



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y TRATAMIENTO DE
AGUAS RESIDUALES PARA EL RECINTO CAJAPE, UBICADO EN EL CANTÓN
PALESTINA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de Ingeniero Civil

AUTORES: Cristhel Anahi Castillo Rosado
Tania Vanessa Bustamante Rodriguez

TUTOR: Ing. Eduardo Santiago Fonseca Mota, Mgtr.

Guayaquil-Ecuador
2024

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

Nosotras, Cristhel Anahi Castillo Rosado con documento de identificación N° 0706695004 y Tania Vanessa Bustamante Rodriguez con documento de identificación N° 0942337080, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto de titulación: “Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales para el recinto Cajape, ubicado en el cantón Palestina” el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Civil en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Guayaquil, 11 de agosto del año 2024

Atentamente,

Cristhel Anahi Castillo Rosado

0706695004

Tania Vanessa Bustamante Rodriguez

0942337080

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotras, Cristhel Anahi Castillo Rosado con documento de identificación N° 0706695004 y Tania Vanessa Bustamante Rodriguez con documento de identificación N° 0942337080; manifestamos que:

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

Guayaquil, 11 de agosto del año 2024

Atentamente,



Cristhel Anahi Castillo Rosado

0706695004



Tania Vanessa Bustamante Rodriguez

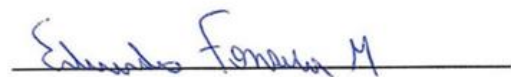
0942337080

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Ingeniero Eduardo Santiago Fonseca Mota con documento de identificación N° 0919008201, docente de la Universidad Politécnica Salesiana declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales para el recinto Cajape, ubicado en el cantón Palestina”, realizado por Cristhel Anahi Castillo Rosado con documento de identificación N° 0706695004 y por Tania Vanessa Bustamante Rodriguez con documento de identificación N° 0942337080, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 11 de agosto del año 2024

Atentamente,



Ing. Eduardo Santiago Fonseca Mota, Mgtr.

0919008201

DEDICATORIA

A mi madre, Mireya Susana Rosado Macias, pilar fundamental en mi vida. Su ejemplo y fortaleza siempre serán mi mayor inspiración. Gracias por inculcarme los valores que han dado forma a la persona que soy hoy.

A mi padre, Enrry Patricio Castillo Pacheco, por su constante apoyo en cada momento, tanto en mi carrera profesional como en mi vida personal.

A mi hermano, Jean Pierre Castillo Rosado, por cuidarme desde pequeña, especialmente cuando nuestros padres estaban ocupados trabajando para darnos una mejor calidad de vida. Porque siempre han deseado mi felicidad y bienestar, les dedico esta investigación con todo mi corazón.

Cristhel Anahi Castillo Rosado

Hoy, con una profunda emoción y gratitud quiero dedicar este trabajo de titulación en primer lugar a Dios por ser mi fuente inagotable de fortaleza, guía y sabiduría que ha permitido bendecir cada etapa de mi trayectoria académica. A mis queridos padres, Benedicto Bustamante y Sandra Rodriguez les dedico este logro con todo mi corazón como símbolo de gratitud y amor eterno. Su presencia constante y apoyo incondicional han sido un gran impulso para completar mi formación académica. Gracias por todo su sacrificio he logrado llegar hasta aquí.

A mi familia, a través de sus enseñanzas y cariño, me han brindado las herramientas necesarias para alcanzar este logro. Cada lección, cada gesto de amor y cada palabra de aliento han sido el cimiento sobre el cual he construido esta tesis. Su apoyo constante ha sido mi mayor fuente de valentía y motivación.

Tania Vanessa Bustamante Rodriguez

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más profundo agradecimiento. Primero, agradezco a Dios por haberme dado la fortaleza y la energía necesarias para seguir adelante en este camino.

A mi familia, a mi madre, Mireya Susana Rosado Macias, quien ha sido mi inspiración constante. Su ejemplo de trabajo, lucha y perseverancia, siempre levantándose a pesar de las dificultades que la vida le ha presentado, ha sido fundamental para mi desarrollo. Gracias, mamá, por apoyarme en todos los aspectos durante mi carrera.

A mi padre, Enrry Patricio Castillo Pacheco, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi formación. Y a mi hermano, Jean Pierre Castillo Rosado, quien siempre ha estado a mi lado, brindándome su cuidado y respaldo, no solo durante mi carrera, sino desde que tengo uso de razón.

A mi compañera de investigación, Tania Vanessa Bustamante Rodriguez, gracias por su paciencia, responsabilidad y entrega en la realización de este trabajo. A cada docente que formó parte de mi desarrollo profesional, gracias por sus enseñanzas y apoyo.

Gracias infinitas a todos.

Cristhel Anahi Castillo Rosado

Al finalizar una importante etapa en mi vida, llena de desafíos, altibajos y momentos memorables, deseo expresar mi mayor agradecimiento a Dios por las oportunidades que ha puesto en mi vida. Su presencia ha sido mi pilar fundamental para alcanzar este logro tan significativo.

De manera muy especial a mis padres y hermanos, mi más sincero agradecimiento por siempre creer en mis capacidades, por tener una gran expectativa en mí y en la mujer que he llegado a ser, y por brindarme un apoyo moral e incondicional en cada etapa. Sus ejemplos de sacrificio, constancia y amor han dejado una huella imborrable en mi corazón y en mi manera de enfrentar la vida.

Además, quiero agradecer a mi compañera de proyecto de titulación Cristhel Castillo por su colaboración y trabajo en equipo. Gracias por tu amistad y compromiso en este proceso.

Tania Vanessa Bustamante Rodriguez

Nos complace dar nuestras sinceras palabras de gratitud a la Universidad Politécnica Salesiana, que por medios de sus profesores han sabido transmitir conocimientos, orientación y entorno académico necesarios para formarnos como profesionales. Agradecemos a nuestro tutor Ing. Eduardo Santiago Fonseca Mota, Mgtr. por su apoyo, guía incondicional en nuestro proyecto de titulación. De manera especial un gran agradecimiento al Ing. Leonardo Javier Echeverría Fabre, DBA e Ing. Pedro Gerardo Peña Montoya, Mgtr. Gracias a su orientación hemos logrado culminar nuestra fase profesional.

Cristhel Anahi Castillo Rosado

Tania Vanessa Bustamante Rodriguez

RESUMEN

El presente trabajo de titulación se desarrolla en el Recinto Cajape, perteneciente al cantón Palestina, Ecuador, se enfoca en el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales, con el propósito de optimizar las condiciones de vida de los habitantes de la comunidad. Se alinea al ODS 6 (Objetivos de Desarrollo Sostenible) de la ONU (Organización de las Naciones Unidas) enfocado en garantizar la disponibilidad, manejo sostenible del agua y saneamiento para todas las personas. El acceso al agua potable y a servicios sanitarios adecuados es crucial para la salud, bienestar y desarrollo sostenible de las comunidades a nivel mundial.

El desarrollo del proyecto de investigación inició con la recopilación de información y datos relevantes, así como la aplicación de normativas locales tales como son la INEN Y OPS, con los resultados obtenidos se presentan los cálculos, mapas topográficos, caudales, redes de tuberías y diseño del sistema de tratamiento primario denominado tanque Imhoff mismo que tiene como objetivo el cumplimiento de requisitos indispensables e ideales para el recinto Cajape.

La elaboración del proyecto representa una contribución significativa debido que garantiza un entorno más saludable y promueve el desarrollo sostenible de la comunidad, al asegurar un manejo adecuado de los recursos hídricos y prevenir problemas de contaminación que puedan afectar la salud pública y el bienestar general.

Palabras claves: aguas residuales, alcantarillado sanitario, tratamiento primario, tanque Imhoff.

ABSTRACT

This thesis is located in the Cajape area, Palestina canton - Ecuador, and focuses on the design of the sanitary sewer system and wastewater treatment in order to improve the quality of life of the inhabitants of the sector. The thesis's aligned with SDG 6 (Sustainable Development Goals) of the UN (United Nations) focused on ensuring the availability, sustainable management of water and sanitation for all people. Access to drinking water and adequate sanitation services is crucial for the health, well-being, and sustainable development of communities worldwide.

The development of the research project began with the collection of information and relevant data as well as the application of Ecuadorian regulations such as INEN and PAHO. With the results obtained, the calculations, topographic maps, flow rates, pipe networks and design of the primary treatment system called Imhoff tank are presented, which aims to meet essential and ideal requirements for the Cajape area. The development of the project represents a significant contribution because it guarantees a healthier environment and promotes the sustainable development of the community, by ensuring proper management of water resources and preventing pollution problems that may affect public health and general well-being.

Keywords: wastewater, sanitary sewer, primary treatment, Imhoff tank.

CAPÍTULO I	1
1. TITULO	1
1.1. PROBLEMAS DE ESTUDIO	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	3
1.3. OBJETIVOS	5
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	5
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
CAPÍTULO II	6
MARCO HIPOTÉTICO	6
2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	6
2.1. UBICACIÓN	7
2.2. CONCEPTOS BÁSICOS DE SANEAMIENTO	8
2.2.1. DEFINICIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO:	8
2.2.2. TIPOS DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO:	9
2.2.3. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO:	8
2.3.1. SALUD PÚBLICA:	9
2.3.2. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL:	9
2.3.3. IMPACTO SOCIOECONÓMICO:	10
2.4. METODOLOGÍAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO	11
2.4.1. DIAGNÓSTICO INICIAL:	11
2.4.2. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO:	11
2.4.3. DISEÑO HIDRÁULICO:	11
2.4.4. SOSTENIBILIDAD Y MANTENIMIENTO:	12
2.5. CASOS DE ESTUDIO Y BUENAS PRÁCTICAS	13
2.5.1. EJEMPLOS INTERNACIONALES:	13
2.5.2. EJEMPLOS NACIONALES:	14
2.5.3. LECCIONES APRENDIDAS:	14
2.6. ALCANTARILLADO SANITARIO	15
2.6.1. RED DE ALCANTARILLADO:	29
2.6.2. COLECTORES PRINCIPALES:	29
2.6.3. COLECTORES SECUNDARIOS:	29

2.6.4.	CÁMARAS O POZOS:.....	30
2.7.	TANQUE IMHOFF	17
2.7.1.	LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS:	18
2.7.2.	TDS/SÓLIDOS DISUELTOS:	18
2.7.3.	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	19
2.7.4.	VENTAJAS DEL TANQUE IMHOFF	20
2.8.	MARCO LEGAL.....	21
3.	METODOLOGÍA	22
3.1.	PARÁMETROS DE DISEÑO	22
3.1.1.	VIDA PROBABLE DE LAS ESTRUCTURAS Y EQUIPO	22
3.1.2.	DOTACIÓN	23
3.1.3.	DOTACIÓN FUTURA	23
3.1.4.	APORTACIÓN	23
3.1.5.	CONSUMOS	24
3.1.5.1.	CONSUMO DOMÉSTICO.....	24
3.1.5.2.	CONSUMO PÚBLICO	38
3.1.5.3.	CONSUMO INDUSTRIAL	38
3.1.6.	VARIACIÓN DE CONSUMOS.....	38
3.1.6.1.	CONSUMO MEDIO (CM)	38
3.1.6.2.	CONSUMO MÍNIMO (CMIN)	39
3.1.6.3.	CONSUMO MÁXIMO (CMÁX).....	39
3.1.7.	ESTUDIO POBLACIONAL.....	28
3.1.8.	POBLACIÓN ACTUAL	29
3.1.9.	POBLACIÓN FUTURA	29
3.1.10.	MÉTODO ARITMÉTICO.....	30
3.1.11.	MÉTODO GEOMÉTRICO	31
3.1.12.	MÉTODO LOGARÍTMICO	32
3.1.13.	VIDA ÚTIL DEL PROYECTO	32
3.1.14.	CAUDALES	33
3.1.14.1.	CAUDAL DE DISEÑO.....	33
3.1.15.	VELOCIDAD MÍNIMA	34
3.1.16.	VELOCIDAD MÁXIMA	48

