes y futuras del sector. Este rediseño se propone con el objetivo de mejorar la eficiencia y funcionalidad del sistema, garantizando una gestión adecuada de las aguas residuales y contribuyendo así a la preservación del medio ambiente y al bienestar de la comunidad.

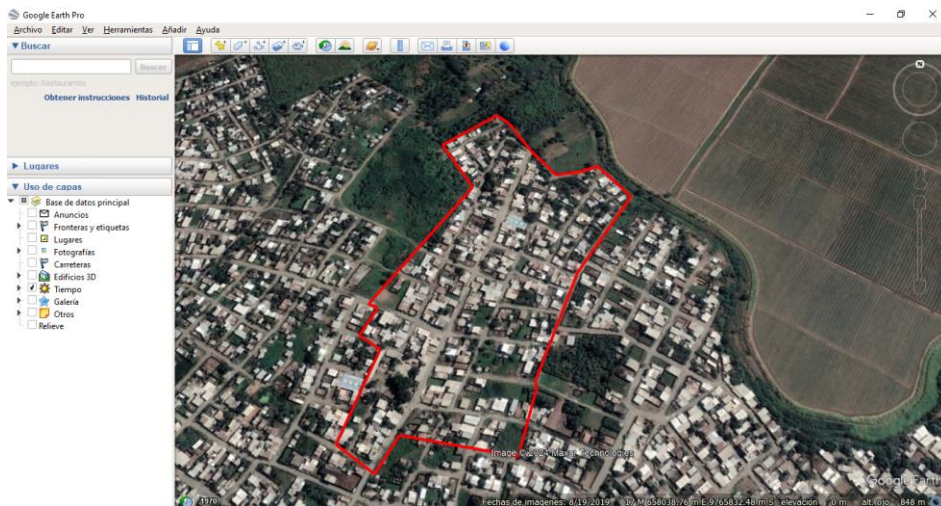
### 4.2.1 Análisis y delimitación del terreno

#### Delimitación del terreno

Utilizando la herramienta Google Earth, se nos brinda la facilidad de delimitar el sector a intervenir de una manera más específica para realizar el diseño sanitario.

**Figura 44**

*Delimitación del sector*



Fuente: Google Earth Pro, (2024)

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

Luego de esta etapa inicial, se lleva a cabo el proceso de delimitación de las manzanas y lotes que conforman el área de interés. Este paso implica la definición precisa de los límites de cada manzana y lote, identificando claramente su extensión y configuración espacial, la cual quedará de la siguiente forma:

**Figura 45**  
*Delimitaciones de las manzanas y lotes del sector la Lolita*



Elaborado por: Sánchez, K (2024)

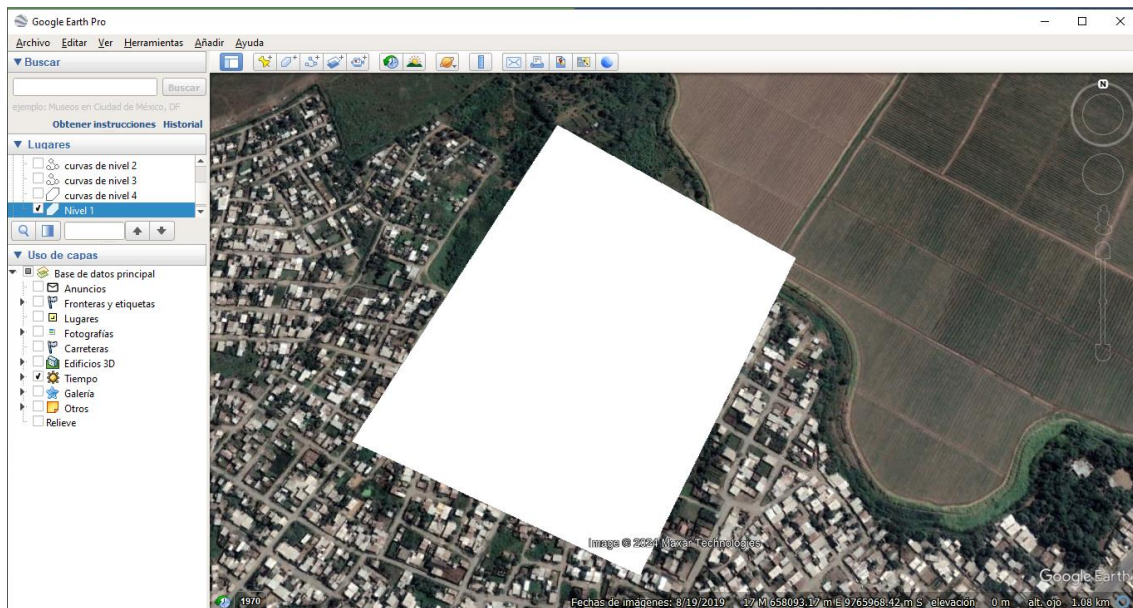
El sector cuenta con un área de 123,747.28 metros cuadrados y un perímetro de 1,700.76 metros lineales, conformado por 31 manzanas y 158 lotes.

### 4.3 Altimetría del terreno

Con el propósito de identificar y establecer las curvas de nivel en el terreno destinado al diseño, se empleará como herramienta inicial Google Earth. En esta fase, se procederá a delimitar la zona de interés mediante la creación de un polígono que abarcará la extensión territorial correspondiente.

**Figura 46**

*Polígono de intervención del sector la Lolita*

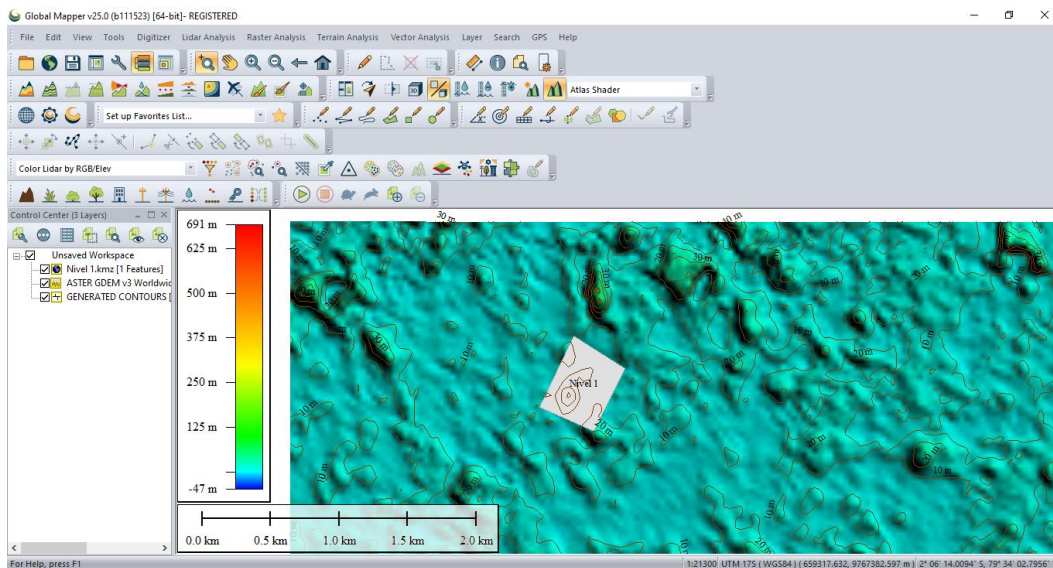


Fuente: Google Earth Pro (2024)

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

Posteriormente, se importan los datos en formato KMZ para la siguiente herramienta. Luego de guardar el archivo usamos el software Global Mapper el cual no ayuda a analizar datos topográficos y generar curvas de nivel o datos de elevación. Una vez importamos los datos al programa, siempre y cuando configurando el programa en unidades UTM y teniendo en cuenta que la ciudad de Milagro se encuentra ubicada en el hemisferio Sur. Luego de tomar en cuenta los parámetros antes mencionados cargamos el archivo KMZ y en el sistema de Global Mapper esta manera obtenemos las curvas de nivel.

**Figura 47**  
*Software Global Mapper*

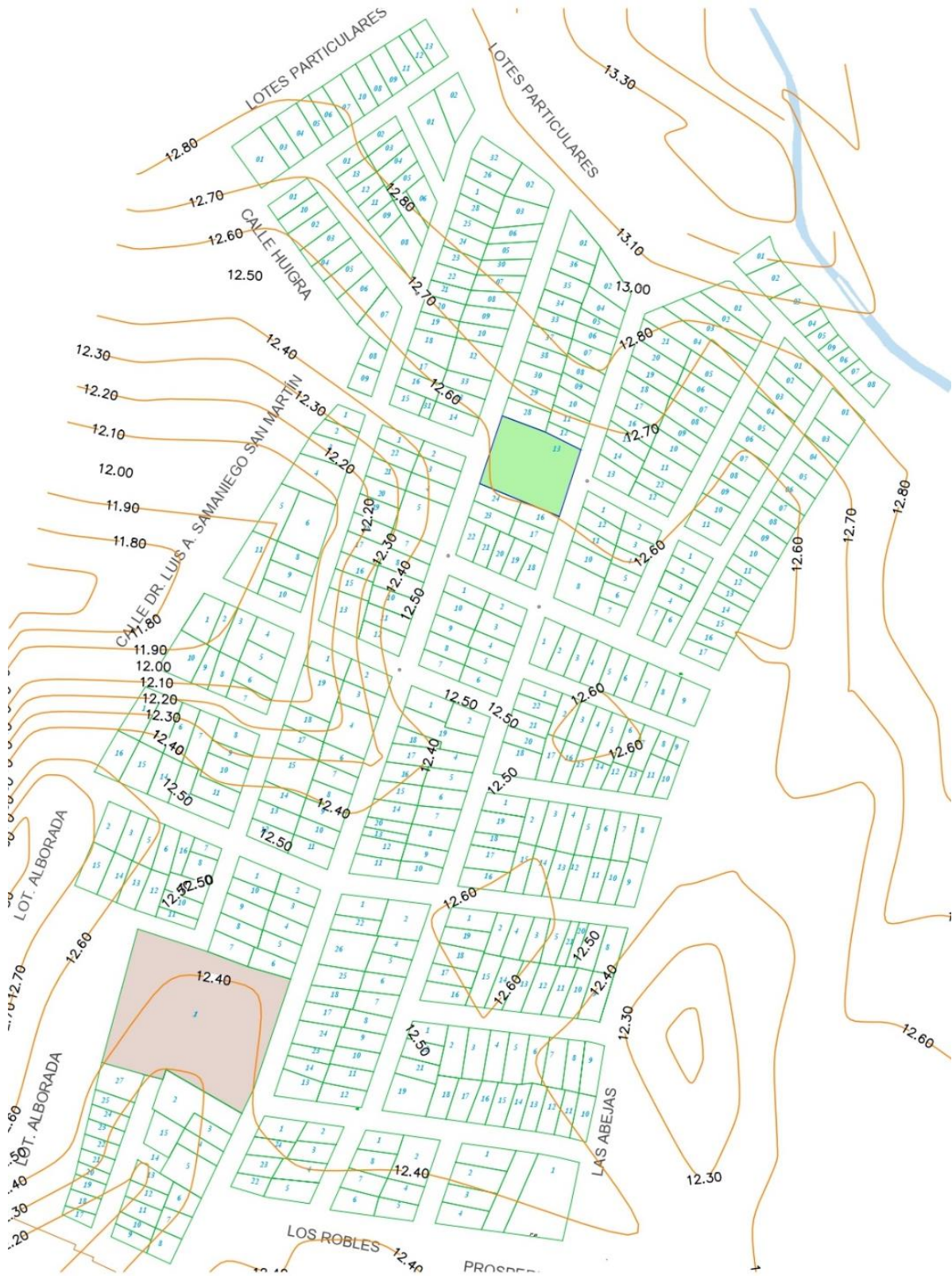


Elaborado por: Sánchez, K (2024)

Una vez que haya ejecutado las exportamos la información en archivo DWG, para luego ingresar la información en CivilCad. Dando como resultados lo niveles, Se examinan las líneas de nivel que corresponden al área sujeta a intervención, las cuales muestran una variación altitudinal que va desde los 12 metros sobre el nivel del mar hasta los 13 metros sobre el nivel del mar.

**Figura 48**

Curvas de nivel del sector la Lolita



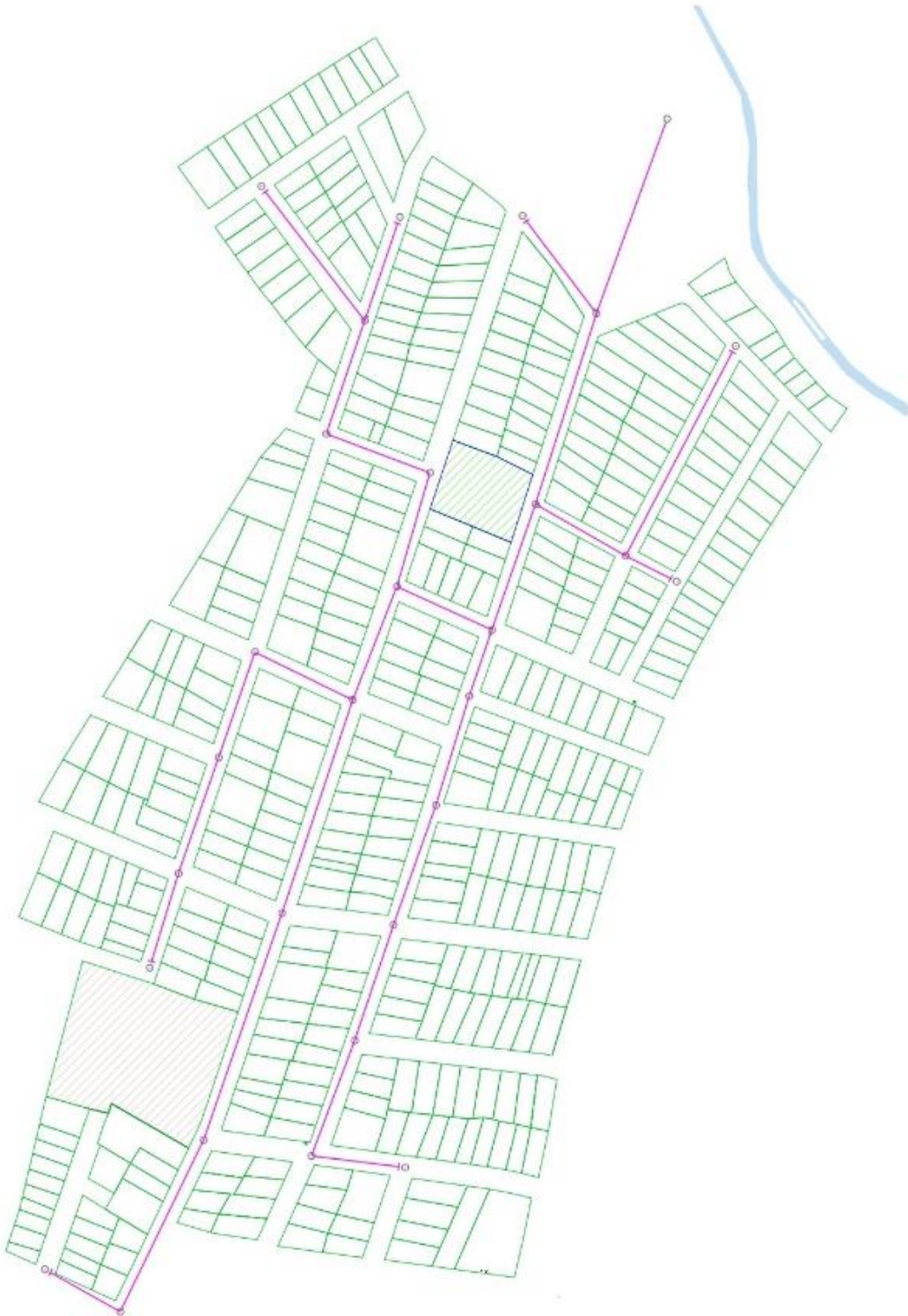
Elaborado por: Sánchez, K (2024)



#### 4.4 Trazado del diseño de la red principal

**Figura 49**

*Organización de los pozos de registro y trazado de red*



Elaborado por: Sánchez, K (2024)

## Calculo y periodo de diseño

**Tabla 18**

*Componentes de una red de suministro de agua potable*

COMPONENTE	VIDA ÚTIL (AÑOS)
Diques grandes y túneles	50 a 100
Obras de captación	25 a 50
Pozos	10 a 25
Conducciones de hierro dúctil	40 a 50
Conducciones de asbesto cemento o PVC	20 a 30
Planta de tratamiento	30 a 40
Tanques de almacenamiento	30 a 40
Tuberías principales y secundarias de la red:	
De hierro dúctil	
De asbesto cemento o PVC	40 a 50 20 a 25
Otros materiales	Variables de acuerdo especificaciones del fabricante

Fuente: INEN, (1992)

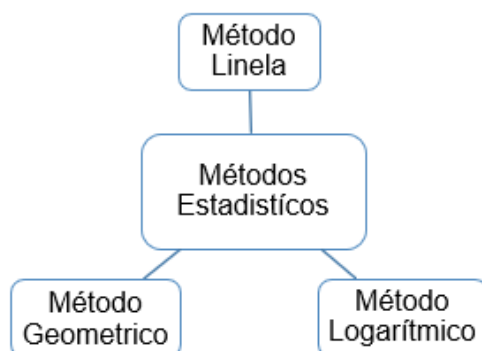
El proyecto en cuestión ha sido establecido con un período de diseño de 20 años.