3.1.17.	POZOS DE REVISIÓN	49
3.1.18.	CONEXIONES DOMICILIARIAS	51
3.2.	SISTEMA DE AGUAS SERVIDAS	38
3.3.	TRATAMIENTO TANQUE IMHOFF.....	40
3.3.1.	CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	41
3.3.2.	SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL TANQUE IMHOFF.....	41
3.3.3.	DISEÑO DEL TANQUE IMHOFF	42
3.3.3.1.	CARACTERÍSTICAS PARA EL DISEÑO DE LA ZONA DE SEDIMENTACIÓN DEL TANQUE IMHOFF.....	42
3.3.4.	PRODUCCIÓN Y TRATAMIENTO DE LODOS	44
CAPÍTULO IV		57
4.1.	ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS	57
4.1.1.	ENCUESTAS REALIZADAS EN EL RECINTO CAJAPE	58
4.1.1.1.	ENCUESTA POBLACIONAL.....	58
4.1.2.	BASE DE DISEÑO	49
4.1.2.1.	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	62
4.1.2.1.1.	PUNTOS TOPOGRÁFICOS	51
4.1.2.2.	TRAZADO DEL SISTEMA DE RED PRINCIPAL	67
4.1.3.	CÁLCULOS.....	69
4.1.3.1.	CENSO POBLACIONAL 2024	69
□	MÉTODO GEOMÉTRICO.....	57
4.1.3.3.	DOTACIÓN	58
4.1.3.4.	APORTACIÓN	58
4.1.3.5.	CÁLCULO DE CONSUMOS.....	59
4.1.3.6.	PERFILES LONGITUDINALES	65
4.1.3.7.	CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO	64
4.1.3.8.	ÁREAS DE APORTACION DEL SISTEMA	70
4.1.3.9.	PENDIENTE CALCULADO	88
4.1.3.10.	ALTURA DE POZOS	89
4.1.3.11.	COTA DE FONDO	89
4.1.3.12.	VELOCIDAD.....	89
CAPITULO V.....		89

5.1. CRONOGRAMA.....89

5.2. PRESUPUESTO.....90

CAPITULO VI91

6.1. CONCLUSIONES91

6.2. RECOMENDACIONES92

6.3. BIBLIOGRAFÍA93

CAPITULO VII.....96

7.1. ANEXOS96

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Vida útil de los elementos.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 2 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 3 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 5 Población del Recinto Cajape.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 6 Índice de Crecimiento Poblacional</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 7 Valores de caudales de infiltración</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 8 Velocidad máximas y coeficientes de rugosidad</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 9 Diámetros de pozos de revisión.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 10 Resultados de Encuestas 2024</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 11 Total de Habitantes 2024.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabla 12 Conexión Domiciliaria de Aguas Servidas</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 13 Abastecimiento de Agua Potable.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 14 Tratamiento por Tanque Imhoff.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 15 Tabla de Puntos Topográficos</i>	<i>63</i>
<i>Tabla 16 Tabla memoria de cálculos alcantarillado (Diseño de AASS)</i>	<i>85</i>
<i>Tabla 17 Datos de cámaras de inspección</i>	<i>87</i>
<i>Tabla 18 Resultados final del tanque Imhoff.....</i>	<i>99</i>
<i>Tabla 19 Cronograma de actividades para anteproyecto y trabajo de titulación</i>	<i>102</i>
<i>Tabla 20 Presupuesto para la ejecución del proyecto de titulación</i>	<i>103</i>

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Recinto Cajape.....</i>	<i>22</i>
<i>Ilustración 2 Consumo Mínimo de Aguas Residuales, con Descargas Sanitarias.....</i>	<i>39</i>
<i>Ilustración 3 Pozo de visita de concreto prefabricado.....</i>	<i>37</i>
<i>Ilustración 4 Corte lateral del tanque Imhoff</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 5 Curvas de Nivel junto con imagen de referencia del Recinto Cajape</i>	<i>66</i>

<i>Ilustración 6 Red Principal del Sistema de Alcantarillado Sanitario</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 7 Áreas de Aportación divididas por Cuadras junto con la Red Principal ..</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 8 Red Principal de Alcantarillado Sanitario con Cajas de Registro.....</i>	<i>81</i>

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1 Total de Habitantes</i>	<i>58</i>
<i>Gráfico 2 Conexión Domiciliaria</i>	<i>59</i>
<i>Gráfico 3 Abastecimiento de Agua Potable</i>	<i>60</i>
<i>Gráfico 4 Tratamiento por Tanque Imhoff</i>	<i>60</i>
<i>Gráfico 5 Encuesta a la comunidad del recinto</i>	<i>109</i>
<i>Gráfico 6 Cristhel Castillo, conversando con ciudadanos del recinto.</i>	<i>110</i>
<i>Gráfico 7 Vista de calles sin pavimentar, ubicado tanto principal como el ingreso, así como única vía del recinto</i>	<i>110</i>
<i>Gráfico 8 Dialogo entre Tania Bustamante y habitantes del sector, realizando encuestas para datos bases del proyecto.....</i>	<i>111</i>
<i>Gráfico 9 Cristhel Castillo, evaluando la situación en la que se presenta el recinto ...</i>	<i>111</i>
<i>Gráfico 10 Dialogo con presidenta del sector Sra. María Centeno</i>	<i>112</i>
<i>Gráfico 11 Sitio para futuro centro creativo</i>	<i>112</i>
<i>Gráfico 12 Sitio para futuro centro creativo</i>	<i>113</i>
<i>Gráfico 13 Ingreso por único lugar de entrada y salida del recinto Cajape</i>	<i>113</i>
<i>Gráfico 14 Realización de pequeña ayuda solidaria</i>	<i>114</i>
<i>Gráfico 15 Vista a vivienda de bajos recursos (adicional no cuentan con servicio sanitario)</i>	<i>114</i>
<i>Gráfico 16 Estancamiento de aguas residuales provocando enfermedades a moradores..</i>	<i>115</i>

CAPÍTULO I

1. TITULO

“DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL RECINTO CAJAPE, UBICADO EN EL CANTÓN PALESTINA, PROVINCIA DEL GUAYAS”

1.1. PROBLEMAS DE ESTUDIO

En el Recinto Cajape, la falta de un sistema de alcantarillado sanitario adecuado es una problemática que afecta gravemente la salud pública, el medio ambiente y las condiciones de vida de quienes residen en la comunidad. La carencia se traduce en la gestión ineficiente de las aguas residuales domésticas, las cuales son generalmente manejadas a través de pozos sépticos rudimentarios o, en el peor de los casos, descargadas directamente en fuentes hídricas cercanas o en áreas abiertas sin haber recibido el tratamiento adecuado.

El sector cuenta con una población que, en su mayoría, no tiene acceso a servicios básicos de saneamiento lo cual es una situación crítica para el bienestar de la comunidad. La contaminación ambiental resultante de la carencia de infraestructura sanitaria también afecta negativamente la flora y fauna local, alterando los ecosistemas y reduciendo la biodiversidad.

Además, los olores desagradables y la acumulación de aguas residuales estancadas generan a una percepción desfavorable del área, afectando tanto el turismo como las oportunidades de crecimiento económico.

La aplicación de un sistema de alcantarillado sanitario en el Recinto Cajape no solo es una necesidad urgente desde el punto de vista sanitario y ambiental, sino también es de una perspectiva de desarrollo socioeconómico.

La infraestructura de saneamiento es clave para mantener un entorno limpio y saludable que fomente el progreso de la comunidad. La ausencia de un sistema de alcantarillado adecuado restringe el crecimiento urbano planificado y la capacidad de atracción de inversiones que podrían impulsar el progreso comunitario.

Un sistema de alcantarillado eficiente permitiría un manejo adecuado de las aguas residuales, reduciendo los riesgos de enfermedades y mejorando la calidad de vida de los habitantes.

El desarrollo de una infraestructura de saneamiento sanitario para el Recinto Cajape debe considerar las características geográficas, demográficas y socioeconómicas de los habitantes (Muñoz & Aldás, 2017). Es esencial realizar un diagnóstico detallado de las condiciones actuales, incluyendo un censo de población, un estudio de la topografía y un análisis de los patrones de uso del suelo. Con esta información, se pueden evaluar diferentes alternativas de diseño y seleccionar la más adecuada en términos de viabilidad técnica, económica y ambiental. Además, es crucial considerar la sostenibilidad del sistema, asegurando que sea operable y mantenerlo a largo plazo con los recursos disponibles en la comunidad.

Un aspecto importante para considerar es la participación de la comunidad; el incluir a los residentes del Recinto Cajape en el proceso de planificación y en la toma de decisiones no solo asegura que el diseño final sea coherente con sus requerimientos y expectativas, sino

que también fomenta el sentido de propiedad y responsabilidad hacia el sistema, lo que es fundamental para su éxito a largo plazo.

La educación y sensibilización sobre la relevancia de la salubridad y el correcto manejo de las aguas residuales son componentes clave para asegurar el uso adecuado y el mantenimiento del sistema (Organización Panamericana de la Salud, 2005) .

1.2. JUSTIFICACIÓN

La ausencia de un sistema de alcantarillado sanitario en el Recinto Cajape, en la provincia del Guayas, es una preocupación importante que tiene un impacto directo en la salud pública, el medio ambiente y el crecimiento socioeconómico de la comunidad. La instalación de un sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales con tanque Imhoff es una necesidad urgente y está justificada por una serie de importantes razones:

1.2.1. SALUD PÚBLICA:

La proliferación de enfermedades de origen hídrico como la diarrea, el cólera y la hepatitis A se contribuye a la gestión inadecuada de las aguas residuales mediante pozos sépticos rudimentarios o vertidos directos en el entorno (Mendoza, 2020). Los niños y los ancianos que son los grupos más vulnerables de la población son los más propensos a estas enfermedades. Un sistema de alcantarillado sanitario adecuado reducirá significativamente la incidencia de estas enfermedades, lo que mejorará la salud general de la comunidad (Iagua, 2017).

1.2.2. MEDIO AMBIENTE:

La contaminación del suelo y los recursos hídricos superficiales y subterráneos resulta de la falta de un sistema de alcantarillado adecuado (INEN, 2014). Esto no solo daña el medio ambiente local, sino que también daña la flora y la fauna, alterando los ecosistemas y reduciendo la biodiversidad. Implementar un sistema de alcantarillado reducirá estas consecuencias ambientales, lo que resultará en un entorno más limpio y sostenible.

1.2.3. DESARROLLO SOCIOECONÓMICO:

La ausencia de una estructura sanitaria apropiada obstaculiza el progreso económico y social del Recinto Cajape. Las malas condiciones impiden la inversión y el turismo, lo que tiene un impacto negativo en las oportunidades de desarrollo.

Además, la alta incidencia de enfermedades limita los recursos para otras áreas de desarrollo debido a la carga económica asociada con los costos de salud pública (Mendoza, 2020). Un sistema de alcantarillado sanitario bien diseñado y mantenido impulsará el crecimiento económico al mejorar las condiciones de vida y atraer inversiones (Aguay Rosillo, 2016)

1.2.4. CALIDAD DE VIDA:

La implementación de una infraestructura de saneamiento tendrá una influencia considerable en el bienestar de los habitantes del Recinto Cajape. Un entorno más limpio y saludable disminuirá la exposición a riesgos sanitarios, lo que establecerá una base más sólida para el crecimiento personal y comunitario (TERÁN).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales para el Recinto Cajape ubicado en el cantón Palestina mediante los estudios de ingeniería pertinentes con el fin de mejorar las condiciones sanitarias y ambientales de la comunidad.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las características del recinto Cajape, abarcando el número de usuarios, la distribución geográfica y las necesidades de gestión de aguas residuales, con la finalidad de establecer los requisitos particulares para el sistema de alcantarillado y tratamiento.
- Trazar una red de alcantarillado sanitario óptimo para el Recinto Cajape mediante un levantamiento topográfico, identificación de puntos de generación de aguas residuales y diseño de colectores con pendientes adecuadas, para asegurar una gestión eficiente y segura de las aguas residuales, mejorando la calidad de vida de los habitantes y cumpliendo con las normativas ambientales y de salud pública.
- Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante la implementación del tanque Imhoff con el propósito de evitar la contaminación del cuerpo de agua receptor.

CAPÍTULO II

MARCO HIPOTÉTICO

La implementación de un sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales en el Recinto Cajape ¿reducirá la incidencia de enfermedades relacionadas con el agua, mejorando las condiciones de vida de la población?

2. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

Es esencial analizar y examinar los enfoques teóricos más destacados que tratan el tópico. Para el desarrollo del proyecto se requiere conocer aspectos y características importantes que darán forma a la planificación del sistema de saneamiento sanitario y al tratamiento de aguas servidas. Además, es fundamental contar con una base teórica sólida que posibilite la comprensión de los principios y procesos involucrados.