### 4.5. Cálculo de población de diseño.

La población actual del área es de 1556 habitantes. Para calcular la población de diseño, se utilizará el promedio de tres métodos estadísticos diferentes.

**Figura 50**

*Métodos estadísticos a emplear*



Elaborado por: Sánchez, K (2024)

#### 4.5.1. Método Lineal

$$P_f = P_{uc} + k(T_f - T_{uc})$$

**Donde:**

$P_f$ : Población Futura.

$P_{uc}$ : Cantidad de habitantes registrados en el censo más reciente.

$T_f$ : Año de Proyección.

$T_{uc}$ : Año del censo más reciente.

$k$ : Taza de índice de crecimiento poblacional.

$$K = \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}}$$

**Donde:**

$P_{ci}$ : Población del censo inicial.

$T_{ci}$ : Año del censo inicial.

**Tabla 19**

*Uso de método lineal mediante Excel*

Años	Pci	Tasa de Crecimiento	Población Proyectada			
			2029	2034	2039	2044
2024	1556	1,50	1563,50	1571	1578,50	1586
Población Futura			1564	1571	1579	1586

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

#### 4.5.2 Método geométrico

$$P_f = P_{UC} \times [1 + r]^{(T_f - T_{uc})}$$

**Donde:**

$P_f$ : Población Futura.

$P_{uc}$ : Cantidad de habitantes registrados en el censo más reciente.

$T_f$ : Año de Proyección.

$T_{uc}$ : El año del censo más reciente.

$r$ : Taza de crecimiento poblacional (k).

$$r = \sqrt[n]{\frac{P_{uc}}{P_{ci}}} - 1$$

**Donde:**

$n$ : Periodo de diseño.

$P_{ci}$ : Población registrada del censo inicial.

$k$ : Taza de índice de crecimiento poblacional.

**Tabla 20**

*Método geométrico mediante Excel*

Años	Pci	Tasa de Crecimiento	Población Proyectada			
			2029	2034	2039	2044
2024	1556	1,5	1676,25	1805,80	1945,36	2095,71
<b>Población Futura</b>			1677	1806	1946	2096

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

### 4.5.3 Método logarítmico

$$P_f = P_{ci} \times e^{k \times (T_f - T_{ci})}$$

**Donde:**

$P_f$ : Población Futura.

$P_{ci}$ : Población registrada del censo inicial.

$T_f$ : Año de Proyección.

$$k = \frac{\ln(P_{cp}) - \ln(P_{ca})}{T_{cp} - T_{ca}}$$

**Donde:**

$P_{cp}$ : Número de habitantes contabilizados en el censo posterior.

$P_{ca}$ : Cantidad de habitantes registrados en el censo previo.

$T_{cp}$ : Año en que se llevó a cabo el censo más reciente.

$T_{ca}$ : Año en que se realizó el censo más reciente antes del último censo.

**Tabla 21**

*Método logarítmico mediante Excel*

Años	Pci	Tasa de Crecimiento	Población Proyectada			
			2029	2034	2039	2044
2024	1556	1,5	1677,19	1808	1948,61	2100,38
<b>Población Futura</b>			1678	1808	1949	2101

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

#### 4.5.4. Promedio de los métodos

Tabla 22

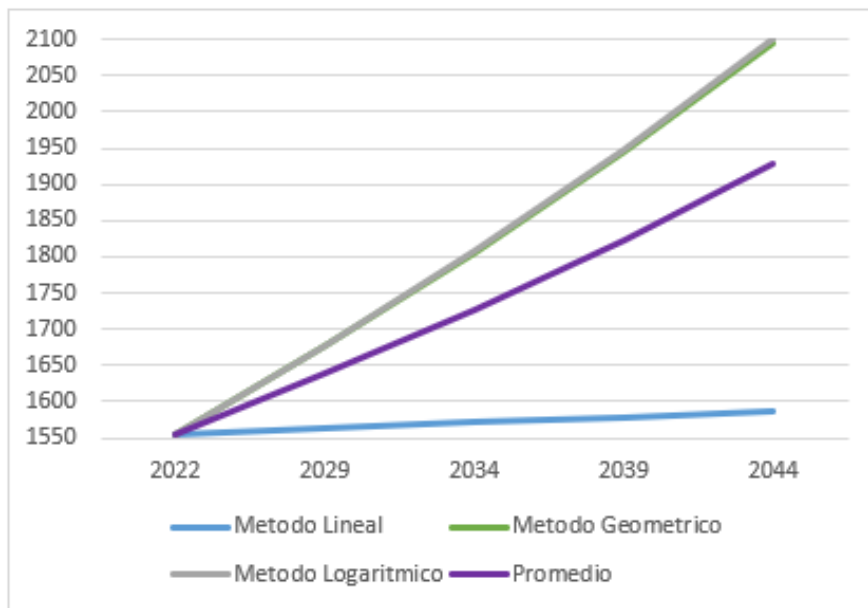
Promedio de los tres métodos estadísticos

Año	Metodo			Promedio
	Lineal	Geometrico	Logaritmico	
2022	1556	1556	1556	1556
2029	1564	1677	1677	1639
2034	1571	1806	1808	1728
2039	1579	1946	1949	1825
2044	1586	2096	2100	1927

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

Figura 51

Incremento demográfico



Elaborado por: Sánchez, K (2024)

Luego de aplicar los métodos estadísticos correspondientes, se determinó que la población proyectada es de 1927 habitantes. Este resultado, derivado de un análisis detallado de los datos demográficos disponibles, proporciona una estimación fundamentada y confiable sobre el tamaño de la población en cuestión.

## 4.6 Dotación

Tabla 23

*Dotaciones recomendadas*

POBLACIÓN (habitantes)	CLIMA	DOTACIÓN MEDIA FUTURA (l/hab/día)
Hasta 5000	Frío	120 – 150
	Templado	130 – 160
	Cálido	170 – 200
5000 a 50000	Frío	180 – 200
	Templado	190 – 220
	Cálido	200 – 230
Más de 50000	Frío	> 200
	Templado	> 220
	Cálido	> 230

Fuente: INEN, (1992)

Se opta por una dotación de 185 l/hab./día, el mismo que se encuentra dentro del rango sugerido de hasta 5000 para climas cálidos, garantiza un suministro adecuado de agua para las necesidades diarias de la población.

## 4.7 Coeficiente de retorno

En el proceso de diseño, se ha decidido implementar un factor de seguridad del 80% (0.8). Esta elección se basa en la necesidad de mitigar posibles riesgos y asegurar la robustez del proyecto ante condiciones variables o imprevistos. La aplicación de este factor permitirá un margen adicional de seguridad y confiabilidad en todas las etapas del proceso de diseño y construcción, según lo establecido en (INEN, 1992).

## 4.8. Cálculo de caudal de diseño

Tras llevar a cabo el levantamiento de datos, se ha determinado que no hay presencia de industrias, comercios ni instituciones en la zona estudiada. En consecuencia, se procederá únicamente a considerar la contribución doméstica

unitaria para el cálculo del caudal medio diario (CMD). Esta decisión se fundamenta en la ausencia de otros tipos de usuarios que pudieran afectar significativamente la estimación del flujo de agua requerido, permitiendo así una evaluación más precisa y específica de las necesidades hídricas de la población local.

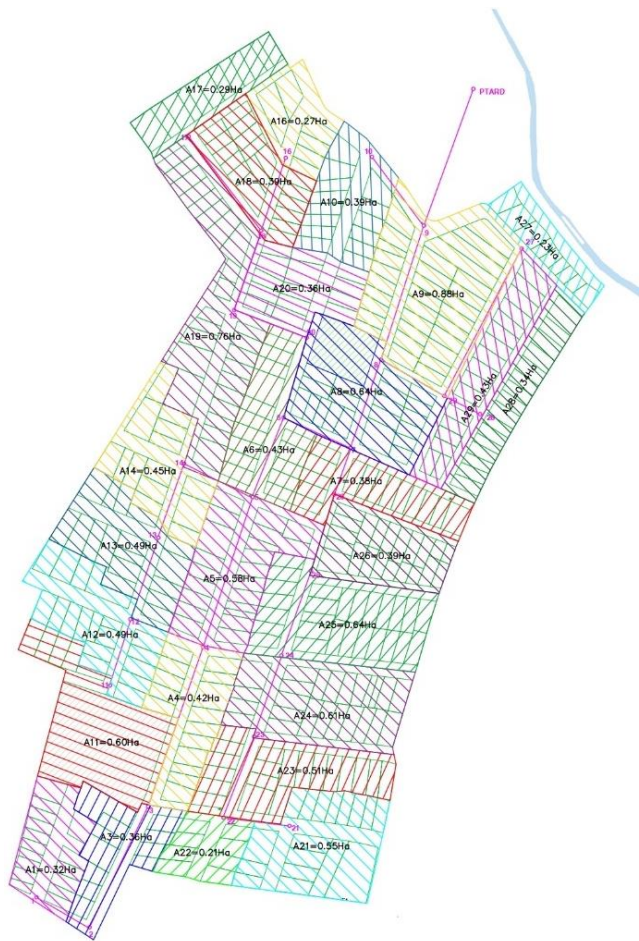
En el proceso de calcular el caudal de diseño para aguas residuales, se tomarán en cuenta el caudal máximo registrado en una hora, la cantidad de infiltración de agua al sistema y el flujo generado por conexiones erróneas. Estos factores son fundamentales para garantizar un diseño adecuado del sistema de alcantarillado, permitiendo gestionar eficientemente los momentos de mayor demanda, así como abordar posibles fugas y errores en la red de distribución.

#### **4.8.1 Área de drenaje**

Para realizar el cálculo se utilizó la herramienta Excel para poder formular tabular la información, se mostrará las columnas y los cálculos realizados.



**Figura 52**  
*Áreas de drenaje*



Elaborado por: Sánchez, K (2024)

### Detalles de cálculo

**Columna 1:** Identificación de todos los tramos de la red de alcantarillado mediante el número asignado a cada cámara correspondiente.

**Columna 2:** El área de contribución que será atendida por cada cámara, expresada en hectáreas.

**Columna 3:** Suma de áreas parciales, de acuerdo con la red de distribución, debe ser igual al área total del sector La Lolita, que es de 12.41 hectáreas.

#### 4.8.2 Aportes Medio Diario de Aguas Residuales

**Columna 4:** En este diseño, cada cámara tendrá asignado el 100% del área para uso doméstico.

**Columna 5:** La densidad poblacional se obtiene al dividir la población futura entre el área total disponible.

$$Densidad = \frac{Población\ futura}{Área\ total}$$

$$Densidad = \frac{1927}{12.41} = 155,32 \frac{hab}{ha}$$

**Columna 6:** La población servida se calculará multiplicando la densidad.

**Área parcial de la cámara.**

$$Población = Densidad \times Área\ parcial$$

$$Densidad = 155,32 \frac{hab}{ha}$$

$$Población = 155,32 \frac{hab}{ha} \times 0,32ha = 50\ hab$$

**Columna 7:** El aporte unitario de aguas servidas domestica se lo calculara de la siguiente manera:

$$Aporte\ unitario\ domestico = \frac{C_r \times C \times A_p \times D}{86400}$$

**Donde:**

$C_r$ : Coeficiente de retorno

$C$ : Consumo de agua potable

$D$ : Densidad poblacional

$A_p$ : Área parcial

$$Aporte\ unitario\ domestico = \frac{0.8 \times 185\ l/hab./día \times 0,32\ hab \times 155hab/ha}{86400}$$

$$Aporte\ unitario\ domestico = 0.0851\ l/s$$

**Columna 8:** El porcentaje del área asignado a cada cámara para uso industrial se establecerá como nulo en el diseño, dado que no hay presencia de industrias en el área intervenida.

**Columna 9:** No se toma en cuenta debida a que no existe área industrial y no hay descarga de aguas residuales industriales.

**Columna 10:** El porcentaje del área asignado a cada cámara para uso comercial se establecerá como nulo en el diseño, dado que no hay presencia de comercio en el área intervenida.

**Columna 11:** No se toma en cuenta debida a que no existe área comercial y no hay descarga de aguas residuales comerciales.

**Columna 12:** El porcentaje del área asignado a cada cámara para uso institucional se establecerá como nulo en el diseño, dado que no hay presencia de instituciones en el área intervenida.

**Columna 13:** No se toma en cuenta debida a que no existe área institucional y no hay descarga de aguas residuales institucionales.

**Columna 14:** Suministro de las áreas.

$$A_{Total} = A_{Domestica} + A_{Industrial} + A_{comercial} + A_{Institucional}$$

$$A_{Total} = 100 + 0 + 0 + 0 = 100\%$$

#### 4.8.3 Caudal medio diario de aguas residuales

**Columna 15:** La contribución ponderada por unidad es la totalidad de las contribuciones individuales de cada sector, multiplicadas por su respectiva área.

$$\begin{aligned} & \text{Aporte unitario ponderado} \\ = & (A_{Domestica} \times Ap_{Domestica}) + (A_{Industrial} \times Ap_{Industrial}) + (A_{comercial} \times Ap_{comercial}) \\ & + (A_{Institucional} \times Ap_{Institucional}) \end{aligned}$$

$$\text{Aporte unitario ponderado} = \left[ \left[ \left( \frac{100}{100} \right) \right] \times 0.0851 \frac{l}{s} \right] + (0 \times 0) + (0 \times 0) + (0 \times 0)$$

$$\text{Aporte unitario ponderado} = 0.0851 \text{ l/s}$$

**Columna 16:** El flujo promedio diario de aguas residuales se calculará multiplicando la contribución ponderada por unidad por el área parcial de cada cámara, y luego se sumará el caudal de aguas residuales proveniente de secciones anteriores del sistema, dependiendo del tramo de la red que se esté analizando.

$$cmd = (\text{Aporte unitario ponderado}) + \Sigma Qm_{\text{Aguas arribas}}$$

$$cmd = 0.0851 \text{ l/s} + 0$$

$$cmd = 0.0851 \text{ l/s}$$

#### 4.8.4 Caudal máximo horario de aguas residuales

**Columna 17:** El factor de aumento se calculará utilizando la ecuación de Harmon, diseñada para poblaciones que oscilan entre mil y un millón de habitantes.

$$F = \left[ \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}} \right]$$

**Donde:**

**F:** Coeficiente de mayoración.

**P:** Población de diseño dividido para miles de habitantes.

$$F = \left[ \frac{18 + \sqrt{\frac{1927}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{1927}{1000}}} \right]$$

$$F = 3.5982$$

El valor será uniforme en todos los segmentos, ya que en este diseño la densidad de población es homogénea.

**Columna 18:** El caudal máximo horario en litros por segundo se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de aumento.

$$CMH = cmd \times F$$

$$CMH = 0.0851 \text{ l/s} \times 3.5982$$

$$CMH = 0.3063$$

#### 4.8.5 Caudal de infiltración

**Columna 19:** El coeficiente de infiltración es el resultado de fugas en las conexiones y uniones deficientes de las cámaras y cajas domiciliarias. (INEN, 1992)

**Tabla 24***Contribución de infiltración por cada unidad de longitud de tubería*

<b>Condiciones</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
<b>Tubería existente</b>	4.0	3.0	2.0
<b>Tuberías nuevas con unión de:</b>			
<b>-Cemento</b>	3.0	2.0	1.0
<b>-Caucho</b>	1.5	1.0	0.5

Fuente: López Cualla, (2003)

En este diseño, se calculará el coeficiente de infiltración como 0.3 litros por segundo por hectárea.

**Columna 20:** El flujo de conexiones erróneas se calculará multiplicando el coeficiente de conexiones erróneas por el área total, dependiendo del tramo bajo análisis.

$$Q_{infiltración} = Coef_{conexiones.errada} \times Área_{total}$$

$$Q_{infiltración} = 0.3 \left( \frac{l}{s} \times ha \right) \times 0,32 hab$$

$$Q_{infiltración} = 0,096 \frac{l}{s}$$

#### 4.8.6 Caudal de conexión errada

**Columna 21:** Se determina un valor de 0.2 l/s x Ha, para el coeficiente de conexión erradas.

**Columna 22:** Conexión errada.

$$Q_{conexiones.errada} = Coef_{conexiones.errada} \times Área_{total}$$

$$Q_{conexiones.errada} = 2 \left( \frac{l}{s} \times ha \right) \times 0,32 hab$$

$$Q_{conexiones.errada} = 0,64 \text{ l/s}$$

#### 4.8.7 Caudal de diseño

**Columna 23:** Se determina con la sumatoria de caudal máximo hora, caudal de infiltración y caudal de conexión errada.

$$Q_{diseño} = CMH + Q_{infiltración} + Q_{conexiones.errada}$$

$$Q_{diseño} = 0,3063 \text{ l/s} + 0,096 \text{ l/s} + 0,64 \text{ l/s}$$

$$Q_{diseño} = 1,0423$$

**Columna 24:** El caudal de diseño es de  $Q_{diseño} = 1,5 \text{ l/s}$ .

**Tabla 25**

*Cálculo de diseño de red primaria y secundaria*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TRAMO	AREA PARCIAL (Ha)	AREA TOTAL (Ha)	AREA DOMESTICA (%)	DENSIDA D (h/Ha)	POBLACION (h)	APORTE UNITARIO DOMESTICO (L/s)	AREA INDUSTRIAL (%)	APORTE UNITARIO INDUSTRIAL (L/s*Ha)	AREA COMERCIAL (%)	APORTE UNITARIO COMERCIAL (L/s*Ha)	AREA INSTITUCIONAL (%)	APORTE UNITARIO INSTITUCIONAL (L/s*Ha)	AREA TOTAL (%)	APORTE UNITARIO PONDERADO (L/s)	CAUDAL MEDIO DIARIO AGUA RESIDUAL (L/s)	COEFICIENTE DE MAYORACION (F)	CAUDAL MAXIMO HORARIO (L/s)	COEFICIENTE DE INFILTRACION (L/s*Ha)	CAUDAL DE INFILTRACION (L/s)	COEFICIENTE DE CONEXIONES ERRADAS (L/s*Ha)	CAUDAL DE CONEXIONES ERRADAS (L/s)	CAUDAL DE DISEÑO CALCULADO (L/s)	CAUDAL DE DISEÑO (L/s)
1 - 2	0,32	0,32	100	155,32	50	0,0851	0	0	0	0	0	0	100	0,0851	0,0851	3,5982	0,3063	0,3	0,0960	2	0,640	1,0423	1,5
2 - 3	0,00	0,32	100	155,32	50	0,0000	0	0	0	0	0	0	100	0,0000	0,0851	3,5982	0,3063	0,3	0,0960	2	0,640	1,0423	1,5
3 - 4	0,36	0,68	100	155,32	106	0,0958	0	0	0	0	0	0	100	0,0958	0,1809	3,5982	0,6510	0,3	0,2040	2	1,360	2,2150	2,215
4 - 5	0,42	1,10	100	155,32	171	0,1117	0	0	0	0	0	0	100	0,1117	0,2927	3,5982	1,0530	0,3	0,3300	2	2,200	3,5830	3,583
11 - 12	0,60	0,60	6,12	155,32	93	0,1596	0	0	0	0	93,88	0	100	0,0098	0,0098	3,5982	0,0352	0,3	0,1800	2	1,200	1,4152	1,5
12 - 13	0,49	1,09	100	155,32	169	0,1304	0	0	0	0	0	0	100	0,1304	0,1401	3,5982	0,5042	0,3	0,3270	2	2,180	3,0112	3,011
13 - 14	0,49	1,58	100	155,32	245	0,1304	0	0	0	0	0	0	100	0,1304	0,2705	3,5982	0,9233	0,3	0,4740	2	3,160	4,6073	4,607
14 - 5	0,45	2,03	100	155,32	315	0,1197	0	0	0	0	0	0	100	0,1197	0,3902	3,5982	1,4041	0,3	0,6090	2	4,060	6,0731	6,073
5 - 6	0,58	3,71	100	155,32	576	0,1543	0	0	0	0	0	0	100	0,1543	0,8372	3,5982	3,0124	0,3	1,1130	2	7,420	11,5454	11,545
21 - 22	0,55	0,55	100	155,32	85	0,1463	0	0	0	0	0	0	100	0,1463	0,1463	3,5982	0,5265	0,3	0,1650	2	1,100	1,7915	1,792
22 - 23	0,21	0,76	100	155,32	118	0,0559	0	0	0	0	0	0	100	0,0559	0,2022	3,5982	0,7275	0,3	0,2280	2	1,520	2,4755	2,476
23 - 24	0,51	1,27	100	155,32	197	0,1357	0	0	0	0	0	0	100	0,1357	0,3379	3,5982	1,2158	0,3	0,3810	2	2,540	4,1368	4,137
24 - 25	0,61	1,88	100	155,32	292	0,1623	0	0	0	0	0	0	100	0,1623	0,5002	3,5982	1,7997	0,3	0,5640	2	3,760	6,1237	6,124
25 - 26	0,64	2,52	100	155,32	391	0,1703	0	0	0	0	0	0	100	0,1703	0,6704	3,5982	2,4124	0,3	0,7560	2	5,040	8,2084	8,208
26 - 7	0,39	2,91	100	155,32	452	0,1038	0	0	0	0	0	0	100	0,1038	0,7742	3,5982	2,7857	0,3	0,8730	2	5,820	9,4787	9,479
16 - 18	0,27	0,27	100	155,32	42	0,0718	0	0	0	0	0	0	100	0,0718	0,0718	3,5982	0,2585	0,3	0,0810	2	0,540	0,8795	1,5
17 - 18	0,29	0,29	100	155,32	45	0,0772	0	0	0	0	0	0	100	0,0772	0,0772	3,5982	0,2776	0,3	0,0870	2	0,580	0,9446	1,5
18 - 19	0,39	0,95	100	155,32	148	0,1038	0	0	0	0	0	0	100	0,1038	0,2527	3,5982	0,9094	0,3	0,2850	2	1,900	3,0944	3,094
19 - 20	0,76	1,71	100	155,32	266	0,2022	0	0	0	0	0	0	100	0,2022	0,4549	3,5982	1,6370	0,3	0,5130	2	3,420	5,5700	5,570
20 - 6	0,36	2,07	100	155,32	322	0,0958	0	0	0	0	0	0	100	0,0958	0,5507	3,5982	1,9816	0,3	0,6210	2	4,140	6,7426	6,743
6 - 7	0,43	6,21	100	155,32	965	0,1144	0	0	0	0	0	0	100	0,1144	1,5023	3,5982	5,4056	0,3	1,8630	2	12,420	19,6886	19,689
7 - 8	0,38	9,50	100	155,32	1475	0,1011	0	0	0	0	0	0	100	0,1011	2,3776	3,5982	8,5551	0,3	2,8500	2	19,000	30,4051	30,405
27 - 29	0,23	0,23	100	155,32	36	0,0612	0	0	0	0	0	0	100	0,0612	0,0612	3,5982	0,2202	0,3	0,0690	2	0,460	0,7492	1,5
28 - 29	0,34	0,34	100	155,32	53	0,0905	0	0	0	0	0	0	100	0,0905	0,0905	3,5982	0,3255	0,3	0,1020	2	0,680	1,1075	1,5
29 - 8	0,43	1,00	100	155,32	155	0,1144	0	0	0	0	0	0	100	0,1144	0,2660	3,5982	0,9573	0,3	0,3000	2	2,000	3,2573	3,257
8 - 9	0,64	11,14	79,69	155,32	1730	0,1703	0	0	20,31	0	0	0	100	0,1357	2,7793	3,5982	10,0007	0,3	3,3420	2	22,280	35,6227	35,623
10 - 9	0,39	0,39	100	155,32	61	0,1038	0	0	0	0	0	0	100	0,1038	0,1038	3,5982	0,3733	0,3	0,1170	2	0,780	1,2703	1,5
9 - PTARD	0,88	12,41	100	155,32	1927	0,2341	0	0	0	0	0	0	100	0,2341	3,1172	3,5982	11,2164	0,3	3,7230	2	24,820	39,7594	39,759

Elaborado por: Sánchez, K (2024)



## 4.9 Cálculo de red colectoras

**Columna 1:** Tramos de alcantarillado con numero asignado de cada cámara correspondiente.

**Columna 2:** Longitudes de cámaras, (longitud 39,83m).

**Columna 3:** Caudal de diseño.

$$Q_{diseño} = 1,5 \text{ l/s}$$

**Columna 4:** Pendiente del tramo en porcentaje.

$$S = 1,424\%$$

**Columna 5:** Determinación de diámetro mediante ecuación Mannung.

$$D = 1.548 \left( \frac{n \times Q}{S^2} \right)^{\frac{3}{8}}$$

**Donde:**

**D:** Sección (m).

**n:** Coeficiente de rugosidad de Manning.

**Q:** Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s).

**S:** Pendiente del tramo en porcentaje.

**Tabla 26***Características de la superficie*

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	VALOR DE n DE MANNING		
	MÍNIMO	MEDIO	MÁXIMO
Roca no revestida:			
- Canales bien recortados	0,02		0,025
- Canales en condiciones medias	0,025	0,033	0,035
- Canales excavados sin cuidado		0,04	0,045
Roca muy bien revestida:			
- Túneles a gravedad con gunita	0,022		0,03
- Túneles a gravedad con las paredes y la solera alisados	0,019	0,023	
Canales en tierra:			
- En arcilla bien compactada		0,02	
- Grandes canales en condiciones medias de mantenimiento		0,025	
- Canales en malas condiciones		0,0275	
- Canales con algas y plantas acuáticas		0,03	
- Canales mal perfilados y con fuerte crecimiento de plantas acuáticas		0,035	
Revestimientos de hormigón:			
- Hormigón ordinario	0,15	0,016	0,018
- Hormigón pulido	0,013	0,014	0,015
- Tuberías de hormigón		0,013	
Revestimiento de concreto	0,016	0,018	0,021
Mampostería:			
- De piedra	0,017	0,022	0,03
- De gaviones	0,025	0,027	0,032
- De roca cortada	0,027	0,03	0,035
Tuberías de hierro fundido		0,012	
Tuberías de PVC, asbesto-cemento, o tuberías recubiertas con mortero de cemento		0,011	
Tuberías de acero		0,011	

Fuente: INEN, (1992)

**Tabla 27***Velocidades máximas según coeficientes de rugosidad*

MATERIAL	VELOCIDAD MÁXIMA m/s	COEFICIENTE DE RUGOSIDAD
Hormigón simple:		
Con uniones de mortero.	4	0,013
Con uniones de neopreno para nivel freático alto	3,5 – 4	0,013
Asbesto cemento	4,5 – 5	0,011
Plástico	4,5	0,011

Fuente: INEN, (1992)

$$D = 1.548 \left( \frac{0.011 \times 0.0015 \frac{m^3}{s}}{0.01424^{1/2}} \right)^{3/8}$$

$$D = 0.055 \text{ m}$$

**Columna 6:** Transformación en pulgadas.

$$D = 2,176 \text{ Pulg}$$

**Columna 7:** El diámetro estándar de la tubería en pulgadas según las regulaciones para una red de alcantarillado principal, donde el diámetro mínimo es de 8 pulgadas o aproximadamente 0.2 metros. (INEN, 1992)

$$D = 8 \text{ Pulg}$$

**Columna 8:** Diámetro de la tubería en metros, el mismo que debe ser superior al diámetro teórico.

$$D = 0.2032 \text{ m}$$

**Columna 9:** Caudal a tubo lleno, mediante ecuación Manning.

$$Q_o = 312 \left( \frac{D^{\frac{8}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}}{n} \right)$$

$$Q_o = 312 \left( \frac{0.2032 m^{\frac{8}{3}} \times 0.01424^{\frac{1}{2}}}{0.011} \right)$$