2.1. UBICACIÓN

El estudio se concentra en un área rural del Cantón Palestina, específicamente en el Recinto Cajape, Provincia del Guayas. Este lugar posee un alrededor de 50 casas con aproximadamente 400 personas viviendo allí. Tiene un área externa de 14,659.07 metros cuadrados, lo que equivale a 1.47 ha. Situado a una distancia de 4.80 kilómetros del río Daule.



Ilustración 1 Recinto Cajape

2.2. CONCEPTOS BÁSICOS DE SANEAMIENTO

2.2.1. DEFINICIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO:

Es una red que recolecta y lleva las aguas servidas generadas en hogares y comercios hacia las instalaciones de tratamiento o puntos de disposición final. Con el fin de resguardar la salud pública y el medio ambiente, su diseño y operación adecuados son esenciales (Coello Merchán, 2022).

2.2.2. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO:

- **Colectores principales:** Grandes tuberías que llevan las aguas residuales a las plantas de tratamiento (INCyTU, 2019).
- **Colectores secundarios:** Las tuberías más pequeñas de los hogares recogen las aguas residuales y las llevan a los colectores principales (INCyTU, 2019).
- **Plantas de tratamiento:** Los lugares donde se tratan las aguas residuales para eliminar los contaminantes antes de ser devueltos al medio ambiente o reutilizados (INCyTU, 2019).

2.3. IMPACTOS DE LA FALTA DE ALCANTARILLADO SANITARIO

2.3.1. TIPOS DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO:

- **Sistemas combinados:** Reciben aguas pluviales y residuales en la misma red de tuberías (Aguay Rosillo, 2016).
- **Sistemas separados:** Tienen redes separadas para las aguas residuales y las aguas pluviales, lo que facilita el tratamiento individual de cada tipo de agua (Aguay Rosillo, 2016).

2.3.2. SALUD PÚBLICA:

La ausencia de una red de alcantarillado sanitario en el Recinto Cajape es un factor importante en la propagación de enfermedades causadas por el agua.

La OMS señala: “las enfermedades que se propagan a través del agua son una de las principales causantes de mortalidad y enfermedades en áreas sin acceso a saneamiento adecuado. La diarrea, el cólera, la hepatitis A y la fiebre tifoidea” (Organización Mundial de la Salud, 2023).

2.3.3. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL:

La contaminación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos es el resultado de una mala gestión de aguas residuales. Los pozos sépticos mal contruidos o mantenidos y el vertido directo de aguas residuales causan la degradación del agua y del suelo, afectando la flora y fauna locales y alterando los ecosistemas (Organización Mundial de la Salud, 2019).

2.3.4. IMPACTO SOCIOECONÓMICO:

La falta de infraestructura de saneamiento obstaculiza el progreso económico y social. Las malas condiciones desincentivan la inversión y el turismo, y debido a incidencia de enfermedades, aumentan los costos de salud pública. Además, la falta de saneamiento perpetúa el ciclo de pobreza y afecta la calidad de vida de los residentes (Aguay Rosillo, 2016).

2.4. METODOLOGÍAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

2.4.1. DIAGNÓSTICO INICIAL:

Antes de crear un sistema de alcantarillado, es fundamental llevar a cabo un diagnóstico completo de la situación actual. El censo poblacional, los estudios topográficos, el análisis de los patrones de uso del suelo y las evaluaciones de las condiciones hidrológicas y geológicas son parte de esto (EMAAP, 2009).

2.4.2. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO:

Se deben considerar diferentes alternativas de diseño, evaluando su viabilidad técnica, económica y ambiental. Entre las alternativas se pueden incluir:

- Sistemas de alcantarillado convencional.
- Sistemas de alcantarillado simplificado o condominial.
- Sistemas descentralizados de tratamiento de aguas residuales.

2.4.3. DISEÑO HIDRÁULICO:

El diseño hidráulico abarca los cálculos de dimensiones de las redes de tuberías, pendiente requerida para garantizar el flujo gravitacional evitando bloqueos, capacidad de colectores para buen manejo del volumen de agua o residuos y plantas de tratamientos. El diseño debe garantizar el funcionamiento del sistema asegurando su durabilidad, el cumplimiento de normativas y estándares de calidad.

2.4.4. SOSTENIBILIDAD Y MANTENIMIENTO:

Garantizar la sostenibilidad y mantenimiento de una red de alcantarillado es necesario que sea sostenible a largo plazo, lo que significa que se debe tener en cuenta los aspectos operativos e implementación de tecnologías orientadas a prevenir la contaminación de entornos naturales. Se necesita desarrollar un plan de gestión que contemple la supervisión constante, la formación del personal local y la involucración de la comunidad en el cuidado del sistema.

2.5. CASOS DE ESTUDIO Y BUENAS PRÁCTICAS

2.5.1. EJEMPLOS INTERNACIONALES:

- **Brasil - Programa de Aceleração do Crescimento (PAC):** El Programa lanzado inicialmente en 2007 y revitalizado en 2023 como Novo PAC, incluye inversiones significativas en la expansión y optimización de los sistemas de saneamiento y de las instalaciones de procesamiento de aguas servidas. Este programa busca disminuir la contaminación de los cuerpos de agua y mejorar las condiciones de salud pública mediante la construcción de infraestructura adecuada para el tratamiento de aguas residuales (Ministério das Relações Exteriores, 2023)
- **México - Programa de Saneamiento de Aguas Residuales (PROSANEAR):** En México, el programa se enfoca en la asignación de recursos federales para mejorar la infraestructura de saneamiento. Este programa apoya la construcción y rehabilitación de plantas de tratamiento de aguas residuales y la expansión de la red de alcantarillado, contribuyendo a la reducción de la contaminación hídrica y la mejora de la salud pública (Comisión Nacional del Agua, 2024)

2.5.2. EJEMPLOS NACIONALES:

- **Programa de Inversiones en Agua y Saneamiento con apoyo del BID:** Ecuador ha puesto en marcha un programa de inversiones en agua potable, saneamiento y gestión de residuos sólidos con el apoyo de un crédito de 120 millones de dólares aprobado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Este programa busca incrementar la cobertura y optimizar la calidad de los servicios de saneamiento., incluyendo la construcción y rehabilitación de infraestructura de tratamiento de aguas residuales (ULTIMA HORA, 2023)

2.5.3. LECCIONES APRENDIDAS:

Los casos de estudio demuestran que el éxito de la ampliación del sistema de saneamiento y procesamiento de aguas residuales está condicionado por diversos factores. La participación comunitaria y el apoyo institucional son fundamentales, como se observa en el Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) en Brasil, que resalta la importancia de la colaboración entre el gobierno y la comunidad para reducir la contaminación y mejorar la salud pública (Ministério das Relações Exteriores, 2023). Además, la sostenibilidad financiera y un diseño adecuado a las circunstancias locales son esenciales, tal como lo demuestra el Programa de Saneamiento de Aguas Residuales en México, que asigna recursos federales para mejorar la infraestructura de saneamiento y reducir la contaminación hídrica (Comisión Nacional del Agua, 2024). La educación y sensibilización de la comunidad son igualmente cruciales para garantizar el uso y mantenimiento adecuado del sistema, asegurando la efectividad a largo plazo de las inversiones en infraestructura (ULTIMA HORA, 2023).

2.6. ALCANTARILLADO SANITARIO

La red de alcantarillado sanitario es una instalación que acumula y transporta aguas residuales desde edificios y zonas urbanas hasta estaciones de tratamiento o puntos de descarga apropiados (Muñoz & Aldás, 2017).

La meta principal del sistema de alcantarillado sanitario es remover los desechos de forma eficiente mientras se protege el entorno natural y la salud pública.

Conforme a (Lopez Moreira, Jaramillo Jiminez, & Ramirez Pinela, 2020) en su artículo “Sistema de alcantarillado y aguas residuales en Guayaquil se aborda la problemática de la congestión del sistema de saneamiento y aguas servidas en ciertos sectores de Guayaquil ha sido un problema constante en los últimos años. Esto se debe al deficiente mantenimiento proporcionado por la empresa EMAPAG, esto provoca la filtración de aguas servidas en las vías, lo que dificulta la movilidad de los habitantes y los expone a una variedad de enfermedades, desde resfriados hasta neumonía debido a la inhalación de bacterias.

El estudio tuvo como un enfoque cuantitativo con un diseño descriptivo-explicativo al analizar las prácticas de mantenimiento aplicadas en los sistemas de saneamiento y aguas servidas en Guayaquil. La investigación se llevó a cabo en un área cerca del Estero Salado, específicamente en el sector Cristo del Consuelo. Los resultados muestran que el 60% de los habitantes de esta zona cree que el mal manejo de las aguas residuales tiene un impacto negativo en el medio ambiente. Un mantenimiento adecuado de estos sistemas podría prevenir problemas graves, como enfermedades en la población, plagas, contaminación ambiental y, en general, promover mejores condiciones de vida de los ciudadanos que viven en áreas afectadas

Los elementos esenciales de una red de alcantarillado sanitario incluyen:

2.6.1. RED DE ALCANTARILLADO:

Está compuesto por distintos tramos de conducciones subterráneas que recogen las aguas servidas de viviendas, comercios o demás establecimientos, llevándolas a instalaciones de procesamiento de aguas servidas (Muñoz & Aldás, 2017).

Las conducciones sanitarias se diseñan con inclinaciones precisas que permiten el flujo de las aguas servidas por gravedad, creando así una malla completamente integrada en la zona analizada (Muñoz & Aldás, 2017).

2.6.2. COLECTORES PRINCIPALES:

Se trata de tuberías de mayor tamaño que agrupan las aguas residuales de diversas tuberías más pequeñas y las transportan hasta la planta de tratamiento. Los colectores principales, como su nombre indica, son los de mayor diámetro y se encuentran en las calles principales, siendo así la red principal que controlará todo el sistema (EMAAP, 2009).

2.6.3. COLECTORES SECUNDARIOS:

Son conductos de menor diámetro que captan las aguas servidas de zonas más reducidas y las enlazan con los colectores principales. Estos ramales secundarios se despliegan a lo largo de las calles secundarias y están equipados con cajas de registro que se conectan a cada vivienda (Muñoz & Aldás, 2017).

2.6.4. CÁMARAS O POZOS:

Los pozos de acceso en el sistema de alcantarillado permiten realizar inspecciones y mantener las tuberías en buen estado. Además de ser parte de la red principal, estos pozos

también funcionan como puntos de entrada para efectuar reparaciones cuando se requiera (Muñoz & Aldás, 2017).

2.7. TANQUE IMHOFF

Lleva su nombre en honor a Karl Imhoff, un ingeniero civil alemán que fue un precursor en este ámbito.

Estos tanques son una unidad fundamental en el procesamiento de aguas servidas. Se encargan de remover los sólidos suspendidos presentes en el agua residual. Estos tanques pueden eliminar del 50-70% de los sólidos suspendidos y 25-50% de la demanda biológica de oxígeno del agua residual (Carbajal Huincho, 2021).

Dado que esta clase de tanque desempeña una función dual al permitir tanto la separación de materiales sólidos como el procesamiento de lodos dentro de una sola estructura, es relevante subrayar que su uso es recomendable en comunidades con menos de 2,000 habitantes y con caudales reducidos.

Como ventajas, descubrimos que son fáciles de construir porque no requieren componentes mecánicos, tienen un tiempo de retención más corto que las lagunas de oxidación y presentan costos reducidos tanto en su construcción como en su operación (2012).

El procesamiento de aguas residuales en el tanque IMHOFF se lleva a cabo a través de un compartimento de sedimentación con paredes en forma de V y una abertura en su base, lo que facilita la acumulación de sólidos en un compartimento de digestión de lodos que cuenta con mecanismos de evacuación de gases (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Los gases producidos en el compartimento de digestión ascienden hacia las salidas de ventilación ubicadas en los bordes del reactor, transportando las partículas de lodo hasta la superficie líquida, donde se forma una película de espuma (Mendoza, 2020).

El lodo se asienta en el compartimento designado para su tratamiento, donde es compactado y sometido a un proceso de estabilización parcial mediante digestión anaerobia (Tilley, y otros, s.f.).

2.7.1. LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS:

Se trata de partículas presentes en el agua que pueden ser eliminadas a través de procesos de filtración o sedimentación. Estas partículas, tanto orgánicas como inorgánicas, presentan una concentración variable, influenciada por el tipo de agua residual, el diseño del tanque y las condiciones ambientales. Debido a que los sólidos en suspensión impactan la calidad del efluente y el desempeño del tanque, es crucial mantener un control riguroso de sus niveles. (ACQUAPHI, s.f.).