$$Q_o = 48.296 \text{ l/s}$$

**Columna 10:** Velocidad a tubo lleno, esta se obtiene mediante la ecuación continua.

$$V_o = \frac{4 \times Q_o}{\pi \times D^2}$$

$$V_o = \frac{4 \times 0.048296 \frac{m^3}{s}}{\pi \times (0.2032m)^2}$$

$$V_o = 1.489 \text{ m/s}$$

**Columna 11:** Conexión entre caudal de diseño y el caudal en condición de tubo lleno.

$$\frac{Q_{diseño}}{Q_o} = \frac{0.0015 \frac{m^3}{s}}{0.048296 \frac{m^3}{s}}$$

$$\frac{Q_{diseño}}{Q_o} = 0.03$$

**Tabla 28**

*Relación de conductos circulares*

Q/Qo	Rel.	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
<b>0.0</b>	V/Vo	0.000	0.292	0.362	0.400	0.427	0.453	0.473	0.492	0.505	0.520
	d/D	0.000	0.092	0.124	0.148	0.165	0.182	0.196	0.210	0.220	0.232
	R/Ro	0.000	0.239	0.315	0.370	0.410	0.449	0.481	0.510	0.530	0.554
	H/D	0.000	0.041	0.067	0.086	0.102	0.116	0.128	0.140	0.151	0.161
<b>0.1</b>	V/Vo	0.540	0.553	0.570	0.580	0.590	0.600	0.613	0.624	0.634	0.645
	d/D	0.248	0.258	0.270	0.280	0.289	0.298	0.308	0.315	0.323	0.334
	R/Ro	0.586	0.606	0.630	0.650	0.668	0.686	0.704	0.716	0.729	0.748
	H/D	0.170	0.179	0.188	0.197	0.205	0.213	0.221	0.229	0.236	0.244
<b>0.2</b>	V/Vo	0.656	0.664	0.672	0.680	0.687	0.695	0.700	0.706	0.713	0.720
	d/D	0.346	0.353	0.362	0.370	0.379	0.386	0.393	0.400	0.409	0.417
	R/Ro	0.768	0.780	0.795	0.809	0.824	0.836	0.848	0.860	0.874	0.886
	H/D	0.251	0.258	0.266	0.273	0.280	0.287	0.294	0.300	0.307	0.314
<b>0.3</b>	V/Vo	0.729	0.732	0.740	0.750	0.755	0.760	0.768	0.776	0.781	0.787
	d/D	0.424	0.431	0.439	0.447	0.452	0.460	0.468	0.476	0.482	0.488
	R/Ro	0.896	0.907	0.919	0.931	0.938	0.950	0.962	0.974	0.983	0.992
	H/D	0.321	0.328	0.334	0.341	0.348	0.354	0.361	0.368	0.374	0.381
<b>0.4</b>	V/Vo	0.796	0.802	0.806	0.810	0.816	0.822	0.830	0.834	0.840	0.845
	d/D	0.498	0.504	0.510	0.516	0.523	0.530	0.536	0.542	0.550	0.557
	R/Ro	1.007	1.014	1.021	1.028	1.035	1.043	1.050	1.056	1.065	1.073
	H/D	0.388	0.395	0.402	0.408	0.415	0.422	0.429	0.436	0.443	0.450
<b>0.5</b>	V/Vo	0.850	0.855	0.860	0.865	0.870	0.875	0.880	0.885	0.890	0.895
	d/D	0.563	0.570	0.576	0.582	0.588	0.594	0.601	0.608	0.615	0.620
	R/Ro	1.079	1.087	1.094	1.100	1.107	1.113	1.121	1.125	1.129	1.132
	H/D	0.458	0.465	0.472	0.479	0.487	0.494	0.502	0.510	0.518	0.526
<b>0.6</b>	V/Vo	0.900	0.903	0.908	0.913	0.918	0.922	0.927	0.931	0.936	0.941
	d/D	0.626	0.632	0.639	0.645	0.651	0.658	0.666	0.672	0.678	0.686
	R/Ro	0.136	1.139	1.143	1.147	1.151	1.155	1.160	1.163	1.167	1.172
	H/D	0.534	0.542	0.550	0.559	0.568	0.576	0.585	0.595	0.604	0.614
<b>0.7</b>	V/Vo	0.945	0.951	0.955	0.958	0.961	0.965	0.969	0.972	0.975	0.980
	d/D	0.692	0.699	0.705	0.710	0.719	0.724	0.732	0.738	0.743	0.750
	R/Ro	1.175	1.179	1.182	1.184	1.188	1.190	1.193	1.195	1.197	1.200
	H/D	0.623	0.633	0.644	0.654	0.665	0.677	0.688	0.700	0.713	0.725
<b>0.8</b>	V/Vo	0.984	0.987	0.990	0.993	0.997	1.001	1.005	1.007	1.011	1.015
	d/D	0.756	0.763	0.770	0.778	0.785	0.791	0.798	0.804	0.813	0.820
	R/Ro	1.202	1.205	1.208	1.211	1.214	1.216	1.219	1.219	1.215	1.214
	H/D	0.739	0.753	0.767	0.783	0.798	0.815	0.833	0.852	0.871	0.892
<b>0.9</b>	V/Vo	1.018	1.021	1.024	1.027	1.030	1.033	1.036	1.038	1.039	1.040
	d/D	0.826	0.835	0.843	0.852	0.860	0.868	0.876	0.884	0.892	0.900
	R/Ro	1.212	1.210	1.207	1.204	1.202	1.200	1.197	1.195	1.192	1.190
	H/D	0.915	0.940	0.966	0.995	1.027	1.063	1.103	1.149	1.202	1.265
<b>1.0</b>	V/Vo	1.041	1.042	1.042							
	d/D	0.914	0.920	0.931							
	R/Ro	1.172	1.164	1.150							
	H/D	1.344	1.445	1.584							

Fuente: López Cualla, (2003)

**Columna 12:** La velocidad real y velocidad cuando el tubo está lleno se establece mediante la tabla 27.

$$\frac{V}{V_o}$$

**Donde:**

**V:** Velocidad real (m/s).

**Vo:** Velocidad a tubo lleno (m/s).

$$\frac{V}{V_o} = 0.4$$

**Columna 13:** Relación de lámina de agua y diámetro interno se establece mediante la tabla 27.

$$\frac{d}{D}$$

**Donde:**

**d:** Lámina.

**D:** Diámetro de tubería.

$$\frac{d}{D} = 0.148$$

**Columna 14:** Relación del radio hidráulico al caudal y radio hidráulico a tubo lleno se obtiene mediante la tabla 28.

$$\frac{R}{R_o}$$

**Donde:**

**R:** Radio hidráulico al caudal de diseño.

**R<sub>o</sub>:** Radio hidráulico a tubo lleno.

$$\frac{R}{R_o} = 0.370$$

**Columna 15:** Relación de la profundidad hidráulica y diámetro de la tubería, determinado por la tabla 28.

$$\frac{H}{D}$$

**Donde:**

**H:** Profundidad hidráulica.

**D:** Diámetro de la tubería.

$$\frac{H}{D} = 0.086$$

**Columna 16:** La velocidad efectiva en la sección de flujo, según las normativas, se sugiere que no sea inferior a 0.45 metros por segundo, y para asegurar la autolimpieza de las tuberías, debería ser superior a 0.6 metros por segundo.

$$V = V_o \times \frac{V}{V_o}$$

$$V = 1,489 \text{ m/s} \times 0.400$$

$$V = 0.60 \text{ m/s}$$

**Columna 17:** Altura de velocidad en maestros.

$$\frac{V^2}{2g}$$

**Donde:**

**V:** velocidad actual en la sección de flujo (m/s).

**g:** Gravedad.

$$\frac{V^2}{2g} = \frac{(0.60 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/m}^2}$$

$$\frac{V^2}{2g} = 0.018m$$

**Columna 18:** Radio hidráulico para la sección de flujo (m).

$$R = \frac{R}{R_o} \times \frac{D}{4}$$

$$R = 0.370 \times \frac{0,2032}{4}$$

$$R = 0.019 \text{ m}$$

**Columna 19:** Esfuerzo cortante, medido en N/m<sup>2</sup>, para las velocidades reales del flujo. Si la velocidad es inferior a 0.45 m/s, el esfuerzo cortante debe superar 1.2 N/m<sup>2</sup>. Esto se hace para asegurar que el tramo de la tubería se limpie automáticamente. (López Cualla, 2003)

$$\tau = \gamma \times R \times S$$

**Donde:**

**T:** Esfuerzo cortante (N/m<sup>3</sup>).

**Y:** Peso específico del agua (N/m<sup>3</sup>).

**R:** Radio hidráulico (m).

**S:** Línea de energía (%).

$$\tau = 9810 \frac{N}{m^3} \times 0.019 \text{ m} \times 0.01424$$

$$\tau = 2.625 \text{ N/m}^3$$

**Columna 20:** Altura de lámina de agua (m).

$$d = D \times \frac{d}{D}$$

$$d = 0,2032 \times 0,148$$



$$d = 0.030 \text{ m}$$

**Columna 21:** Energía específica (m).

$$E = d + \frac{V^2}{2g}$$

$$E = 0.030 \text{ m} + 0.018 \text{ m}$$

$$E = 0.048 \text{ m}$$

**Columna 22:** Profundidad hídrica en sección (m).

$$H = D \times \frac{H}{D}$$

$$H = 0.2032 \text{ m} \times 0.086 \text{ m}$$

$$H = 0.017 \text{ m}$$

**Columna 23:** Numero de froude y los regímenes de flujo.

$$NF = \frac{V}{\sqrt{g \times H}}$$

$$NF = \frac{0.60 \text{ m/s}}{\sqrt{9.81 \text{ m/s}^2 \times 0.017 \text{ m}}}$$

NF ≤ 0.9 Régimen de flujo subcrítico.

NF = 1: Régimen de flujo crítico.

NF ≥ 1.1: Régimen de flujo supercrítico.

$$NF = 1.439$$

El Nf es de régimen de flujo supercrítico en el tramo 1-2.

**Tabla 29**

*Diseño hidráulico de red*

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
TRAMO	LONGITUD	CAUDAL DE DISEÑO	S (%)	DIAMETRO (m)	DIAMETRO (pulg)	DIAMETRO ADOPTADO (pulg)	DIAMETRO ADOPTADO INTERNO (m)	Q <sub>o</sub>	V <sub>o</sub>	Q/Q <sub>o</sub>	V/V <sub>o</sub>	d/D	R/R <sub>o</sub>	H/D	V (m/s)	V <sub>z</sub> /2g (m)	R (m)	τ (N/m <sup>2</sup> )	d (m)	E (m)	H (m)	NF
1 - 2	39,83	1,5	1,424	0,055	2,176	8	0,2032	48,296	1,489	0,03	0,400	0,148	0,370	0,086	0,60	0,018	0,019	2,625	0,030	0,048	0,017	1,439
2 - 3	87,64	1,5	1,421	0,055	2,177	8	0,2032	48,246	1,488	0,03	0,400	0,148	0,370	0,086	0,60	0,018	0,019	2,619	0,030	0,048	0,017	1,437
3 - 4	110,26	2,215	1,124	0,067	2,633	8	0,2032	42,909	1,323	0,05	0,453	0,182	0,449	0,116	0,60	0,018	0,023	2,514	0,037	0,055	0,024	1,246
4 - 5	103,21	3,583	0,789	0,086	3,370	8	0,2032	35,948	1,109	0,10	0,540	0,248	0,586	0,170	0,60	0,018	0,030	2,303	0,050	0,069	0,035	1,028
11 - 12	45,29	1,5	1,459	0,055	2,166	8	0,2032	48,902	1,508	0,03	0,400	0,148	0,370	0,086	0,60	0,019	0,019	2,691	0,030	0,049	0,017	1,457
12 - 13	56,31	3,011	0,911	0,078	3,073	8	0,2032	38,636	1,191	0,08	0,505	0,220	0,530	0,151	0,60	0,018	0,027	2,406	0,045	0,063	0,031	1,097
13 - 14	51,28	4,607	0,667	0,097	3,822	8	0,2032	33,057	1,019	0,14	0,590	0,289	0,668	0,205	0,60	0,018	0,034	2,220	0,059	0,077	0,042	0,941
14 - 5	49,96	6,073	0,520	0,113	4,440	8	0,2032	29,201	0,900	0,21	0,664	0,353	0,780	0,258	0,60	0,018	0,040	2,023	0,072	0,090	0,052	0,834
5 - 6	55,91	11,545	0,326	0,157	6,170	8	0,2032	23,095	0,712	0,50	0,850	0,563	1,079	0,458	0,61	0,019	0,055	1,750	0,114	0,133	0,093	0,634
21 - 22	43,43	1,792	1,292	0,060	2,369	8	0,2032	46,006	1,419	0,04	0,427	0,165	0,410	0,102	0,61	0,019	0,021	2,639	0,034	0,052	0,021	1,343
22 - 23	56,75	2,476	1,115	0,070	2,749	8	0,2032	42,751	1,318	0,06	0,473	0,196	0,481	0,128	0,62	0,020	0,024	2,674	0,040	0,060	0,026	1,234
23 - 24	55,85	4,137	0,759	0,091	3,582	8	0,2032	35,269	1,088	0,12	0,570	0,270	0,630	0,188	0,62	0,020	0,032	2,384	0,055	0,074	0,038	1,013
24 - 25	58,38	6,124	0,778	0,105	4,131	8	0,2032	35,696	1,101	0,17	0,624	0,315	0,716	0,229	0,69	0,024	0,036	2,775	0,064	0,088	0,047	1,017
25 - 26	52,4	8,208	0,515	0,127	4,981	8	0,2032	29,056	0,896	0,28	0,713	0,409	0,874	0,307	0,64	0,021	0,044	2,244	0,083	0,104	0,062	0,817
26 - 7	32,12	9,479	0,570	0,131	5,159	8	0,2032	30,554	0,942	0,31	0,732	0,431	0,907	0,328	0,69	0,024	0,046	2,575	0,088	0,112	0,067	0,853
16 - 18	50,24	1,5	1,427	0,055	2,175	8	0,2032	48,357	1,491	0,03	0,40	0,15	0,37	0,09	0,60	0,018	0,019	2,632	0,030	0,048	0,017	1,441
17 - 18	77,78	1,5	1,421	0,055	2,177	8	0,2032	48,247	1,488	0,03	0,400	0,148	0,370	0,086	0,60	0,018	0,019	2,620	0,030	0,048	0,017	1,437
18 - 19	54,9	3,094	0,909	0,079	3,106	8	0,2032	38,591	1,190	0,08	0,505	0,220	0,530	0,151	0,60	0,018	0,027	2,401	0,045	0,063	0,031	1,095
19 - 20	50,8	5,570	0,569	0,107	4,228	8	0,2032	30,531	0,941	0,18	0,634	0,323	0,729	0,236	0,60	0,018	0,037	2,067	0,066	0,084	0,048	0,870
20 - 6	54,39	6,743	0,502	0,118	4,649	8	0,2032	28,678	0,884	0,24	0,687	0,379	0,824	0,280	0,61	0,019	0,042	2,061	0,077	0,096	0,057	0,813
6 - 7	47,89	19,689	0,217	0,207	8,131	10	0,254	34,202	0,675	0,58	0,890	0,615	1,129	0,518	0,60	0,018	0,072	1,527	0,156	0,175	0,132	0,529
7 - 8	61,11	30,405	0,172	0,254	10,000	12	0,3048	49,470	0,678	0,61	0,903	0,632	1,139	0,542	0,61	0,019	0,087	1,463	0,193	0,212	0,165	0,481
27 - 29	108,72	1,5	1,422	0,055	2,177	8	0,2032	48,270	1,488	0,03	0,400	0,148	0,370	0,086	0,60	0,018	0,019	2,622	0,030	0,048	0,017	1,438
28 - 29	26,17	1,5	1,765	0,053	2,090	8	0,2032	53,783	1,658	0,03	0,400	0,148	0,370	0,086	0,66	0,022	0,019	3,255	0,030	0,053	0,017	1,602
29 - 8	47,71	3,257	0,981	0,079	3,121	8	0,2032	40,091	1,236	0,08	0,505	0,220	0,530	0,151	0,62	0,020	0,027	2,591	0,045	0,065	0,031	1,138
8 - 9	91,98	35,623	0,174	0,269	10,587	12	0,3048	49,775	0,682	0,72	0,955	0,705	1,182	0,644	0,65	0,022	0,090	1,537	0,215	0,237	0,196	0,469
10 - 9	56,33	1,5	1,585	0,054	2,133	8	0,2032	50,966	1,572	0,03	0,400	0,148	0,370	0,086	0,63	0,020	0,019	2,923	0,030	0,050	0,017	1,518
9 - PTARD	95,01	39,759	0,200	0,273	10,748	12	0,3048	53,370	0,731	0,74	0,961	0,719	1,188	0,665	0,70	0,025	0,091	1,776	0,219	0,244	0,203	0,498

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

Adicional se procedió que pude presentar el sistema, que se calcula a continuación mediante la siguiente tabla:

**Tabla 30**

*Cálculo de pérdida de caudal y energía de la tubería*

Perdidas				Cota de rasante en el pozo		Cota clave de la tubería en el eje del pozo		Cota batea de la tubería en el eje del pozo		Cota lámina de la tubería en el eje del pozo		Cota de energía de la tubería en el eje del pozo		Profundidad a la cota clave sobre el eje del pozo		CLAVE VS ENERGIA		INVERT O BATEA VS ENERGIA	
h trans.	Rc/Ds	H curv.	h total (m)	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
0,00001	2,953	0,004	0,01	12,20	12,36	11,00	10,43	10,80	10,23	10,83	10,26	10,84	10,28	1,20	1,93	OK	OK	OK	OK
0,00003	2,953		0,00	12,36	12,41	10,42	9,18	10,22	8,97	10,25	9,00	10,27	9,02	1,94	3,23	OK	OK	OK	OK
0,00001	2,953		0,00	12,41	12,52	9,17	7,93	8,97	7,73	9,00	7,77	9,02	7,78	3,24	4,59	OK	OK	OK	OK
0,00004			0,00	12,52	12,47	7,92	7,10	7,72	6,90	7,77	6,95	7,78	6,97	4,60	5,36	OK	OK	OK	OK
0,00002	2,953		0,00	12,44	12,54	11,24	10,58	11,04	10,38	11,07	10,41	11,09	10,43	1,20	1,96	OK	OK	OK	OK
0,00000	2,953		0,00	12,54	12,20	10,57	10,05	10,36	9,85	10,41	9,89	10,43	9,91	1,97	2,14	OK	OK	OK	OK
0,00004	2,953	0,004	0,01	12,20	12,09	10,04	9,70	9,84	9,49	9,89	9,55	9,91	9,57	2,16	2,39	OK	OK	OK	OK
0,00005	2,953		0,00	12,09	12,47	9,67	9,41	9,47	9,21	9,54	9,28	9,56	9,30	2,41	3,05	OK	OK	OK	OK
0,00006	2,953	0,004	0,00	12,47	12,52	7,04	6,86	6,84	6,65	6,95	6,77	6,97	6,79	5,42	5,66	OK	OK	OK	OK
0,00011	2,953	0,004	0,01	12,45	12,44	11,25	10,69	11,05	10,49	11,08	10,52	11,10	10,54	1,20	1,75	OK	OK	OK	OK
0,00005	2,953		0,00	12,44	12,51	10,68	10,04	10,47	9,84	10,51	9,88	10,53	9,90	1,77	2,47	OK	OK	OK	OK
0,00045	2,953		0,00	12,51	12,59	10,03	9,60	9,82	9,40	9,88	9,46	9,90	9,47	2,48	2,98	OK	OK	OK	OK
0,00065	2,953	0,004	0,01	12,59	12,48	9,59	9,14	9,39	8,93	9,45	9,00	9,47	9,02	3,00	3,35	OK	OK	OK	OK
0,00034	2,953	0,009	0,01	12,48	12,56	9,11	8,84	8,91	8,64	8,99	8,72	9,01	8,74	3,37	3,72	OK	OK	OK	OK
0,00103			0,00	12,56	12,58	8,82	8,64	8,62	8,44	8,71	8,52	8,73	8,55	3,74	3,94	OK	OK	OK	OK
# VALOR!			# VALOR!	12,88	12,68	11,68	10,96	11,48	10,76	11,51	10,79	11,53	10,81	1,20	1,72	OK	OK	OK	OK
0,00004	2,953	0,004	0,01	12,71	12,68	11,51	10,40	11,31	10,20	11,34	10,23	11,35	10,25	1,20	2,28	OK	OK	OK	OK
0,00005	2,953	0,004	0,01	12,68	12,42	10,38	9,88	10,18	9,68	10,22	9,72	10,24	9,74	2,30	2,53	OK	OK	OK	OK
0,00007	2,953	0,004	0,00	12,42	12,57	9,85	9,56	9,65	9,36	9,71	9,42	9,73	9,44	2,57	3,01	OK	OK	OK	OK
0,00008	2,953	0,004	0,00	12,57	12,52	9,54	9,27	9,34	9,07	9,42	9,15	9,44	9,16	3,02	3,25	OK	OK	OK	OK
0,00007	2,362	0,004	0,004	12,52	12,58	6,86	6,76	6,61	6,51	6,77	6,66	6,78	6,68	5,66	5,82	OK	OK	OK	OK
0,00025			0,00	12,58	12,63	6,77	6,66	6,46	6,36	6,66	6,55	6,68	6,57	5,81	5,97	OK	OK	OK	OK
0,00018	2,953	0,004	0,01	13,00	12,60	11,80	10,25	11,59	10,05	11,62	10,08	11,64	10,10	1,20	2,35	OK	OK	OK	OK
0,00051	2,953		0,00	12,56	12,60	11,36	10,90	11,16	10,70	11,19	10,73	11,21	10,75	1,20	1,70	OK	OK	OK	OK
0,00018	2,953	0,004	0,00	12,60	12,63	10,23	9,76	10,02	9,55	10,07	9,60	10,09	9,62	2,38	2,88	OK	OK	OK	OK
0,00036			0,00	12,63	12,98	6,64	6,48	6,33	6,17	6,55	6,39	6,57	6,41	5,99	6,50	OK	OK	OK	OK
0,00050	2,953	0,005	0,01	13,08	12,98	11,88	10,98	11,67	10,78	11,70	10,81	11,72	10,83	1,20	2,00	OK	OK	OK	OK
				12,98	13,32	6,47	6,28	6,17	5,98	6,39	6,20	6,41	6,22	6,51	7,04	OK	OK	OK	OK

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

#### 4.10 Comparación de con software SewerGems

**Tabla 31**

*Resultados de hoja Excel*

Label	Flow (Maximum) (L/s)	Velocity (Maximum Calculated) (m/s)
CO-1	0,39	0,45
CO-2	0,69	0,53
CO-3	1,24	0,59
CO-4	2,06	0,62
CO-11	0,65	0,53
CO-12	1,52	0,58
CO-13	2,65	0,63
CO-14	4,02	1,43
CO-5	7,93	0,70
CO-21	0,6	0,50
CO-22	1,23	0,59
CO-23	2,17	0,61
CO-24	3,47	0,71
CO-25	5,12	0,69
CO-26	6,96	1,83
CO-16	0,34	0,53
CO-17	0,36	0,44
CO-18	1,39	0,57
CO-19	2,63	0,59
CO-20	3,55	1,35
CO-6	14,46	0,74
CO-7	25,81	0,74
CO-27	0,3	0,41
CO-28	0,41	0,67
CO-29	1,43	1,21
CO-8	33,12	0,73
CO-10	0,46	0,92
CO-9	40,42	0,80

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

**Tabla 32**

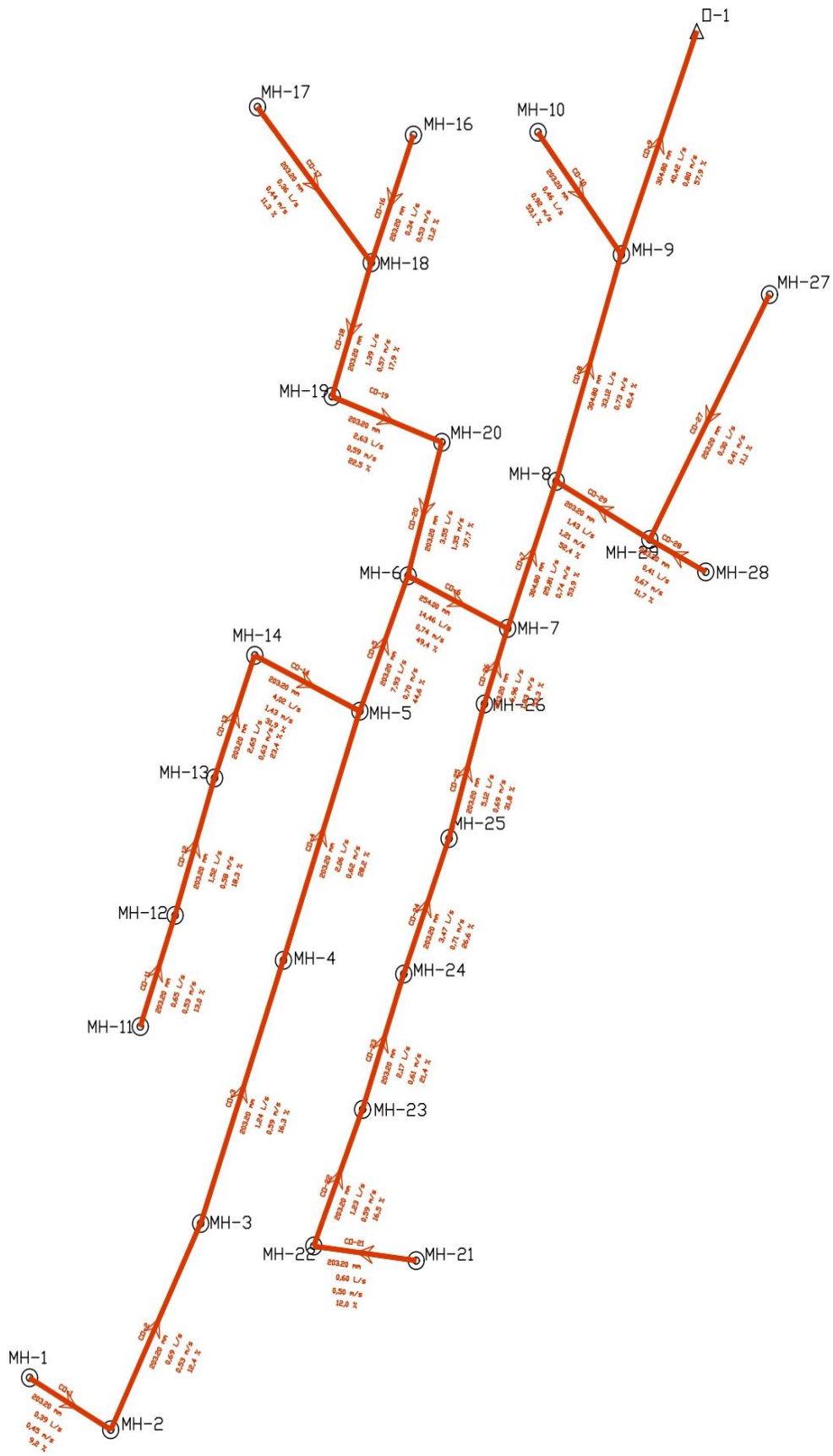
*Cálculo de SewerGems*

TRAMO	CAUDAL DE DISEÑO	V (m/s)
1 - 2	1,05	0,60
2 - 3	1,05	0,60
3 - 4	2,22	0,60
4 - 5	3,58	0,60
11 - 12	1,42	0,60
12 - 13	3,01	0,60
13 - 14	4,60	0,60
14 - 5	6,07	0,60
5 - 6	11,55	0,61
21 - 22	1,79	0,61
22 - 23	2,48	0,62
23 - 24	4,14	0,62
24 - 25	6,12	0,69
25 - 26	8,21	0,64
26 - 7	9,48	0,69
16 - 18	0,88	0,60
17 - 18	0,96	0,60
18 - 19	3,09	0,60
19 - 20	5,57	0,60
20 - 6	6,74	0,61
6 - 7	19,69	0,60
7 - 8	30,41	0,61
27 - 29	0,75	0,60
28 - 29	1,11	0,66
29 - 8	3,26	0,62
8 - 9	35,62	0,65
10 - 9	1,27	0,63
9 - PTARD	39,75	0,70

Elaborado por: Sánchez, K (2024)

Los datos del estudio hidráulico-sanitario serán aplicados debido a que satisfacen los requisitos mínimos estipulados por la normativa actual, CPE INEN 5. Por ejemplo, se espera un caudal de diseño mínimo de 1.5 L/s, sin embargo, en el software SewerGems se observan valores de caudal inferiores a los especificados en la normativa.

**Figura 53**  
Trazado de red



Elaborado por: Sánchez, K (2024)

## CONCLUSIONES

La implementación de sistemas de alcantarillado en la zona de La Lolita será un factor determinante, con el propósito de elevar el bienestar de sus habitantes, contribuyendo directamente a la salud y la conservación del entorno.

Debido a la ubicación del sector la Lolita asentado al norte de la ciudad de milagro y ubicación de las cajas de revisión situados al suroeste de la ciudad se opta por instar estratégicamente una planta de tratamiento tipo paquete, el mismo que tratara las aguas residuales generadas por los habitantes, y una vez depuradas y cumpliendo con las normativas ambientales establecidas, serán dirigidas al estero Milagro ubicado a pocos metros de distancia.

El sistema propuesto brindará servicios a los residentes de la zona, enfocándose principalmente en aspectos sanitarios. En este entorno, no se llevará a cabo la recolección de aguas pluviales, las cuales se filtrarán naturalmente en el suelo. Las instalaciones de desagüe de las baterías sanitarias y viviendas serán canalizadas mediante una tubería principal que recogerá las aguas residuales de cada artefacto sanitario. Estas se dirigirán hacia una caja de revisión domiciliaria antes de ser canalizadas hacia la planta de tratamiento tipo paquete.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda colocar una planta de tratamiento tipo paquete, esta ofrecerá una solución integral para el procesamiento de las aguas servidas con el objetivo de garantizar la descomposición eficaz de los vertederos antes de liberarlos en el estero Milagro al norte. La elección de este sistema se justifica por su eficiencia probada en la eliminación de contaminantes y su capacidad para gestionar de manera eficiente diferentes tipos de cargas contaminantes. Además, la ubicación estratégica de la planta, en el extremo norte, permite una disposición segura de los efluentes tratados en una dirección ambientalmente favorable.

Es crucial Instruir y capacitar al personal responsable de la operación y el mantenimiento del sistema de esta manera impedirá la aparición de múltiples problemas durante su operación, optimizando su rendimiento y prolongando su vida útil.

Se sugiere la adopción de sistemas de monitoreo constante que hagan uso de tecnologías contemporáneas como sistema CCTV (circuito cerrado de televisión) o la telemetría con sensores de monitoreo a distancia se presentan como recursos valiosos para identificar inconvenientes en tiempo real permitiendo respuestas ágiles y eficaces frente a cualquier anomalía en el sistema de alcantarillado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcantarillado sanitario. (May de 2000). [*Subdirección general técnica*](149). Comisión nacional del agua. Retrieved 07 de Feb de 2024, from [https://arquitecturaacademica.files.wordpress.com/2020/12/alcantarillado\\_sanitario.pdf](https://arquitecturaacademica.files.wordpress.com/2020/12/alcantarillado_sanitario.pdf)
- Alfaro Tolentino, J. C., & Rodríguez Polo, Ó. D. (Abr de 2019). Propuesta de diseño de un sistema de agua potable y alcantarillado sanitario para el caserío el progreso, aplicando fórmulas matemáticas y el uso del software watergems y sewergems. [*Tesis de Pregrado*], 257. Trujillo, Perú: Universidad privada Antenor Orrego. Retrieved 17 de Ene de 2024, from repositorio universidad privada Antenor Orrego: <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/7385>
- Andrade Avalos, M. L., Borja Mayorga, D. F., & García Veloz, M. J. (05 de Abr de 2021). *Revista infexada*. ConcienciaDigital: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/view/1659>
- Aponte Díaz, B. (2021). Análisis Comparativo Entre El Método De Tanque Séptico Y El Método De Baños Ecológicos Con Biodigestores Para El Mejoramiento Del Sistema De Alcantarillado En El Caserío De Santa Apolonia, Distrito De Julcán, Provincia De Julcán – La Libertad. [*Tesis de Pregrado*], 188. Trujillo, Perú: Universidad privada Antenor Orrego. Retrieved 07 de feb de 2024, from Universidad privada Antenor Orrego: <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/7652>
- Autodesk AutoCAD. (2024). AutoCAD. [*Software*]. Retrieved 07 de Feb de 2024, from <https://www.autodesk.mx/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- Balarezo Pinos, D., & Vicuña Piedra, V. (2007). *Historia del canton Milagro*. <https://historiacantonmilagro.files.wordpress.com/2011/08/plano-general-de-milagro-20.jpg>
- Bayter Cañón, R. (Dic de 2022). Análisis sistema de alcantarillado Barrio Chicó Sur, Bogotá. [*Tesis de Pregrado*], 38. Bogotá, Colombia: Universidad de los Andes. Retrieved 30 de Ene de 2024, from Universidad de los Andes: <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/c7bcbf8a-82a2-46ef-977b-42d7fa34e326/content>