2.7.2. TDS/SÓLIDOS DISUELTOS:

Hace referencia a la concentración de minerales, metales, materia orgánica y sales disueltas en un volumen específico de agua, generalmente medida en miligramos por litro. Este concepto está estrechamente vinculado con la calidad y el grado de pureza del agua, particularmente en lo que respecta a los sistemas de tratamiento hídrico (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA).

2.7.3. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Es necesario evaluar la capacidad de funcionamiento, así como el estado actual del sistema de alcantarillado, ocasionalmente, es necesario realizar mantenimiento preventivo utilizando equipos como el Hidrocleaner que garantizan el mantenimiento periódico de las instalaciones sanitarias.

Los sistemas de saneamiento y drenaje pluvial, junto con las redes, matrices y pozos, se utilizan para prevenir bloqueos en las tuberías de saneamiento causados por sedimentos, residuos sólidos, bolsas de basura u otros materiales (NEC-11, 2011) El mantenimiento periódico permite identificar y remover estos bloqueos antes de que generen problemas más serios, como desbordamientos o acumulación de agua en las viviendas de los residentes.

Este proceso garantiza un flujo continuo, dado que, con el tiempo, las líneas de alcantarillado pueden sufrir deterioro, corrosión o incluso colapsar. Un mantenimiento adecuado no solo asegura un flujo eficiente, sino que también elimina restricciones en el sistema, detecta y repara cualquier daño o desgaste en las tuberías. (VILLACRÉS PARRA, 2016).

El mantenimiento inadecuado del sistema de alcantarillado puede provocar la emisión de olores molestos y la atracción de plagas, como roedores e insectos. La limpieza y desinfección de las tuberías son partes esenciales del mantenimiento regular para prevenir la propagación de olores y plagas.

Este proceso asegura la continuidad del flujo, considerando que, con el tiempo, las líneas de alcantarillado pueden experimentar deterioro, corrosión o incluso colapsar. Un mantenimiento adecuado no solo optimiza la eficiencia del flujo, sino que también elimina

las restricciones en el sistema, al tiempo que identifica y repara cualquier daño o desgaste en las tuberías (EMAAP, 2009).

2.7.4. VENTAJAS DEL TANQUE IMHOFF

- ✓ Mejora la digestión del lodo de manera más efectiva que un tanque séptico, generando un efluente con características más beneficiosas.
- ✓ No liberan lodo en el efluente.
- ✓ El lodo presenta un contenido de humedad del 90 al 95 %, lo que facilita su secado y evacuación en comparación con el lodo proveniente de los tanques sépticos.
- ✓ Las aguas residuales que llegan a los tanques Imhoff no requieren un proceso de tratamiento previo, a excepción de pasar por un tamiz grueso y separar las arenas.
- ✓ Estas unidades requieren menos tiempo de retención que las lagunas.
- ✓ Tiene bajos costos de construcción y mantenimiento.
- ✓ En comparación con las lagunas de estabilización, su construcción requiere poco terreno. Los efluentes cumplen con determinados estándares para prevenir la contaminación de las aguas y resultan apropiados para ciudades y comunidades donde no se requiere una supervisión continua y detallada.

2.8. MARCO LEGAL

En la planificación de sistemas de alcantarillado sanitario, pozos de inspección y tuberías, es crucial cumplir con las normativas y reglamentos locales y nacionales, asegurando además que los diseños sean supervisados y aprobados por las autoridades competentes. Es fundamental referirse a las especificaciones técnicas actuales en Ecuador para la planificación y construcción de sistemas de saneamiento y tratamiento de aguas residuales, a fin de garantizar el cumplimiento de las disposiciones establecidas en el país.

Entre las normas técnicas están:

- NEC-11. (2011). *NORMA HIDROSANITARIA NHE AGUA*.
- EMAAP. (2009). *NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PARA LA EMAAP-Q*. QUITO.
- INEN 005-9-2. (1997). *CÓDIGO DE PRÁCTICA PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL*. QUITO.
- INEN. (2014). *NTE INEN 1108 - AGUA POTABLE REQUISITOS*. QUITO.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. PARÁMETROS DE DISEÑO

3.1.1. VIDA PROBABLE DE LAS ESTRUCTURAS Y EQUIPO

El período está determinado por la duración misma de los materiales de los que estén hechos los componentes, otro factor que influye la calidad, operación y mantenimiento del sistema.

El tiempo de cálculo debe distribuirse a lo largo de la vida útil estimada de la red de distribución o de la planta de procesamiento de aguas residuales, en lugar de considerar las bombas que pueden ser reparadas o sustituidas si ocurre un desperfecto (NEC-11, 2011).

Tabla 1 vida útil de los elementos.

N	COMPONENTE	VIDA ÚTIL (AÑOS)
1	Diques grandes y túneles	50 a 100
2	Obras de captación	25 a 50
3	Pozos	10 a 25
4	Conducciones de hierro útil	40 a 50
5	Conducciones de asbesto cemento o PVC	20 a 30
6	Planta de tratamiento	30 a 40
7	Tanque de Almacenamiento	30 a 40
8	Tuberías principales y secundarias de la red: De hierro dúctil De asbesto cemento o PVC	40 a 50 20 a 25

Fuente: (CPE INEN 005-9-1,1997)

3.1.2. DOTACIÓN

Se refiere a la cantidad de agua asignada por persona, considerando todos los usos de los servicios y las pérdidas físicas dentro del sistema, durante un día promedio del año. Se mide en litros por habitante por día (l/Hab x día).

3.1.3. DOTACIÓN FUTURA

Se describe como el volumen estimado de aguas servidas que se generará por persona en el futuro. Esta proyección considera factores como el crecimiento poblacional, cambios en los hábitos de consumo de agua, mejoras en la infraestructura sanitaria y posibles incrementos en la cobertura de servicios (Metcalf & Eddy, 2014).

3.1.4. APORTACIÓN

El paso siguiente consiste en calcular la aportación, que representa la cantidad total de aguas residuales generadas y descargadas en una red de drenaje, una instalación de tratamiento o directamente en el medio ambiente. Esta medición es esencial para evaluar la carga contaminante y determinar la necesidad de tratamiento en un sistema de saneamiento que emplea un método primario de tratamiento de aguas residuales.

La aportación de aguas residuales puede verse influenciada por diversos factores, entre los cuales se incluyen la población atendida, las actividades industriales y comerciales, las condiciones climáticas y la efectividad de las prácticas de conservación del agua.

3.1.5. CONSUMOS

3.1.5.1. CONSUMO DOMÉSTICO

El clima, la cultura y las costumbres afectan este nivel de consumo.

Tabla 2 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

NIVEL DE SERVICIO	CLIMA FRIO (lts/hab*día)	CLIMA CÁLIDO (lts/hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Fuente: (CPE INEN 005-9-1,1997)

Tabla 3 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excretas y residuos líquidos

NIVEL	SISTEMA	DESCRIPCIÓN
0	AP DE	Sistemas individuales. Diseñar de acuerdo a las disponibilidades técnicas, usos previstos del agua, preferencias y capacidad económicas del usuario.
Ia	AP DE	Grifos públicos Letrinas sin arrastre de agua
Ib	AP DE	Grifos públicos más unidades de agua para lavado de ropa y baño Letrinas con o sin arrastre de agua
IIa	AP DE	Conexiones domiciliarias, con un grifo por casa Letrinas con o sin arrastre de agua
IIb	AP DRL	Conexiones domiciliarias, con más de un grifo por casa Sistema al alcantarillo sanitario

Fuente: (CPE INEN 005-9-1,1997)

3.1.5.2. CONSUMO PÚBLICO

El riego de jardines públicos, el lavado de calles, el llenado de piscinas y el mantenimiento de parques, plazas, mataderos y hospitales son ejemplos de usos de agua que se deben considerar para calcular las aguas servidas. Es importante tener en cuenta que, en áreas con menos de 20,000 habitantes, el consumo público alcanza aproximadamente 35 litros por persona al día (INEN 005-9-2, 1997).

3.1.5.3. CONSUMO INDUSTRIAL

En zonas desarrolladas, el agua puede tener una importancia significativa para el comercio y la industria. Aunque numerosos autores ofrecen datos de consumo para diversas industrias, es aconsejable solicitar informes específicos y realizar investigaciones sobre industrias relacionadas con el proyecto u obtener datos de industrias con operaciones y perspectivas similares (INEN 005-9-2, 1997).

3.1.6. VARIACIÓN DE CONSUMOS

3.1.6.1. CONSUMO MEDIO (CM)

La media aritmética de la ingesta diaria durante un año se conoce como consumo medio. Esto se establece utilizando datos de medición del consumo, de acuerdo con la norma (INEN 005-9-2, 1997)

3.1.6.2. CONSUMO MÍNIMO (CMIN)

El día de mayor consumo del año es el que representa el caudal máximo diario y se puede obtener utilizando la siguiente fórmula:

$$CMD = 0.5 \times CM$$

Diámetro	Excusado de 16 litros	Excusado de 6 litros
	Gasto mínimo Agua residual	Gasto mínimo Agua residual
cm	l/s	l/s
20	1.5	1.0
25	1.5	1.0
30	3.0	2.0
38	3.0	2.0
46	4.5	3.0
61	7.5	5.0
76	12.0	8.0
91	18.0	12.0

Ilustración 2 Consumo Mínimo de Aguas Residuales, con Descargas Sanitarias

Fuente: (Conagua, 2010).

3.1.6.3. CONSUMO MÁXIMO (CMÁX)

El valor máximo de escurrimiento que se puede presentar en un instante dado se conoce como gasto máximo instantáneo. Para calcular este gasto, se toma en cuenta la cantidad de personas servidas y no se tiene en cuenta la situación socioeconómica de la población (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA)

El coeficiente de Harmon (M) se utiliza para calcular el gasto máximo instantáneo:

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{Pd}{1000}}}$$

$$CMH = M \times CM$$

Dónde:

- $CMD = \text{Caudal medio diario (l/s)}$
- $M = \text{Coeficiente de Harmon (M)}$

En regiones con menos de 1 000 habitantes, el coeficiente M es constante e igual a 3.8.

Para una población mayor a 100 000, el coeficiente M se considera constante e igual a 2.0, lo que significa que su valor a partir de esa población no viola la Ley de variación de Harmon (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA)

3.1.7. ESTUDIO POBLACIONAL

La población de diseño se calculará utilizando la población actual, teniendo en cuenta las características de la comunidad para determinar la población flotante y su impacto en el sistema a diseñar.

Las proyecciones de crecimiento para la población futura se elaborarán empleando al menos tres métodos reconocidos, tales como la proyección aritmética, geométrica, incrementos diferenciales, comparativa, entre otros. La estimación de la población futura se realizará considerando factores eficaces, sociales y geopolíticos (NEC-11, 2011)

Tabla 4 Población del Recinto Cajape

RECINTO	NO. DE HABITANTES	HOMBRES	MUJERES
Cajape	273	146	127

Fuente: Autores

3.1.8. POBLACIÓN ACTUAL

La población al momento de elaborar el estudio del proyecto se considerará como la población actual. Si es factible, se deberá realizar un censo para determinar con precisión la población del área del proyecto.

Si no se realiza un censo, se procederá a efectuar un muestreo de la población en la zona de estudio. Es fundamental considerar la migración de los habitantes.

3.1.9. POBLACIÓN FUTURA

La población se integrará al sistema de alcantarillado una vez que el proyecto esté concluido. Existen diversos modelos matemáticos para estimar la población.

Los métodos de estimación poblacional que se examinarán en este documento presentan ciertas limitaciones en términos de precisión. Es importante tener en cuenta que esta precisión disminuye a medida que se extiende el período de previsión, se reduce la población local e incrementan la velocidad de variación de la población.

3.1.10. MÉTODO ARITMÉTICO

Este método supone que la población crece a un ritmo constante, lo que significa que, en cada período futuro, se suma una cantidad fija a la población registrada en el último censo.