- Bentley. (2024). SewerGEMS. [Software]. Retrieved 07 de Feb de 2024, from <https://www.bentley.com/>
- Calderón Julca, B. (2019). Propuesta de diseño del sistema de alcantarillado sanitario del centro poblado, condado Pichikiari, 2019. [Tesis de Pregrado], 144. Satipo, Perú: Universidad Católica los Angeles Chimbote. Retrieved 07 de feb de 2024, from Universidad catolica los angeles Chimbote: [http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/14604/SISTEMA\\_DE\\_ALCANTARILLADO\\_AGUAS\\_RESIDUALES\\_REDES\\_COLECTORAS\\_CALCULO\\_HIDRAULICO\\_CALDERON\\_JULCA\\_BETO\\_BREMER.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13032/14604/SISTEMA_DE_ALCANTARILLADO_AGUAS_RESIDUALES_REDES_COLECTORAS_CALCULO_HIDRAULICO_CALDERON_JULCA_BETO_BREMER.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Características y funcionamiento de una estación de bombeo. (08 de Ene de 2021). Netjet Clean. Retrieved 07 de Ene de 2024, from <https://www.netjet.es/caracteristicas-y-funcionamiento-de-una-estacion-de-bombeo/>
- Castro Carrera, F. F., Castro Merino, E. P., Osorio López, J. C., & Merizalde Aguirre, J. E. (26 de Jul de 2022). *Causas de retraso en la construcción de proyectos de agua potable y alcantarillado en Ecuador*. Revista Gaceta Técnica: <https://revistas.uclave.org/index.php/gt/article/view/3713/2390>
- Cedeño Escobar, P. M., & Haydee Odalia, D. G. (Mar de 2023). Diseño de sistemas de aguas Servidas y planta de tratamiento de aguas Residuales para las ciudadelas Ipanema y Mónaco ubicada en el cantón Milagro. [Tesis de Pregrado], 89. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Retrieved 07 de Feb de 2024, from Universidad de Guayaquil: <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/b847a435-7bfc-429d-ada3-321984c16ed9/content>
- Cifuentes Marín, A. (May de 2021). Estudio de factibilidad para la implementación de Biodigestores en la zona rural del Municipio de Lérida Tolima. [Tesis de Pregrado], 98. Tolima, Colombia: Corporación Universitaria Minuto de Dios. Retrieved 01 de Feb de 2024, from Institucional UNIMINUTO: <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/16128>
- Colan Maza, J. A. (2019). Análisis comparativo técnico-económico entre los sistemas convencional y condominial para una red de alcantarillado en el AAHH ciudad del Sol-Veintiséis de Octubre-Piura. [Tesis de Pregrado], 105. Perú: Universidad nacional de Piura. Retrieved 07 de Feb de 2024, from Universidad nacional de Piura: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1600/CIV-COL-MAZ-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Condorchem. (2022). Procesos y tecnologías para el tratamiento de lodos. Soluciones ambientales de Condorchem. Retrieved 08 de Feb de 2024, from <https://condorchem.com/es/blog/tratamiento-de-lodos/>
- Dinamica Ambiental. (2023). Pozos sépticos. *[Blog]*. Tratamientos de Efluentes y Residuos. Retrieved 07 de Feb de 2024, from [http://www.dinamicaambiental.com.ar/contenidos/cont\\_m2.1.2.7\\_pozsepti.htm](http://www.dinamicaambiental.com.ar/contenidos/cont_m2.1.2.7_pozsepti.htm)
- Econet Desatascos. (Sep de 2020). ¿Cuándo se construyeron las primeras alcantarillas de la historia? *Blog*. Barcelona, España. Retrieved 07 de Feb de 2024, from <https://econetdesatascos.com/cuando-se-construyeron-las-primeras-alcantarillas-de-la-historia/#:~:text=La%20primera%20red%20de%20alcantarillado,una%20legislaci%C3%B3n%20completa%20al%20respecto.>
- Farias de Marquez, B. (12 de Sept de 2016). Conocimientos básicos sobre Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (Módulo I). *[Blog]*. Iagua. Retrieved 07 de Feb de 2024, from <https://www.iagua.es/blogs/bettys-farias-marquez/conocimientos-basicos-plantas-tratamiento-aguas-residuales-ptar-modulo-i>
- Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2019). Pozos septicos: definición, estructura y tipos. *[Blog]*. Colombia. Retrieved 07 de Feb de 2024, from <https://blog.fibrasynormasdecolombia.com/pozos-septicos-estructura-y-tipos/>
- Frías Torres, A. X., & Mejía Silva, B. L. (Mar de 2023). Diseño del sistema de alcantarillado sanitario, para mejorar la calidad de vida de la comunidad de Shaushi Centro, parroquia La Matriz, cantón Quero, provincia Tungurahua. *[Tesis de Pregrado]*, 212. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Retrieved 07 de Feb de 2024, from Universidad Técnica de Ambato: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/37651>
- Google Earth Pro. (2023). *Google Earth Pro*. Retrieved 07 de Feb de 2024, from Google Earth Pro: <https://earth.google.com/web/search/la+lolita/@-2.12056187,-79.57736925,11.61057486a,2368.33382862d,35y,92.55578419h,45.00002473t,0r/data=CnQaShJECiUweDkwMmQ0N2YxYzNmNWNhN2I6MHhmZDU0MGM5ZmFjZjM4MjA2Gb2CfvDr8QDAIbQyht4H5VPAKglsYSBsb2xpdGEYAiABliYKJAl6wduHO>
- Grupo los hidroscd. (2023). <https://grupoloshidrosd.ec/biodigestor-fosa-septica/>
- Guevara Robalino, J. J., & Cruz Andrade, D. E. (Jun de 2023). Diseño del alcantarillado sanitario y pluvial y PTAR para el caserío Sigsipamba de la parroquia de Picaihua del cantón Ambato provincia de Tungurahua. *[Tesis de Pregrado]*, 320. Ambato,

- Ecuador: Universidad tecnica de Ambato. Retrieved 07 de Feb de 2024, from Universidad Técnica de Ambato:  
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/38803>
- Guillén Morales, F. H., & Galarza Baque, D. (20 de Sep de 2023). Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y disposición final en la Parroquia Julcuy del Cantón Jipijapa. [*Tesis de Pregrado*], 159. Jipijapa, Manabí, Ecuador: Universidad estatal del Sur de Manabí. Retrieved 07 de Feb de 2024, from  
<https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5811>
- Gutiérrez Pinargote, L. A. (2020). Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Bella Colchaquita del cantón Jipijapa. [*Tesis de Pregrado*], 132. Jipijapa, Manabi, Ecuador: Universidad Estatal del Sur de Manabí. Retrieved 07 de Feb de 2024, from Universidad Estatal del Sur de Manabí:  
<https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2412/1/12%20Luis%20Alfredo%20Guti%C3%A9rrez%20Pinargote.pdf>
- Hernández Hernández, E. (10 de Diciembre de 2021). Implementación de tuberías PPR aplicando el sistema de termofusión para las instalaciones sanitarias en la obra condominio ciudad sol de Collique - 2021. [*Tesis de Pregrado*], 125. Lima, Perú: Universidad privada del Norte. Retrieved 05 de feb de 2024, from Universidad privada del Norte:  
[https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29561/Trabajo%20de%20Suficiencia\\_Edwin%20Richard%20Hern%C3%A1ndez%20Hern%C3%A1ndez.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/29561/Trabajo%20de%20Suficiencia_Edwin%20Richard%20Hern%C3%A1ndez%20Hern%C3%A1ndez.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- INEN. (1992). Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. 420. Quito: CPE INEN 5. Retrieved 07 de Feb de 2024, from  
<https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/norma-co-10-7-602-poblacion-mayor-a-1000-habitantes.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censo. (2010). *Instituto Nacional de Estadística y Censo*. Retrieved 07 de Feb de 2024, from Instituto Nacional de Estadística y Censo:  
<https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- Izquierdo Serrano, C. R. (Jul de 2023). Estudio del diseño de alcantarillado sanitario pata la comunidad de Zhisho del canton Cañar. [*Tesis de Pregrado*], 187. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. Retrieved 07 de Feb de 2024, from Institucional de

la Universidad Politécnica Salesiana:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26090/1/UPS-CT010903.pdf>

- Jiménez Terán, J. (Sep de 2013). Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario. [*Manual*], 209. Veracruz, Mexico: Universidad de Veracruzana. Retrieved 18 de Ene de 2024, from Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario:  
<https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Diseno-para-Proyectos-de-Hidraulica.pdf>
- Jumabo Lema , N., & Vasquez Garcia, C. (2023). Diseño de centro de arte contemporáneo para el cantón Milagro. [*Tesis de Pregrado*], 236. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Retrieved 07 de Feb de 2024, from <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/6580>
- Limoneras, E. J., & Ramírez Flores, A. A. (Mar de 2023). Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el Sector Nueva Jerusalén II de la Provincia de Santa Elena, Cantón Santa Elena. [*Tesis de Pregrado*], 129. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Retrieved 07 de Feb de 2024, from Institucionl Universidad de Guayaquil:  
<https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/f6358c83-6317-4dfb-b8d7-b0324158fd87/content>
- López Cualla, R. A. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillados*. Colombia : Escuela Colombiana de Ingeniería. Retrieved 09 de Feb de 2024, from [https://www.academia.edu/43690289/Elementos\\_de\\_Diseno\\_para\\_Acueductos\\_y\\_Alcantarillados](https://www.academia.edu/43690289/Elementos_de_Diseno_para_Acueductos_y_Alcantarillados)
- Macías Carbo, K. R., & Morales Moreira, D. M. (2023). Propuesta de estudio de impacto ambiental al sistema de alcantarillado para la parroquia Cochancay cantón La Troncal. [*Tesis de Pregrado*], 98. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Retrieved 07 de Feb de 2024, from Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil:  
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/6429/1/T-ULVR-5175.pdf>
- Macías Peñafiel, L. L. (2023). repositorio universidad estatal península de Santa Elena. [*Tesis de Pregrado*], 74. Santa Elena, Ecuador: Universidad estatal península de Santa Elena. Retrieved 07 de Feb de 2024, from Universidad estatal península de Santa Elena: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10579/1/UPSE-MIC-2023-0004.pdf>

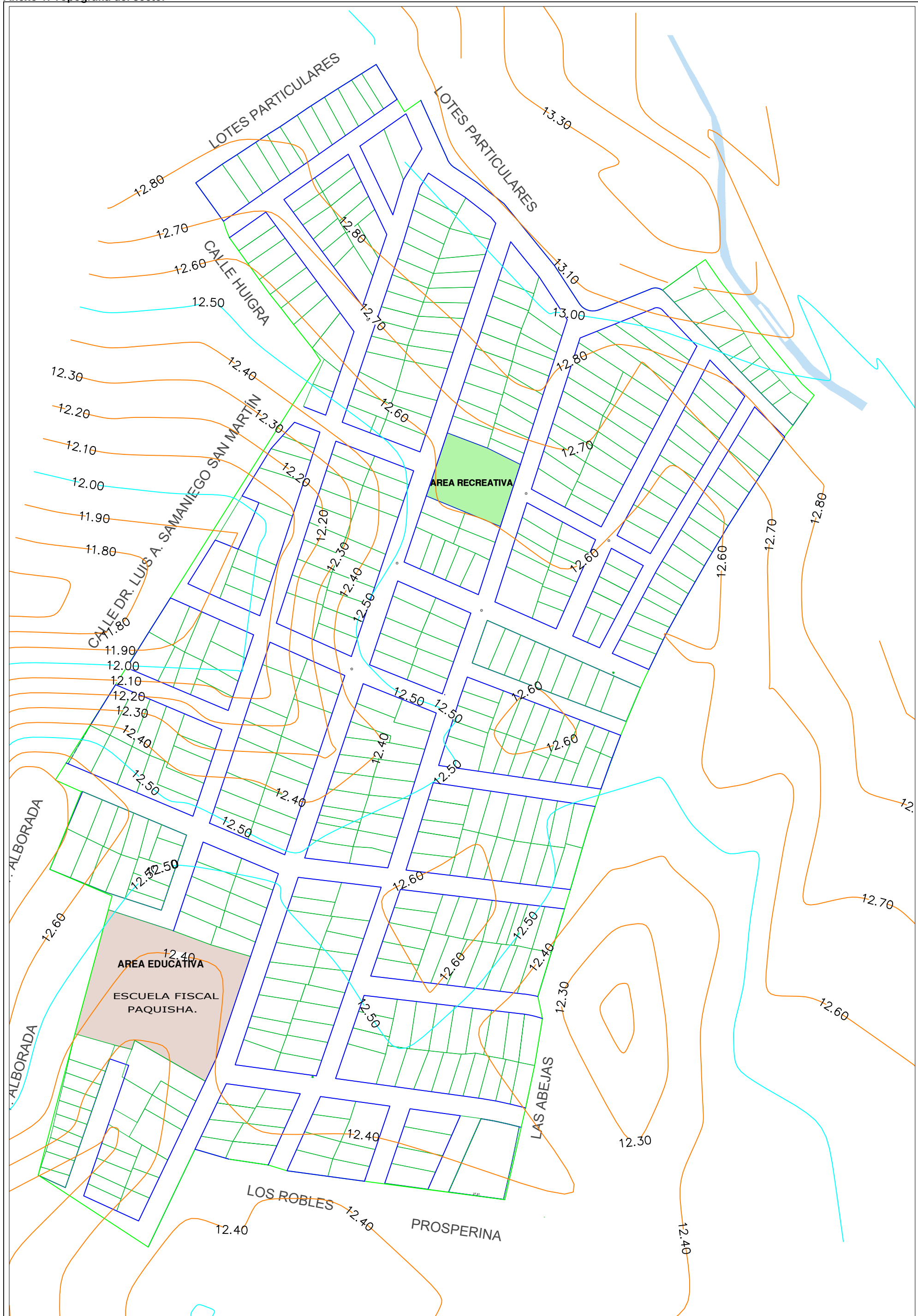
- Norma Bolivariana. (2007). *Diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial*. NB 688.
- Pérez Carmano, R. (2013). *Diseño y construcción de alcantarillado sanitario, pluvial y drenaje en carreteras*. Bogota, Colombia: Ecoe Ediciones. Retrieved 07 de Feb de 2024, from <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Gtw3DgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Dise%C3%B1o+y+construccion+de+alcantarillado+sanitario,+pluvial+y+drenaje+en+carreteras&ots=to9P2Dgekc&sig=2-N8kBBfcqBDiAx8GNJdSg6wP2g#v=onepage&q=Dise%C3%B1o%20y%20construccion%20de>
- Pochteca. (Ene de 2022). ¿QUÉ ES EL TRATAMIENTO DE LODOS? [Blog]. Mexico. Retrieved 08 de Feb de 2024, from <https://mexico.pochteca.net/tratamiento-de-lodos-en-que-consiste/#:~:text=Tratamiento%20de%20Aguas-,%C2%BFQu%C3%A9%20es%20el%20tratamiento%20de%20lodos%3F,fertilizantes%20para%20el%20sector%20agr%C3%ADcola>.
- Porras Becerra, D. J. (2023). Evaluación de los procesos constructivos en la ejecución del sistema de alcantarillado del proyecto de saneamiento básico en la ciudad de Nueva Cajamarca, 2023. [Tesis de Pregrado], 105. Rioja, Perú: Universidad catolica sede Sapientiae. Retrieved 07 de Feb de 2024, from Universidad catolica sede Sapientiae: [https://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14095/2030/1.%20TSP\\_PORRAS%20BECERRA%20c%20DAVID%20JOEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14095/2030/1.%20TSP_PORRAS%20BECERRA%20c%20DAVID%20JOEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Puchaicela Santander, A. A., & Rivadeneira Barcia, F. L. (Abr de 2022). Diseño de alcantarillado sanitario de los barrios Rogelio Sánchez y Jimmy Anchico del cantón Quinindé, de la provincia de Esmeraldas. [Tesis de Pregrado], 94. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Retrieved 07 de Feb de 2024, from Universidad de Guayaquil: <https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/48b3db15-f0e1-4d11-b0c1-dedf46b3966a/content>
- PureWater. (2019). Aguas residuales domésticas. Retrieved 07 de Feb de 2024, from <https://purewater.com.co/aguas-residuales-domesticas/>
- Quinllín Sánchez, J. C., & Quintana Vargas, J. D. (2022). Modelación del sistema de alcantarillado sanitario mediante el uso de un programa para la urbanización Torres del Salado, ubicada en la vía a la costa, cantón Guayaquil, Provincia del Guayas. [Tesis de Pregrado], 56. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad Laica Vicente