El crecimiento de cada período puede determinarse utilizando los datos de los dos censos más recientes

$$Pd = Pi + n \left(\frac{Pi - Po}{m} \right)$$

Donde:

- *Pd= Población de diseño*
- *Pi= Población del último censo*
- *Po= Población del censo anterior*
- *m= Diferencia de Periodos entre los dos censos analizados*
- *n= Periodo de diseño (vida Útil)*

3.1.11. MÉTODO GEOMÉTRICO

Este enfoque es particularmente aplicable a ciertos grupos poblacionales, especialmente en ciudades que aún no han alcanzado un desarrollo avanzado y que continúan creciendo a un ritmo comparable al de años anteriores.

Tabla 5 Índice de Crecimiento Poblacional

REGIÓN GEOGRÁFICA	R (%)
Sierra	1 %
Costa, Oriente y Galápagos	1,5 %

Fuente: Autores

$$Pd = Pi(1 + r)^n$$

Donde:

- *Pd= Población de diseño*
- *Pi= Población del último censo*
- *r= Índice de Crecimiento Poblacional*
- *n= Periodo de diseño (vida Útil)*

3.1.12. MÉTODO LOGARÍTMICO

Es una técnica utilizada en demografía y en otros campos para proyectar el crecimiento poblacional. Se basa en la relación logarítmica entre la población y el tiempo, asumiendo que el crecimiento poblacional disminuye con el tiempo a medida que la población se estabiliza. Es especialmente útil en situaciones donde el crecimiento poblacional no sigue un patrón exponencial puro, sino que tiende a desacelerarse.

$$P_d = P_i(e)^{rn}$$

Donde:

- *P_d = Población de diseño*
- *P_i = Población del último censo*
- *r = Índice de Crecimiento Poblacional*
- *n = Periodo de diseño (vida Útil)*

3.1.13. VIDA ÚTIL DEL PROYECTO

La vida útil de un proyecto se define como el período en el cual se prevé que el proyecto proporcionará beneficios económicos y sociales a la comunidad o a la organización que lo implementa.

La vida útil de un proyecto puede variar según su tipo, alcance y objetivos específicos, por lo que debe tenerse en cuenta la calidad de los elementos y accesorios utilizados.

3.1.14. CAUDALES

Una vez calculado el flujo de aguas residuales, se procederá a determinar la ubicación y el dimensionamiento de las tuberías (colectores y tirantes), así como de las cajas de registro y las cámaras de inspección. Estos dimensionamientos se realizarán conforme a criterios hidráulicos, con el objetivo de prevenir la sedimentación y evitar sobrecargas en el flujo.

3.1.14.1. CAUDAL DE DISEÑO

Finalmente, se podrá determinar el caudal de diseño sanitario, el cual, de acuerdo con la normativa vigente, se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$Qd = QMH + QINF + QCE$$

Donde:

QMH = Caudal máximo horario

QINF = Caudal de infiltración

QCE = Caudal de conexiones erradas

El caudal de diseño de cada tramo de la red de colectores será determinado sumando el caudal máximo horario del día más crítico (QMH) a los aportes adicionales de infiltraciones y conexiones existentes. (INTERAGUA, 2014).

3.1.14.2. CAUDAL DE INFILTRACIÓN

El caudal que ingresa al alcantarillado puede ser resultado de juntas mal hechas, fisuras en los colectores o problemas en la unión de las cámaras de inspección con los colectores (LEÓN PIEDRA & LINDAO PALMA, 2016).

La siguiente tabla muestra los rangos para la estimación del caudal de filtración:

Tabla 6 Valores de caudales de infiltración

Infiltración alta	0.15-0.4 l/s-ha
Infiltración media	0.1-0.3 l/s-ha
Infiltración baja	0.05-0.2 l/s-ha

Fuente: (INTERAGUA, 2014)

3.1.15. VELOCIDAD MÍNIMA

La velocidad mínima permite que las alcantarillas se limpien por sí solas en momentos de mayor acumulación de sólidos y caudal bajo de aguas residuales.

Según la norma (CEPIS, 2005), la velocidad mínima del líquido para un colector primario o secundario debe ser de 0,45 m/s, y preferiblemente superior a 0,6 m/s, para que la tubería se limpie por sí sola y se evite la acumulación de gas sulfhídrico (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA)

3.1.16. VELOCIDAD MÁXIMA

Es importante tener en cuenta que un exceso de velocidad en la tubería puede dañar el interior de la tubería o la conexión con las cajas domiciliarias o el pozo de revisión. Las velocidades máximas permitidas, en función del material de la tubería, se muestran en la siguiente tabla (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA)

Tabla 7 Velocidad máximas a tubo lleno y coeficientes de rugosidad recomendados

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
	4,5-5	0,011
Asbesto cemento	4,5	0,11
Plástico		

Fuente: (INEN 5, 1992)

3.1.17. POZOS DE REVISIÓN

Son componentes utilizados para garantizar el correcto funcionamiento de la red del colector. En estos pozos se realizan tareas de limpieza, mantenimiento y recepción de aguas provenientes de los distintos ramales de la red.

Con un diámetro mínimo de 0,60 m, la separación máxima permitida entre los pozos de revisión es de 100 m (LEÓN PIEDRA & LINDAO PALMA, 2016). Se colocarán pozos de revisión en:

- ✓ Cambios de pendientes
- ✓ Cambios de dirección
- ✓ Cambio del material de tubería
- ✓ Cambio de diámetro de tubería

Los pozos deberán ser instalados de manera que se evite la entrada de agua pluvial; en caso contrario, se diseñarán tapas herméticas especiales para prevenir el acceso de la esorrentía superficial. Las tapas están fabricadas en hierro fundido y cuentan con un dispositivo de ajuste para evitar su pérdida. Además, se instalarán escaleras portátiles para facilitar el acceso a los pozos (LEÓN PIEDRA & LINDAO PALMA, 2016).

Tabla 8 Diámetros de pozos de revisión

DIÁMETRO DE LA TUBERÍA mm	DIÁMETRO DEL POZO m
Menor o igual a 550	0,9
Mayor a 550	Diseño especial

Fuente: (León Piedra Eduardo Alexis & Lindao Palma Gilson Eduardo, 2016)

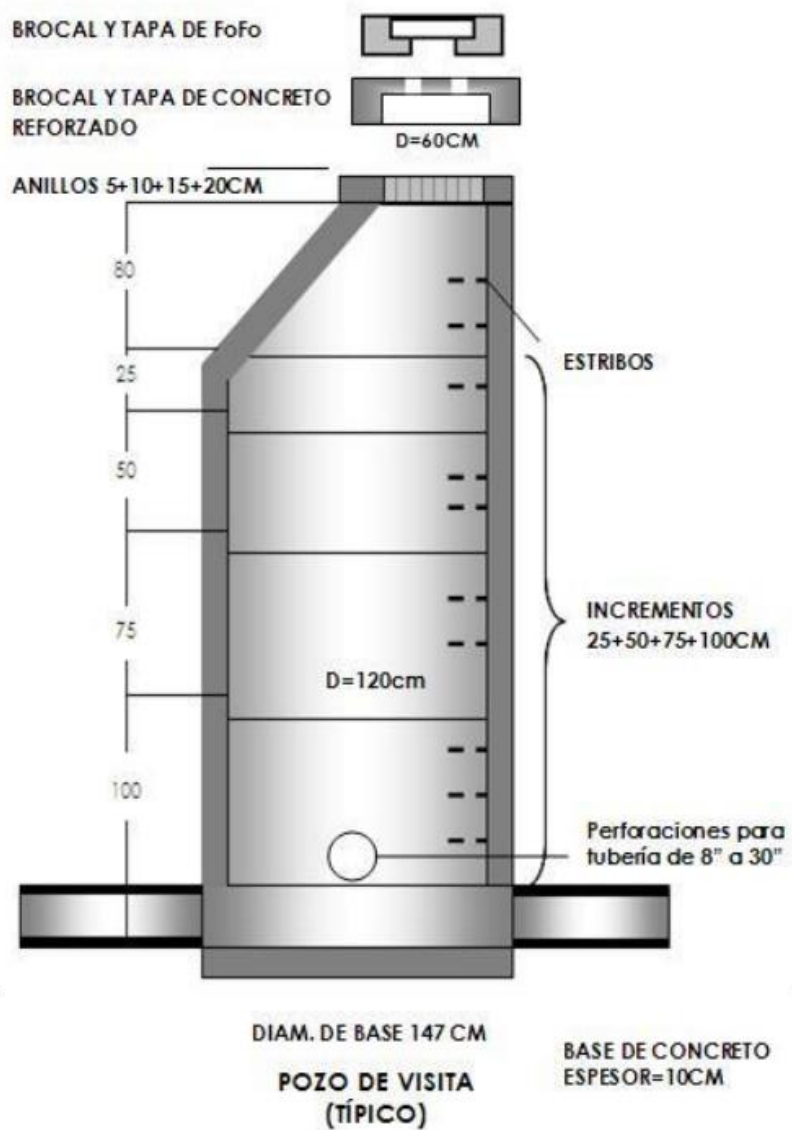


Ilustración 3 Pozo de visita de concreto prefabricado
Fuente: (León Piedra Eduardo Alexis & Lindao Palma Gilson Eduardo, 2016)

3.1.18. CONEXIONES DOMICILIARIAS

La caja de revisión constituye el primer elemento de la conexión domiciliaria y se conectará a una tubería domiciliaria. Su propósito es facilitar la limpieza de las conexiones en los domicilios (LEÓN PIEDRA & LINDAO PALMA, 2016).

La conexión domiciliaria tendrá un diámetro de 110 mm y una pendiente del 1% hasta la caja de registro. La red terciaria, que se extiende desde la caja de registro hasta el colector, deberá presentar una pendiente mínima del 4%. Las cajas de registro serán construidas en hormigón armado con dimensiones de 60 por 60 centímetros (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA).

3.2. SISTEMA DE AGUAS SERVIDAS

Para llevar a cabo la instalación de un sistema de alcantarillado sanitario, es esencial identificar los puntos de recolección de aguas residuales en el recinto Cajape. A continuación, se deben considerar las cotas del área, las cuales pueden obtenerse a partir del mapa topográfico de Ecuador o mediante un levantamiento topográfico. Las cotas más altas marcarán el inicio del sistema, mientras que las cotas más bajas señalarán el punto de llegada (Coello Merchán, 2022)

Posteriormente, se realizará el diseño del trazado de la red de alcantarillado, en el cual la ubicación de las viviendas será un factor determinante. Posteriormente, se ubicarán las cajas de registro en el sector correspondiente y se procederá a su enumeración (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

La capacidad de las cajas de registro y cámaras de inspección se determina en función de los flujos y las cargas orgánicas correspondientes. Luego, se procede a seleccionar el tipo

de cajas y cámaras, ya sean prefabricadas o construidas in situ, con el fin de establecer la profundidad adecuada para cada una. El cálculo de los diámetros de las tuberías se fundamenta en los caudales y las velocidades de diseño, dando prioridad a la calidad de los componentes al seleccionar los materiales apropiados para las tuberías y accesorios (Aguay Rosillo, 2016).

Para asegurar un flujo adecuado de aguas residuales, se debe considerar que el diseño y la instalación de las tuberías deben ajustarse a las pendientes especificadas. Siguiendo las normas y criterios hidráulicos, se colocan cámaras de inspección en el centro del trazado y se les asignan nombres. El cálculo de los diámetros de las tuberías se fundamenta en los caudales y las velocidades de diseño, dando prioridad a la calidad de los componentes al seleccionar los materiales apropiados para las tuberías y accesorios

Por último, se redactan los planos y la documentación técnica detallada que describe tanto el diseño como las especificaciones del sistema de alcantarillado.

3.3. TRATAMIENTO TANQUE IMHOFF

Para preservar el medio ambiente, es esencial desarrollar un plan preliminar para una instalación destinada al tratamiento de las aguas servidas provenientes del recinto Cajape. Con el fin de asegurar un tratamiento efectivo de las aguas residuales, el diseño del tanque Imhoff debe seguir una serie de pasos y consideraciones cruciales (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Estos pozos están diseñados sin piezas mecánicas que requieran mantenimiento. La operación diaria implica la eliminación de la espuma, su evacuación por el orificio más cercano, la distribución de los sólidos conforme al diseño en los dos extremos del digestor, y su retiro periódico para el lecho de secado (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA).

Las especificaciones técnicas para el diseño y construcción del tanque Imhoff están detalladas en el documento (Organización Panamericana de la Salud, 2005), que proporciona directrices para la construcción de tanques Imhoff.