- Rocafuerte de Guayaquil. Retrieved 07 de Feb de 2024, from Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil:  
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/5373/1/T-ULVR-4363.pdf>
- Rivera Rivas, J. A., & Vargas Espinoza, D. E. (2023). Diseño del sistema de agua potable y alcantarillado para la localidad de Sarayuyo aplicando los softwares Watercad y Sewergems. [*Tesis de Pregrado*], 135. Piura, Perú: Universidad privada Antenor Orrego. Retrieved 29 de Ene de 2024, from Universidad privada Antenor Orrego:  
[https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/16814/REP\\_JOSE.RIVERA\\_DAVID.VARGAS\\_SISTEMA.DE.AGUA.POTABLE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/16814/REP_JOSE.RIVERA_DAVID.VARGAS_SISTEMA.DE.AGUA.POTABLE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- SAGUAPAC El agua de todos. (23 de May de 2022). ¿Cómo Se Clasifican Los Sistemas De Alcantarillado Sanitario? Bolivia: SAGUAPAC El agua de todos. Retrieved 06 de Feb de 2024, from <https://www.saguapac.com.bo/como-se-clasifican-los-sistemas-de-alcantarillado-sanitario/>
- Sánchez Gutierrez, A. B., & Pérez Nascimento, K. (2022). Repositorio institucional UNU. [*Tesis de Pregrado*], 300. Pucallpa, Perú: Universidad nacional de Ucayali. Retrieved 07 de Feb de 2024, from Institucional UNU:  
<http://repositorio.unu.edu.pe/handle/UNU/6047>
- Secretaria del Agua. (1992). *CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN DE PARTE IX. CÓDIGO ECUATORIANO DE LA CONSTRUCCIÓN DE PARTE IX*:  
<https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/norma-co-10-7-602-poblacion-mayor-a-1000-habitantes.pdf>
- Sette Ramalho, R. (1990). *Tratamiento de aguas residuales*. Reverté. Retrieved 07 de Feb de 2024, from  
[https://books.google.com.pe/books?id=30etGjzPXyWC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_vpt\\_read#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=30etGjzPXyWC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_vpt_read#v=onepage&q&f=false)
- Shandong Better Environmental Protection Technology. (2023). Plantas paquete de tratamiento de aguas residuales. Retrieved 07 de Feb de 2024, from  
<http://wastewaterplantcn.com/1-1-package-wastewater-treatment-plant.html>
- Spena Group. (2022). plantas paquete con tecnología MBBR para aguas residuales. [*Proceso MBBR*]. Chorrillos , Perú: Spena Group. Retrieved 07 de Feb de 2024, from  
<https://spenagroup.com/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-domesticas/>
- Villacorta Saavedra, D. C., & Albarrán Vásquez, E. A. (2023). Mejoramiento del sistema de agua potable e implementación de alcantarillado empleando biodigestores en

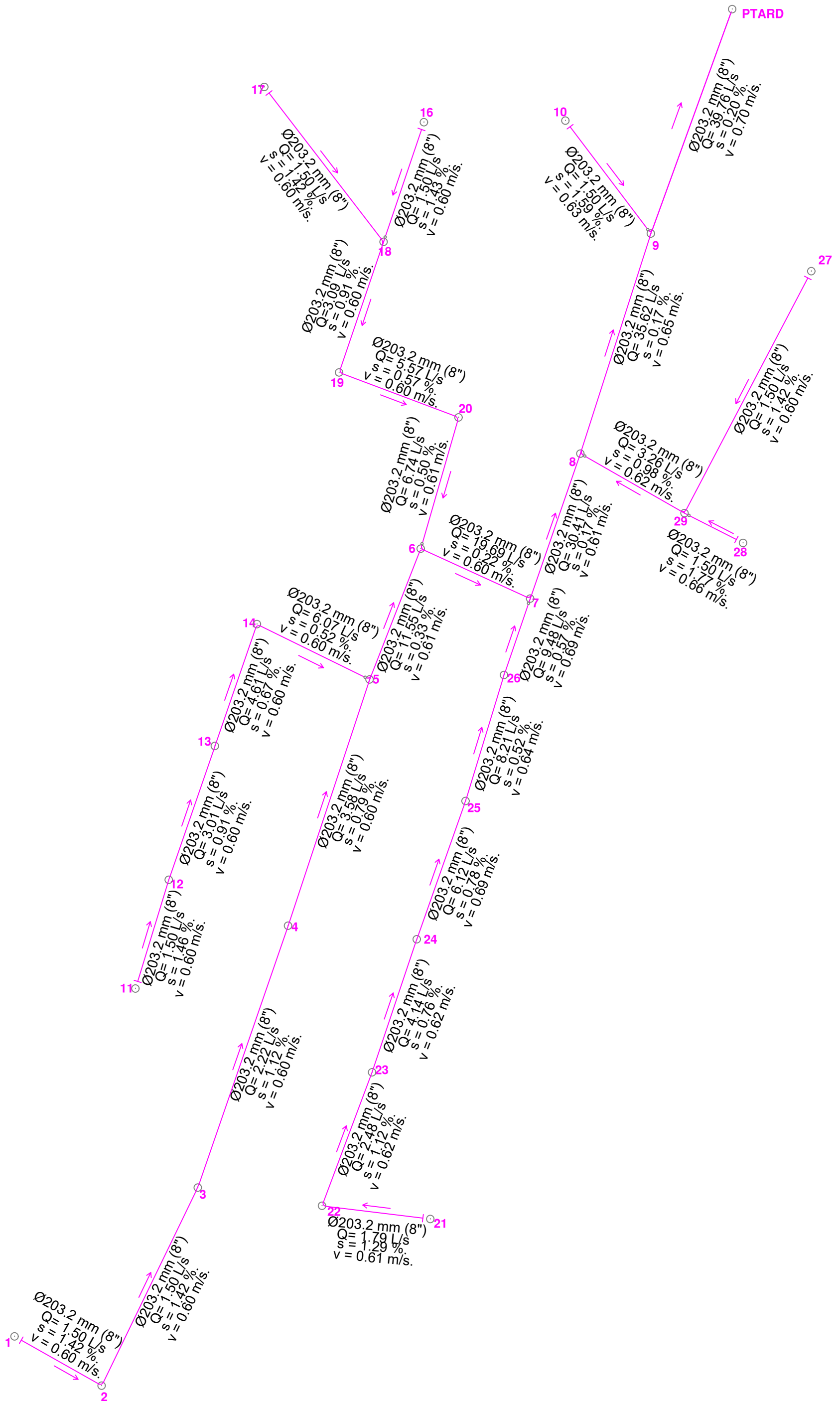
- Canibamba Bajo – Usquil – Otuzco – La Libertad. [*Tesis de Pregrado*], 141. Trujillo, Perú: Universidad privada Antenor Orrego. Retrieved 06 de Feb de 2024, from Universidad privada Antenor Orrego:  
[https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/16714/REP\\_DAVID.VILLACORTA\\_EDUARDO.ALBARRAN\\_MEJORAMIENTO.DEL.SISTEMA.DE.AGUA.POTABLE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/16714/REP_DAVID.VILLACORTA_EDUARDO.ALBARRAN_MEJORAMIENTO.DEL.SISTEMA.DE.AGUA.POTABLE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Villafuerte Zambrano, L. M. (2022). Propuesta metodológica de catastro en inspecciones de sistemas de alcantarillado utilizando equipos de CCTV. [*Tesis de Pregrado*], 127. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Retrieved 06 de Feb de 2024, from Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil: <http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/5363>
- Zapata Belén. (10 de Diciembre de 2023). Hay ciudades que no llegan ni al 5 % de alcantarillado en Ecuador: ¿cuáles son los porcentajes de Guayaquil y Quito? *El Universo*. <https://www.eluniverso.com/noticias/informes/hay-ciudades-que-no-llegan-ni-al-5-de-alcantarillado-en-ecuador-cuales-son-los-porcentajes-de-guayaquil-y-quito-nota/>
- Zarza Laura. (2023). ¿Qué son las aguas residuales? [*Blog*]. iAguá. Retrieved 07 de Feb de 2024, from <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-residuales>
- Zarza, L. (2023). ¿Qué es un colector de agua? [*Blog*]. Iagua. Retrieved 07 de Feb de 2024, from <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-colector-agua#definici-n-de-colector>




## **Anexos**

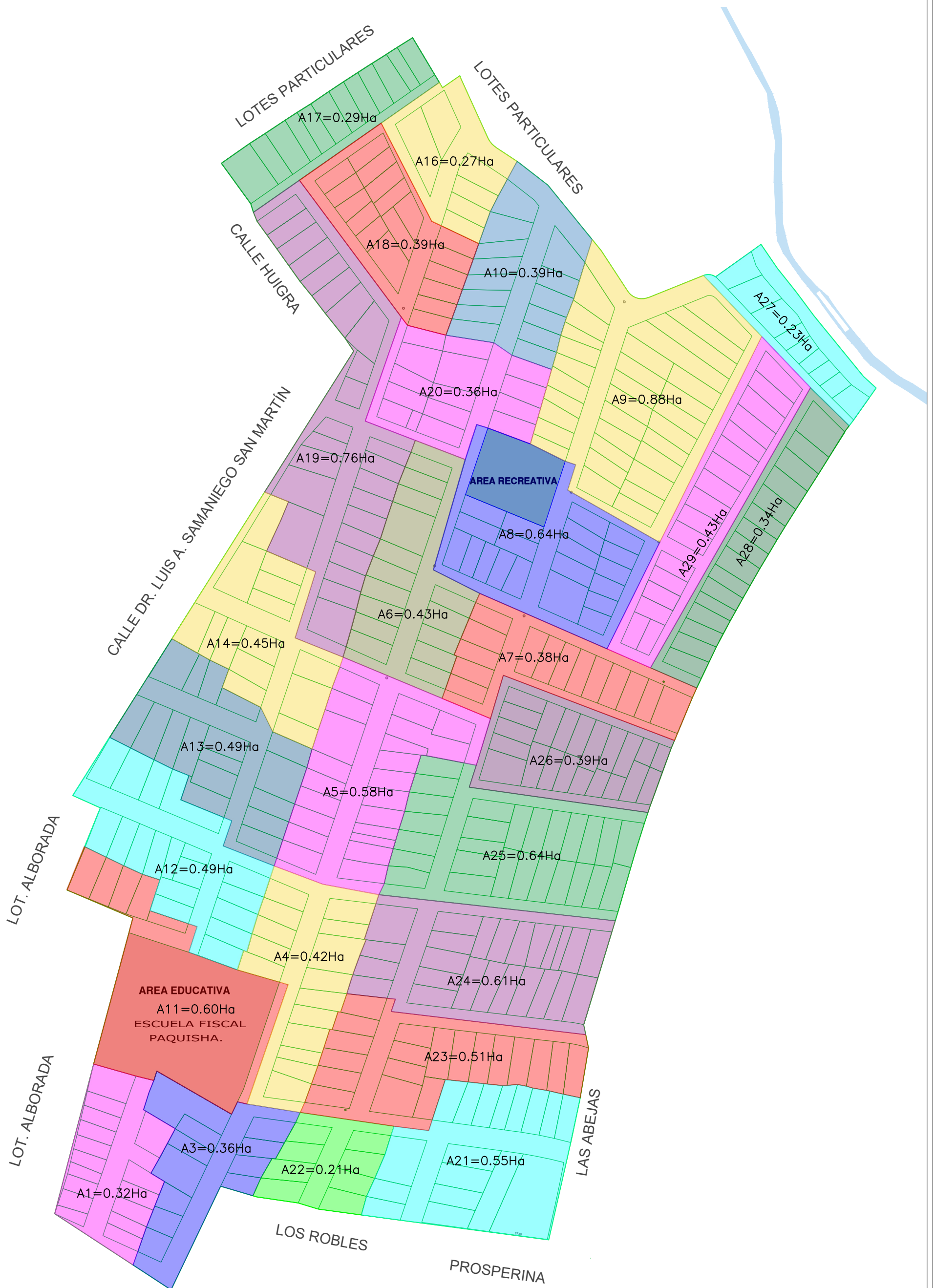







<p><b>UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL</b></p> <p><b>FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</b></p>  	<p><b>TEMA:</b></p> <p>REDISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL SECTOR LA LOLITA DEL CANTÓN MILAGRO.</p>	<p><b>CALCULOS Y DIGITALIZACIÓN:</b></p> <p>KEVIN ALEXANDER SANCHEZ VINUEZA.</p>	<p><b>UBICACIÓN:</b></p> 	<p><b>CONTENIDO:</b></p> <p>LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL SECTOR LA LOLITA DEL CANTÓN MILAGRO.</p>	<p><b>ESC:</b></p> <p><b>1:1750</b></p>
	<p><b>TUTOR:</b></p> <p>ING. KEVIN ÁNGEL MENDOZA VILLACIS, MSc.</p>	<p><b>FECHA:</b></p> <p>MARZO / 2024</p>		<p><b>LÁMINA:</b></p> <p><b>1/6</b></p>	

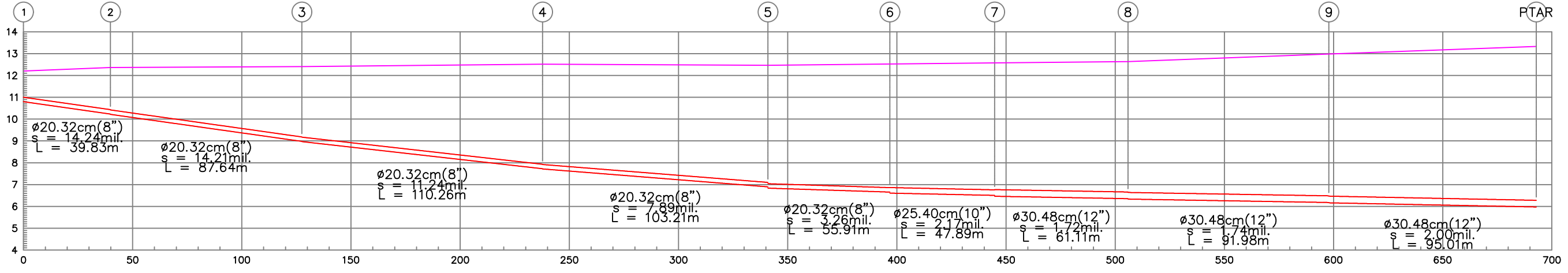


<p><b>UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL</b></p> <p><b>FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</b></p>  	<p><b>TEMA:</b></p> <p>REDISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL SECTOR LA LOLITA DEL CANTÓN MILAGRO.</p>	<p><b>CALCULOS Y DIGITALIZACIÓN:</b></p> <p>KEVIN ALEXANDER SANCHEZ VINUEZA.</p>	<p><b>UBICACIÓN:</b></p> 	<p><b>CONTENIDO:</b></p> <p>FLUJO Y PARÁMETROS DE LA RED SANITARIA DE LA HOJA DE CÁLCULOS EN EL SECTOR LA LOLITA DEL CANTÓN MILAGRO.</p>	<p><b>ESC:</b></p> <p><b>1:1500</b></p>
	<p><b>TUTOR:</b></p> <p>ING. KEVIN ÁNGEL MENDOZA VILLACÍS, MSc.</p>	<p><b>FECHA:</b></p> <p>MARZO / 2024</p>		<p><b>LÁMINA:</b></p> <p><b>2/6</b></p>	