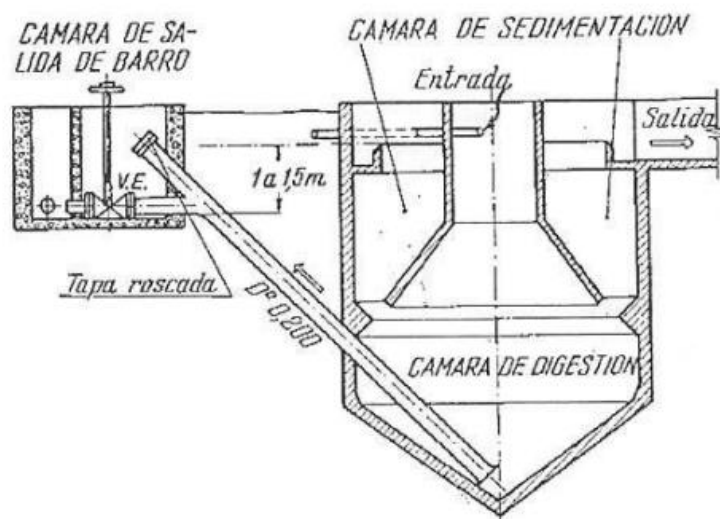


Ilustración 4 Corte lateral del tanque Imhoff

Fuente: Fuente: (León Piedra Eduardo Alexis & Lindao Palma Gilson Eduardo, 2016)

3.3.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Es fundamental analizar las características de las aguas residuales que se introducirán en el tanque Imhoff, abarcando aspectos como la composición química, la carga orgánica, la concentración de sólidos suspendidos, el pH y la temperatura. Dicho análisis permitirá definir las dimensiones y la capacidad requeridas del tanque. (Díaz Cuenca, Alavarado Granados, & Camacho Calzada, 2012).

3.3.2. SELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL TANQUE IMHOFF

El volumen del tanque se determinará en función de la cantidad de agua residual y las características del recinto, siguiendo las recomendaciones establecidas en la normativa ecuatoriana.

3.3.3. DISEÑO DEL TANQUE IMHOFF

El diseño del tanque Imhoff se llevará a cabo teniendo en cuenta las características del terreno y cumpliendo con la normativa ecuatoriana vigente (Organización Panamericana de la Salud, 2005).

Se determinarán las dimensiones, el caudal de entrada y salida del tanque. El diseño del sistema de tratamiento primario de aguas residuales con tanque Imhoff deberá adherirse a las normativas locales, a las recomendaciones de los expertos especializados en el tema durante todas las etapas del proceso.

3.3.3.1. CARACTERÍSTICAS PARA EL DISEÑO DE LA ZONA DE SEDIMENTACIÓN DEL TANQUE IMHOFF

Se debe considerar un volumen mínimo de 1500 litros, utilizando los siguientes criterios:

- ✓ Se calculará el área necesaria para el proceso empleando una carga superficial de 1 $\text{m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$.
- ✓ El período de retención promedio del producto de carga superficial será de entre una hora y una hora y media; este período de retención se calculará a partir de la profundidad.
- ✓ Alternativamente, la cámara de decantación se dimensionará con una tasa de 30 litros por persona.
- ✓ El fondo del tanque contará con una sección transversal en forma de V, con una pendiente para los lodos que oscila entre el 7 % y el 80 % en dirección a la arista central.

- ✓ La abertura para el paso de sólidos en la arista central deberá tener entre 0,15 m y 0,2 m, mientras que el borde libre debe estar entre 0,3 m y 0,6 m.
- ✓ Las estructuras de entrada y salida, así como los parámetros de diseño, serán idénticos a los de los sedimentadores rectangulares convencionales.

3.3.4. PRODUCCIÓN Y TRATAMIENTO DE LODOS

Los lodos del tanque Imhoff presentan un color grisáceo y un leve olor no desagradable. La materia digerible se descompone en aproximadamente un mes, la producción de gases es muy limitada y los lodos son lo suficientemente estables para no representar un peligro potencial para la salud pública (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA).

Se recomienda no retirar todos los lodos digeridos del estanque, sino dejar un residuo que actúe como siembra, ya que, durante la digestión, los ácidos producidos se reducen significativamente y no son suficientes para disminuir el pH. Entre los factores que afectan la digestión se encuentra una mezcla específica de lodos frescos y digeridos (LEÓN PIEDRA & LINDAO PALMA, 2016),

El período de digestión es de 56 días a 15°C y de 75 días a 10°C, lo que indica que la temperatura juega un papel importante en el proceso. Dado que el recinto se encuentra en la costa, se espera un tiempo de digestión más corto (COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA).

CAPÍTULO IV

4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

El análisis de los resultados obtenidos a partir del diseño del tanque Imhoff y el sistema de alcantarillado sanitario para el Recinto Cajape muestra que los parámetros clave de diseño han sido adecuados para cumplir con las necesidades proyectadas de la comunidad. El tanque, diseñado para una población de 400 habitantes, asegura una capacidad de tratamiento que equilibra el volumen de digestión requerido con el volumen de lodos generados, optimizando la eficiencia del proceso de separación y digestión de sólidos. La red de alcantarillado, trazada conforme a la topografía del terreno, aprovecha la pendiente natural para facilitar el flujo gravitacional de las aguas residuales, asegurando un transporte eficiente hacia el tanque Imhoff.

Los cálculos de caudales y diámetros de las tuberías confirman la viabilidad técnica del diseño, garantizando que el sistema puede manejar tanto el caudal máximo previsto como las posibles infiltraciones y conexiones erradas, manteniendo la seguridad y funcionalidad del sistema en el largo plazo. Este diseño no solo mejora las condiciones sanitarias del Recinto Cajape, además, juega un papel crucial en la promoción de la sostenibilidad ambiental y en la mejora del bienestar de la población.

4.1.1. ENCUESTAS REALIZADAS EN EL RECINTO CAJAPE

Tabla 9 Resultados de Encuestas 2024

RESULTADOS DE ENCUESTA 2024	
Conexión domiciliaria	NO
Tratamiento por tanque Imhoff	NO
Pozos sépticos por hogar	NO

Fuente: Autores

4.1.1.1. ENCUESTA POBLACIONAL

Tabla 10 Total de Habitantes 2024

TOTAL DE HABITANTES	
Hombres	112
Niños	34
Niñas	26
Mujeres	101

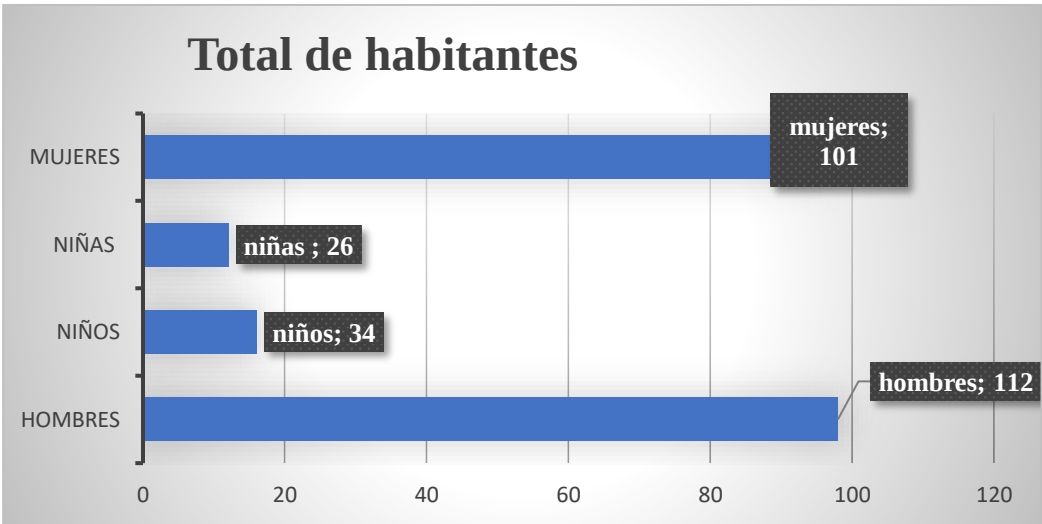


Gráfico 1 Total de Habitantes

Fuente: Autores

Tabla 11 Conexión Domiciliaria de Aguas Servidas

CONEXIÓN DOMICILIARIA DE AGUAS RESIDUALES	
Con medidor	0
Sin medidor	100%

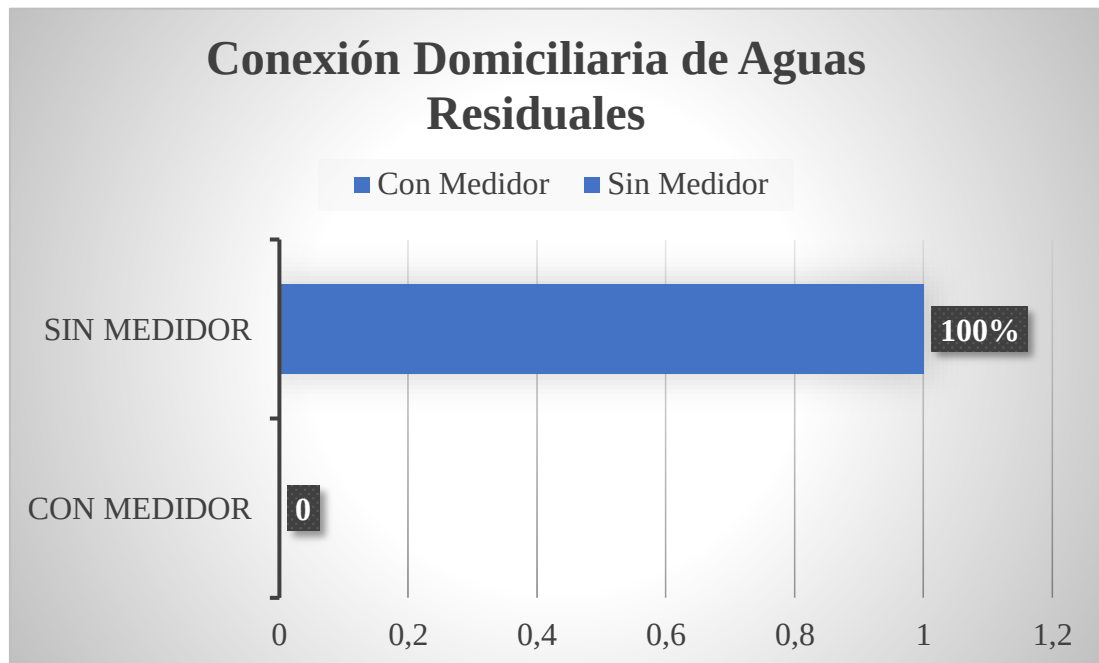


Gráfico 2 Conexión Domiciliaria
Fuente: Autores

Tabla 12 Abastecimiento de Agua Potable

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	
Sistema de Agua por Captación	70%
Por Tanquero	30%
No poseen	0

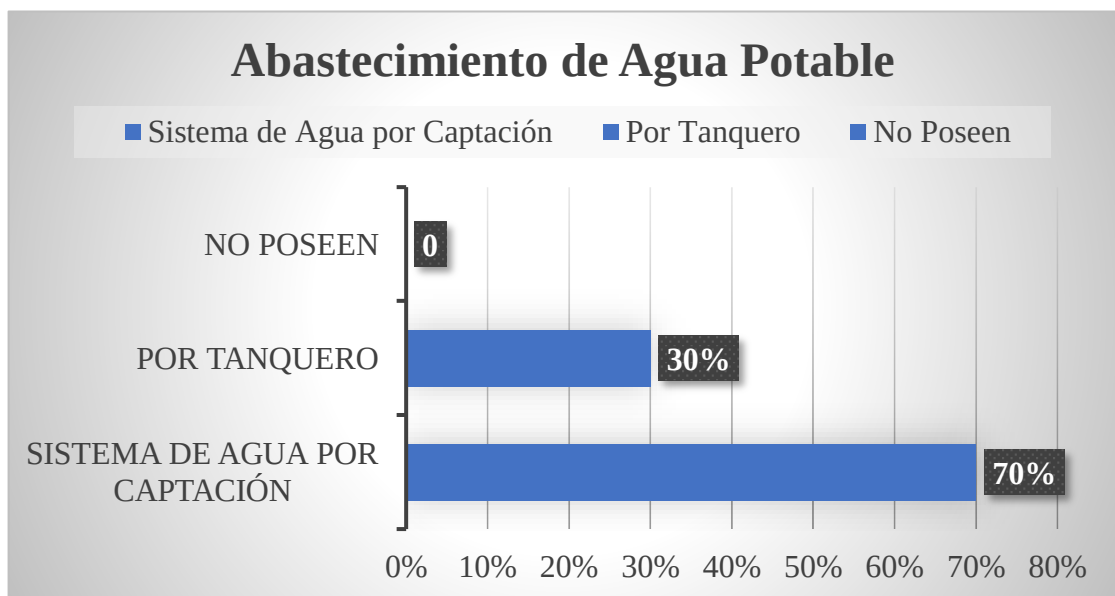


Gráfico 3 Abastecimiento de Agua Potable
Fuente: Autores

Tabla 13 Tratamiento por Tanque Imhoff

TRATAMIENTO POR TANQUE IMHOFF	
Existe Almacenamiento	0
No Existe Almacenamiento	100