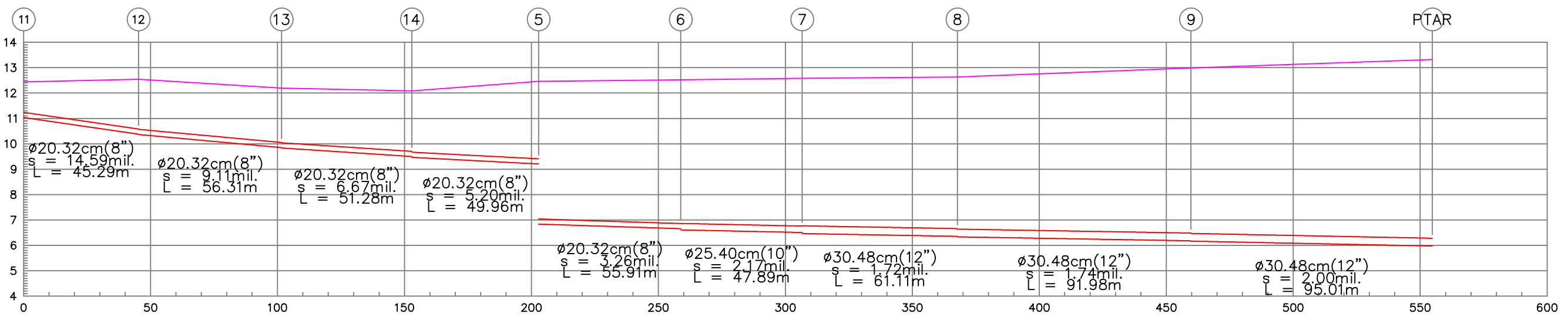


<p><b>UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL</b></p> <p><b>FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</b></p>  	<p><b>TEMA:</b></p> <p>REDISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL SECTOR LA LOLITA DEL CANTÓN MILAGRO.</p>	<p><b>CALCULOS Y DIGITALIZACIÓN:</b></p> <p>KEVIN ALEXANDER SANCHEZ VINUEZA.</p>	<p><b>UBICACIÓN:</b></p> 	<p><b>CONTENIDO:</b></p> <p>ÁREAS TRIBUTARIAS DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL SECTOR LA LOLITA DEL CANTÓN MILAGRO.</p>	<p><b>ESC:</b></p> <p><b>1:1750</b></p>
	<p><b>TUTOR:</b></p> <p>ING. KEVIN ÁNGEL MENDOZA VILLACÍS, MSc.</p>	<p><b>FECHA:</b></p> <p>MARZO / 2024</p>		<p><b>LÁMINA:</b></p> <p><b>3/6</b></p>	

Anexo 4: Perfiles longitudinales



ESC:  
1:2000



ESC:  
1:1750

UNIVERSIDAD  
LAICA VICENTE  
ROCAFUERTE  
DE GUAYAQUIL



FACULTAD DE  
INGENIERÍA,  
INDUSTRIA Y  
CONSTRUCCIÓN



TEMA:

REDISEÑO DE RED DE  
ALCANTARILLADO SANITARIO  
EN EL SECTOR LA LOLITA DEL  
CANTÓN MILAGRO.

CALCULOS Y  
DIGITALIZACIÓN:

KEVIN ALEXANDER SANCHEZ  
VINUEZA.

TUTOR:

ING. KEVIN ÁNGEL MENDOZA  
VILLACÍS, MSc.

UBICACIÓN:



FECHA:

MARZO / 2024

CONTENIDO:

PERFILES LONGITUDINALES

ESC:

INDICADA

LÁMINA:

4/6



TEMA:

REDISEÑO DE RED DE  
ALCANTARILLADO SANITARIO  
EN EL SECTOR LA LOLITA DEL  
CANTÓN MILAGRO.

CALCULOS Y  
DIGITALIZACIÓN:

KEVIN ALEXANDER SANCHEZ  
VINUEZA.

TUTOR:

ING. KEVIN ÁNGEL MENDOZA  
VILLACÍS, MSc.

UBICACIÓN:



FECHA:

MARZO / 2024

CONTENIDO:

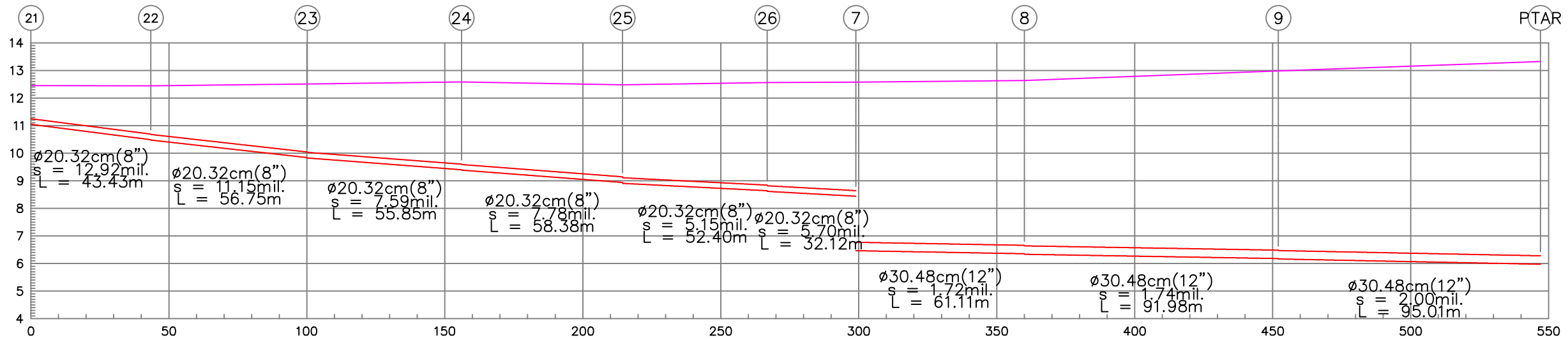
PERFILES LONGITUDINALES

ESC:

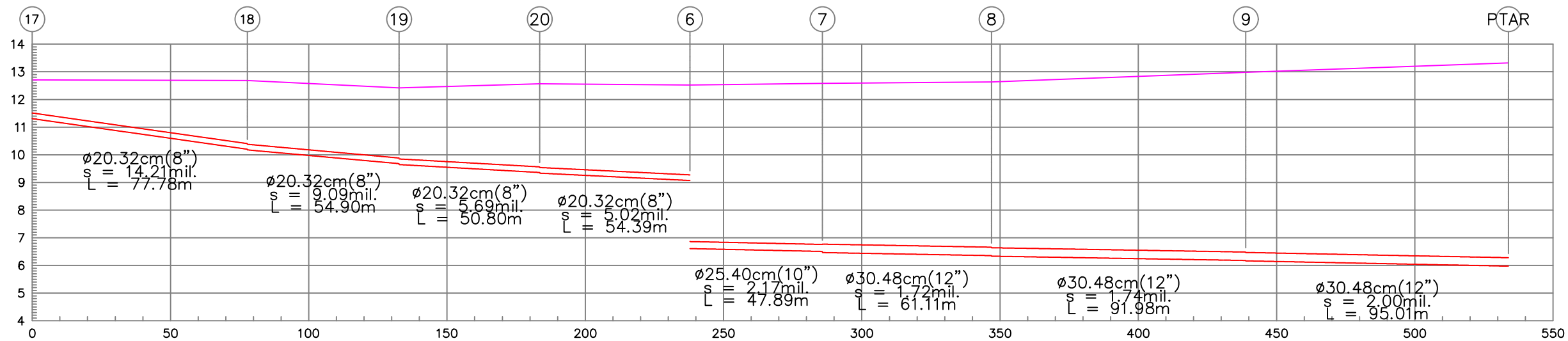
INDICADA

LÁMINA:

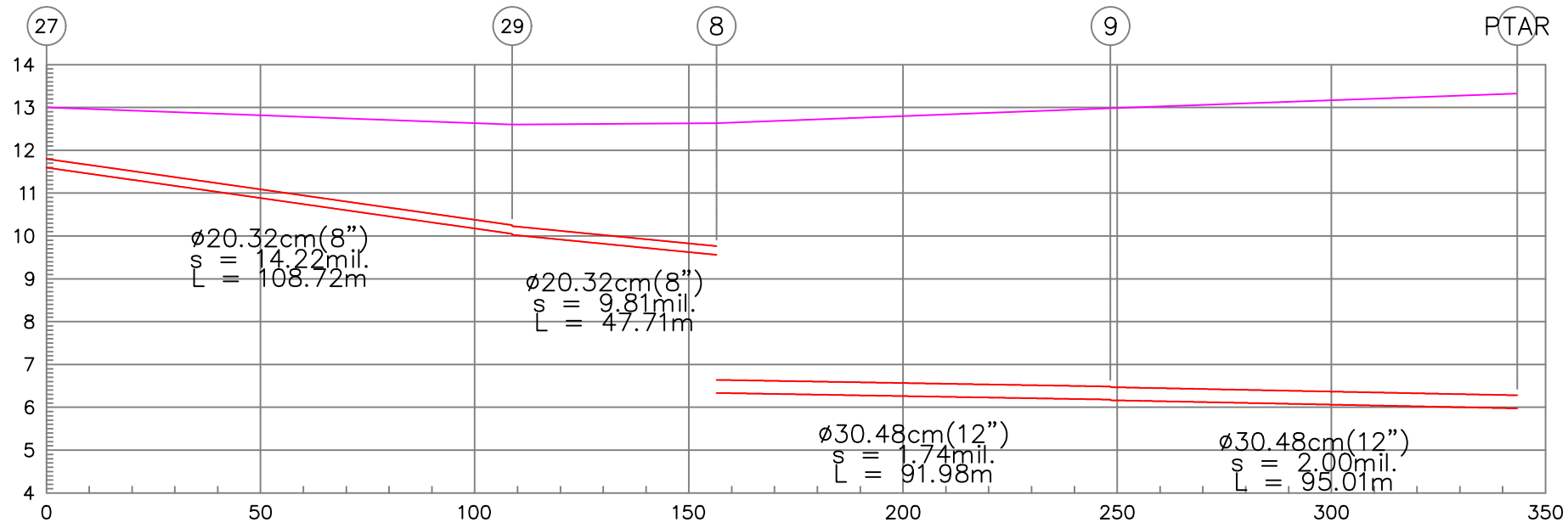
5/6



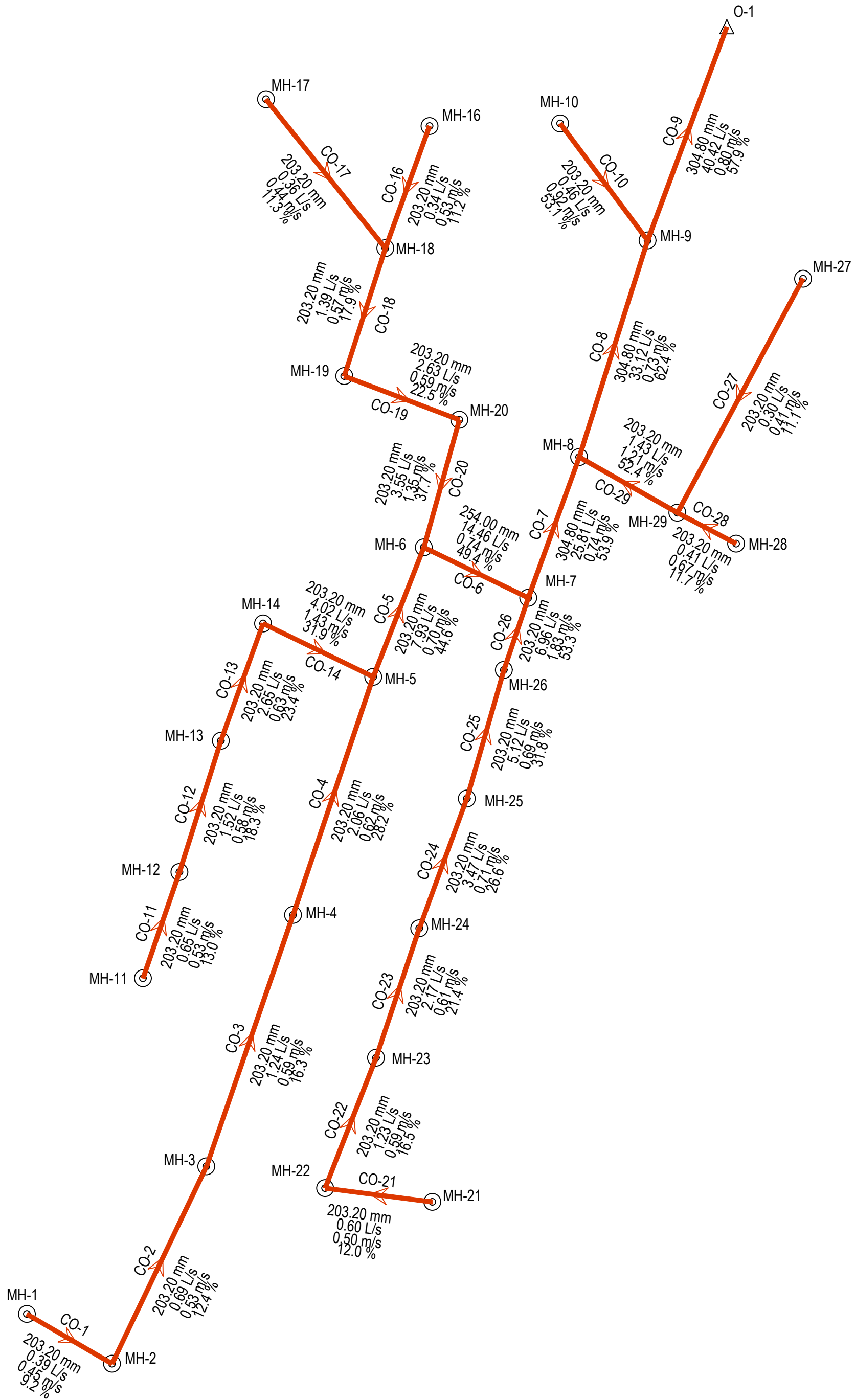
ESC:  
1:1750



ESC:  
1:1750



ESC:  
1:1500



<p><b>UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL</b></p> <p>FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN</p>	<p><b>TEMA:</b></p> <p>REDISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO EN EL SECTOR LA LOLITA DEL CANTÓN MILAGRO.</p>	<p><b>CALCULOS Y DIGITALIZACIÓN:</b></p> <p>KEVIN ALEXANDER SANCHEZ VINUEZA.</p>	<p><b>UBICACIÓN:</b></p>	<p><b>CONTENIDO:</b></p> <p>FLUJO Y PARAMETROS DE LA RED SANITARIA GENERADA POR SEWERCAD EN EL SECTOR LA LOLITA DEL CANTÓN MILAGRO.</p>	<p><b>ESC:</b></p> <p>1:1750</p>
	<p><b>TUTOR:</b></p> <p>ING. KEVIN ÁNGEL MENDOZA VILLACÍS, MSc.</p>	<p><b>FECHA:</b></p> <p>MARZO / 2024</p>		<p><b>LÁMINA:</b></p> <p>6/6</p>	