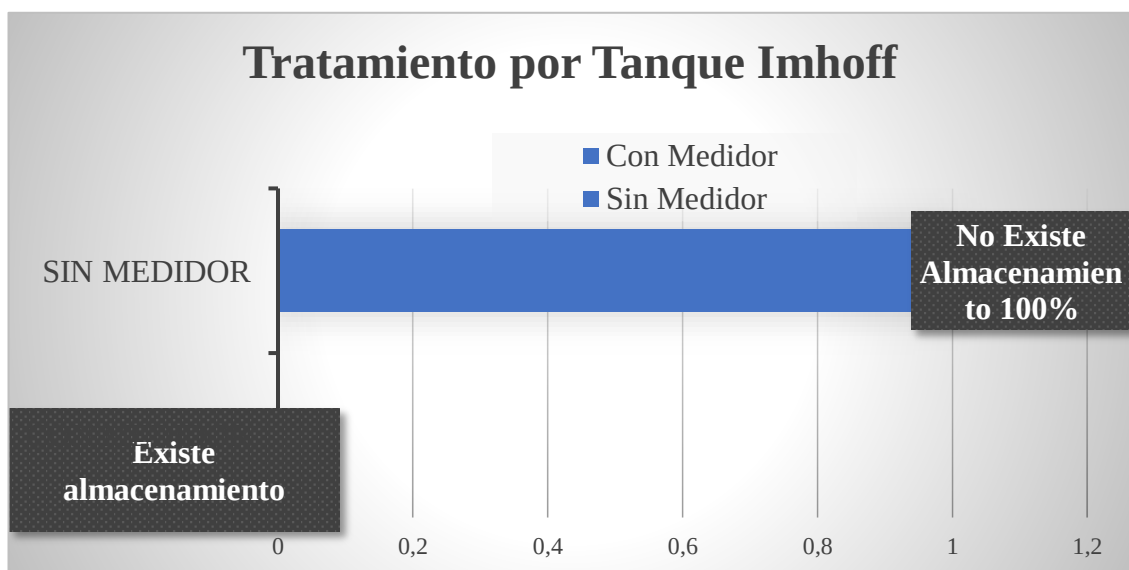


Gráfico 4 Tratamiento por Tanque Imhoff
Fuente: Autores

4.1.2. BASE DE DISEÑO

Los fundamentos del diseño para el sistema de alcantarillado sanitario y el tratamiento de aguas residuales en el Recinto Cajape se fundamenta en un análisis exhaustivo de las condiciones actuales de la comunidad y en la proyección de sus necesidades futuras. Este análisis incluyó un levantamiento topográfico detallado, un estudio poblacional actualizado y la evaluación de las características geográficas y demográficas del área.

El levantamiento topográfico, permitió identificar las pendientes naturales del terreno, las cuales fueron aprovechadas en el diseño del sistema de alcantarillado para asegurar un flujo gravitacional eficiente. Los puntos topográficos obtenidos fueron fundamentales para el trazado de la red principal, garantizando que las aguas residuales sean recolectadas y transportadas adecuadamente hasta el tanque Imhoff.

La población de diseño fue proyectada a partir de un censo reciente, tomando en cuenta un crecimiento poblacional estimado del 1.5% anual, lo que resultó en una población futura de 400 habitantes. Este valor fue clave para dimensionar tanto el sistema de alcantarillado como el tanque Imhoff, asegurando que ambos sean capaces de manejar la carga proyectada durante el periodo de vida útil del proyecto.

En cuanto al diseño del tanque Imhoff, se consideraron parámetros esenciales como el volumen de digestión requerido y el volumen de lodos, los cuales fueron calculados para asegurar una operación eficiente del sistema de tratamiento de aguas residuales. Asimismo, se incluyeron márgenes de seguridad en el diseño para permitir el manejo de caudales máximos y posibles infiltraciones, garantizando la sostenibilidad y el buen funcionamiento del sistema en el largo plazo.

Estos componentes fundamentales del diseño constituyen la columna vertebral del proyecto, garantizando que el sistema de alcantarillado sanitario y el tratamiento de aguas residuales sean apropiados, sostenibles y capaces de atender las necesidades de la comunidad.

4.1.2.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Para la realización del sistema de alcantarillado sanitario y el tratamiento de aguas residuales, se llevó a cabo una topografía detallada de la zona a trabajar utilizando una estación total. Este proceso permitió evidenciar las elevaciones presentes tanto en los alrededores como en la sección donde se desarrollará la red.

El procedimiento comenzó con la señalización de los puntos BM (puntos con referencia topográfica cuyas coordenadas y elevaciones son conocidas), los cuales se utilizaron como referencia principal para la toma de puntos en todo el sector. Una vez establecidos estos puntos principales, se procedió a colocar la estación total en cada uno de ellos, asegurando que estuviera nivelada y lista para registrar los puntos topográficos. Este proceso se repitió hasta que se registraron todos los puntos necesarios para el área de trabajo. Para el diseño de la red del Recinto Cajape, se tomaron más de 70 puntos topográficos para obtener una representación precisa de las elevaciones de toda la zona.

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario permitirá el traslado de las aguas residuales de manera más eficaz y sostenible, adaptándose a las características del área de instalación. Para el procesamiento de los datos topográficos obtenidos, se utilizó el software AutoCAD junto con Civil 3D, una herramienta especializada en el diseño y modelado de

estructuras, particularmente en ingeniería civil. Se importaron los puntos al software, optimizándolos y generando resultados basados en los datos y la ubicación de los puntos.

Con esta información, se generaron las curvas de nivel del terreno con precisión y detalle. Los resultados obtenidos muestran que el terreno permite aprovechar la gravedad para el diseño del sistema.

4.1.2.1.1. PUNTOS TOPOGRÁFICOS

Tabla 14 Tabla de Puntos Topográficos

TABLA DE PUNTOS				
PUNTOS	ELEVACION	NORTE	ESTE	DESCRIPCION
100	32.90	617774.00	9821086.00	Estación
101	32.66	617817.62	9821098.67	L
102	32.80	617819.18	9821083.30	L
103	32.80	617816.35	9821073.98	L
104	32.96	617808.88	9821070.22	L
105	33.11	617792.25	9821070.62	L
106	32.96	617779.57	9821067.19	L
107	32.93	617782.84	9821060.37	L
108	32.89	617762.31	9821058.07	L
109	32.71	617747.24	9821057.61	L
110	32.87	617734.91	9821061.48	L
111	33.05	617737.50	9821063.98	L
112	33.05	617737.49	9821063.97	L
113	33.05	617735.32	9821068.82	L
114	32.95	617730.40	9821069.30	L
115	32.92	617772.40	9821084.03	L
116	32.94	617782.81	9821059.67	L

117	33.04	617771.82	9821057.32	L
118	32.70	617746.79	9821060.18	L
119	32.67	617735.40	9821057.53	L
120	32.94	617734.63	9821062.56	CALLE
121	33.11	617737.76	9821069.77	CALLE
122	33.06	617736.15	9821072.24	L
123	32.92	617738.85	9821077.33	L

124	32.96	617736.92	9821078.95	L
125	32.77	617738.11	9821086.66	L
126	32.74	617735.13	9821087.91	CALLEJON
127	32.82	617727.32	9821089.43	CALLEJON
128	32.74	617735.95	9821090.71	L
129	32.77	617740.10	9821097.72	L
130	32.72	617738.66	9821109.39	L
131	32.70	617743.63	9821109.00	TN
132	32.80	617751.36	9821103.00	TN
133	32.85	617753.73	9821100.66	L
134	32.81	617756.10	9821100.66	L
135	32.95	617757.59	9821103.09	L
136	32.86	617758.60	9821105.30	L
137	32.92	617767.53	9821102.25	L
138	32.94	617777.05	9821101.06	L
139	32.84	617788.27	9821104.50	L
140	32.80	617796.71	9821100.21	L
141	32.84	617811.12	9821095.61	CANCHA
142	32.89	617808.71	9821077.78	CANCHA
143	32.84	617781.75	9821080.45	CANCHA
144	32.87	617784.06	9821098.28	CANCHA
145	33.17	617752.00	9821077.68	CALLE
146	33.20	617764.63	9821077.48	CALLE

147	33.21	617781.41	9821074.20	CALLE
148	32.84	617721.79	9821063.93	CALLE
149	32.84	617721.80	9821063.93	EST
150	31.58	617724.02	9821036.54	L
151	32.78	617712.51	9821070.39	CALLE
152	32.70	617711.56	9821064.19	CALLE
153	32.72	617695.82	9821067.29	CALLE
154	32.66	617695.62	9821072.47	CALLE
155	32.66	617675.86	9821077.67	CALLE
156	32.73	617673.81	9821073.33	CALLE
157	31.97	617645.10	9821085.61	CALLE
158	31.88	617643.38	9821080.30	CALLE
159	32.69	617635.04	9821058.41	EST
160	32.21	617720.30	9821088.24	EST
161	33.12	617785.23	9821045.80	PTAP
162	34.00	617802.07	9821051.43	PTAP
163	33.98	617812.94	9821058.67	PTAP
164	33.80	617796.56	9821049.38	PTAP
165	33.80	617751.96	9821068.95	EST
166	33.69	617769.68	9821041.63	PTAP
167	33.62	617650.58	9821036.50	PTAP
168	31.97	617631.68	9821089.50	EST
169	32.04	617644.89	9821095.07	LINIC
170	31.92	617643.44	9821082.80	LINIC
171	31.62	617636.75	9821047.33	LINIC
172	31.64	617636.34	9821050.94	Vía Principal
173	31.87	617640.78	9821075.27	Vía Principal

Fuente: Autores



Ilustración 5 Curvas de Nivel junto con imagen de referencia del Recinto Cajape
Fuente: Autores

4.1.2.2. TRAZADO DEL SISTEMA DE RED PRINCIPAL

Con la ayuda de las curvas de nivel obtenidas del levantamiento topográfico, se elaboró la red principal del sistema de alcantarillado sanitario, aprovechando la pendiente natural del terreno para el diseño de la estructura, lo cual beneficia al sistema de gravedad. Esta aproximación facilita la selección de los componentes necesarios para la red de alcantarillado, incluyendo tuberías, pozos y cámaras de revisión, así como su conexión, ubicación de las cámaras de conexión y del tanque Imhoff.

Se generó la documentación relevante para la implementación de la red, que abarca las especificaciones, instalación y conexión de cada elemento, junto con los resultados obtenidos. Para el trazado del sistema, se tomaron en cuenta las siguientes normas técnicas ecuatorianas y códigos de práctica ecuatorianos:

- Tubería plástica. Accesorios de PVC rígido para uso sanitario. Dimensiones básicas: NTE INEN 1329.
- Tubería perfilada de PVC rígido de pared estructurada e interior lisa y accesorios para alcantarillado. Requisitos: NTE INEN 2059.
- CPE INEN 5: Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural.

Se observa que se plantearon 9 cámaras de inspección (colectores generales) a lo largo de todo el recinto conectándose al final con el tanque Imhoff.

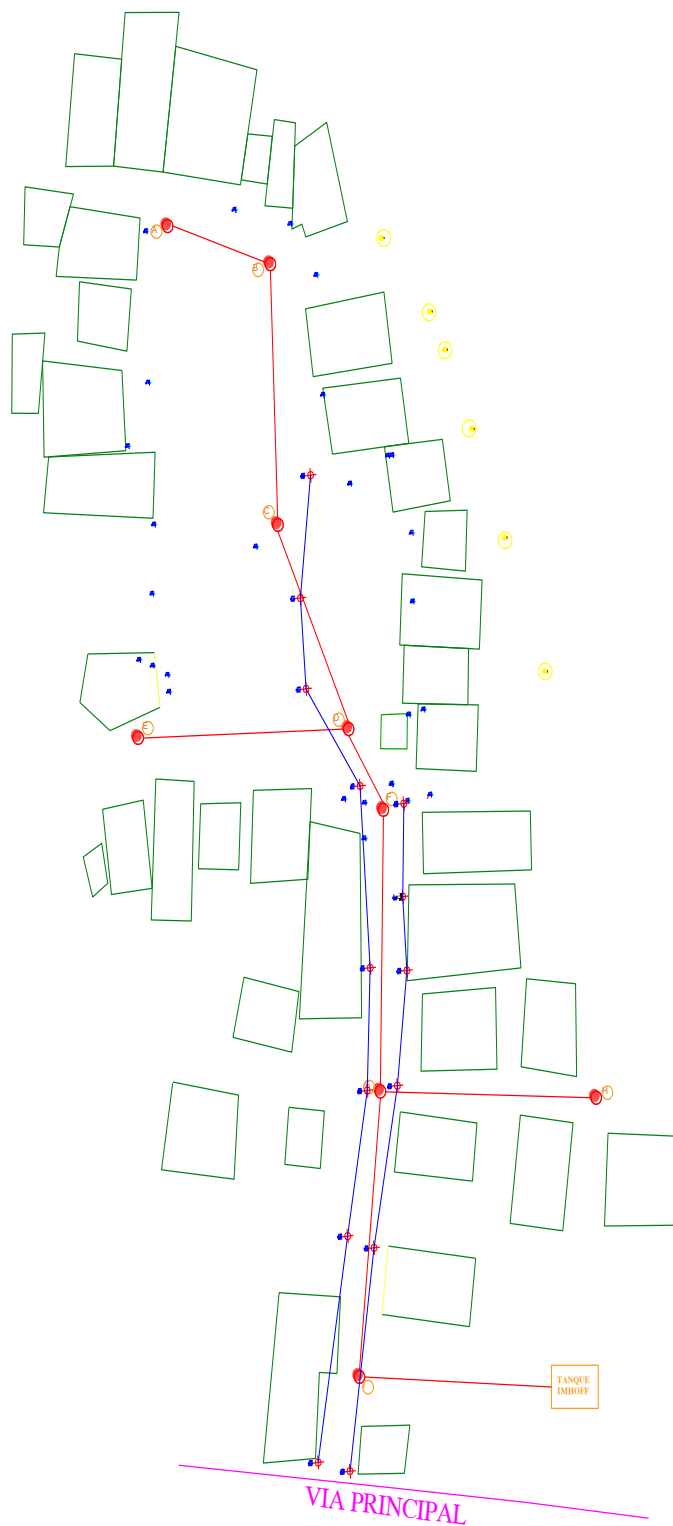


Ilustración 6 Red Principal del Sistema de Alcantarillado Sanitario
Fuente: Autores

4.1.3. CÁLCULOS

4.1.3.1. CENSO POBLACIONAL 2024

POBLACIÓN DEL RECINTO CAJAPE SEGÚN ENCUESTAS = **273 habitantes**

4.1.3.2. CÁLCULO DE LA POBLACIÓN DE DISEÑO

Se utilizará para el proyecto los siguientes datos:

Donde:

P_f : población futura

P_a : población actual

r : crecimiento poblacional

n : periodo en años ($t_f - t_a$)

t_f : tiempo futuro

t_a : tiempo actual

- **MÉTODO GEOMÉTRICO**

$$P_f = P_a(1 + r)^n$$

$$P_f = 273 * (1 + 1,5 \%)^{25}.$$

$$P_f = 396 \text{ Habitantes} = 400 \text{ Habitantes}$$

- **MÉTODO ARITMÉTICO**

$$P_f = P_a(1 + rn)^n$$

$$P_f = 273(1 + 1.5\%(25))$$

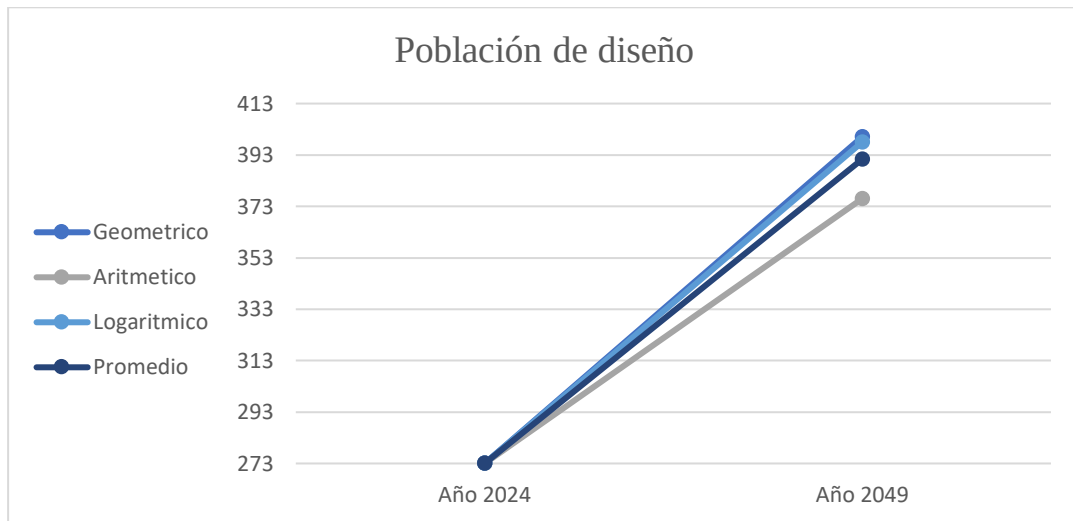
$$P_f = 375,37 \text{ Habitantes} = 376 \text{ Habitantes}$$

- **MÉTODO LOGARITMICO**

$$P_f = P_a(e)^{rn}$$

$$P_f = 273(e)^{1,5\%(25)}$$

$$P_f = 397,21 \text{ Habitantes} = 398 \text{ Habitantes}$$



Fuente: Autores

La población de diseño es de 400 habitantes

4.1.3.3. DOTACIÓN

En base a la *Tabla 15 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio*, esta brinda un nivel de servicio IIb con un clima cálido porque es un recinto ubicado en la Costa Ecuatoriana.

➤ *IIb → Clima Cálido → 100 (l/Hab x día)*

4.1.3.4. APORTACIÓN

➤ *Dotación = 100(l/Hab x día)*

➤ *Aportación = Se puede usar del 70% al 75%*

$$Ap = 75\% * D$$

$$Ap = 75\% * 100 \frac{lt}{hab * dia}$$

$$Ap = 75 \frac{lt}{hab * dia}$$

4.1.3.5. CÁLCULO DE CONSUMOS

COSUMO MEDIO

Donde:

Ap: aportación considerada 75% de dotación

Pd: Población de diseño

Factor: 86400

$$CM = \frac{Ap * Pd}{86400}$$

$$CM = \frac{400 * 75}{86400} = \mathbf{0,347 = 0,35 L/s}$$

CONSUMO MÍNIMO

Donde:

CM: Caudal medio (Lt/s)

Factor: 0,5

$$Cmin = 0.5 * CM$$

$$Cmin = 0,5 * 0,35 = \mathbf{0,17 L/s}$$

CONSUMO MÁXIMO

Donde:

M: Factor de Harmon

Pd: Población de diseño (hab)

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{Pd}}$$

$$M = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{\frac{400}{1000}}} \Rightarrow 4,02$$

$$\mathbf{M = 4,02 factor de Harmon}$$

Donde:

M: Factor de Harmon

Qm: Caudal Medio (Lt/s)

$$C_{max} = M * Q_m$$

$$CMH = 4,02 * 0,35 = \mathbf{1,40\ L/s}$$

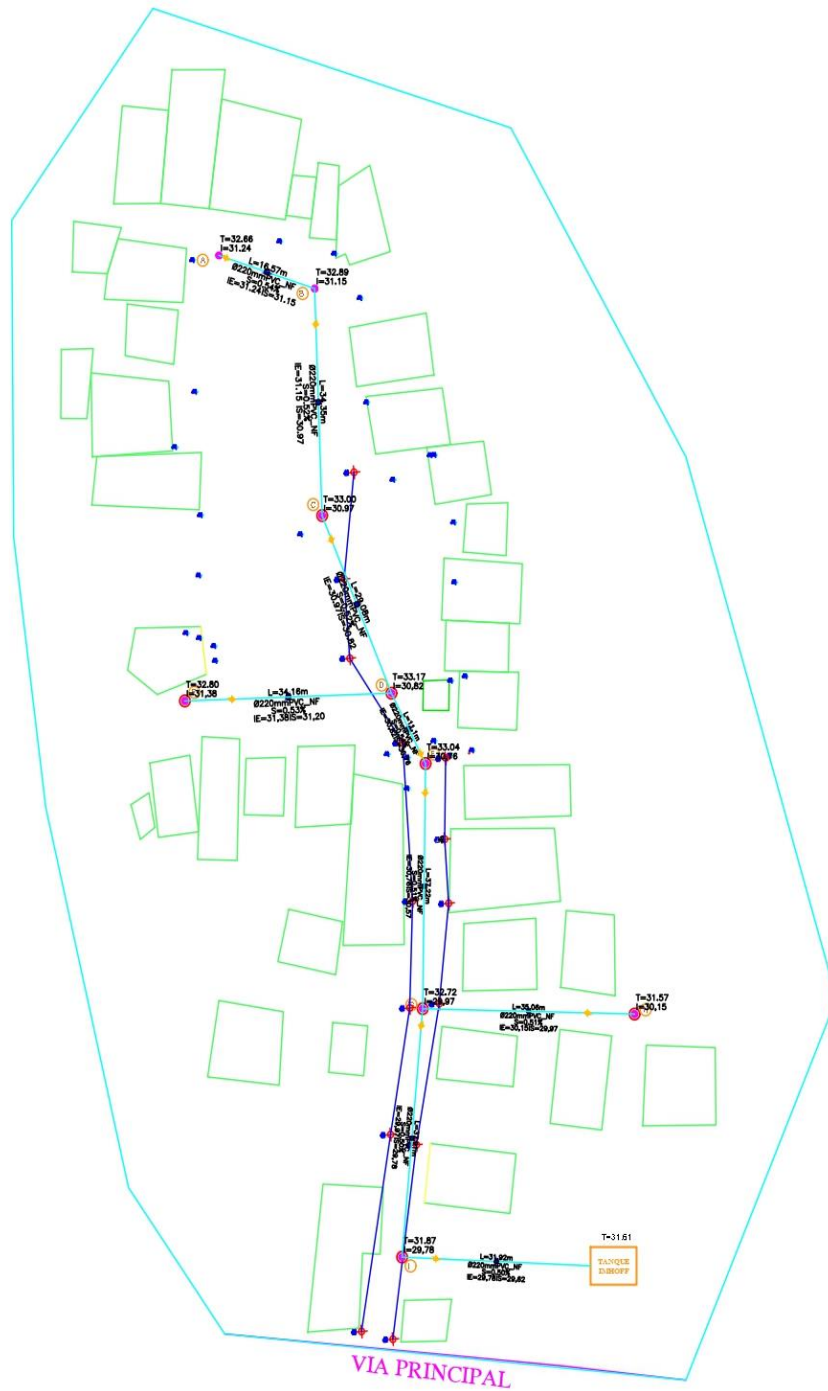


Ilustración 7 Áreas de Aportación divididas por Cuadras junto con la Red Principal
Fuente: Autores

CAUDAL DE INFILTRACIÓN:

De acuerdo con las normas para el diseño de redes de alcantarillado se recomienda considerar el siguiente rango para la estimación del caudal de infiltración.

- Infiltración alta 0,15 – 0,4 l/s-ha (Se determina el valor de 0,30 l/s-Ha)
- Área de drenaje= 22,95 Ha

$$QINF = 0,30 * A$$

$$QINF = 0,30 * 22,95 = \mathbf{6,88\ L/s}$$

CAUDAL DE CONEXIONES ERRADAS

Es importante considerar un caudal extra debido a las conexiones erradas de aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario. Como referencia, estos valores pueden variar entre 0.1 y 3 litros por segundo por hectárea.

- Se determina el valor de 1 l/s/Ha
- Área de drenaje= 22,95 Ha

$$QCE = 1 * 22,95 = \mathbf{22,95\ L/s}$$

4.1.3.6. CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO

Para el caudal de diseño sanitario se determina con el factor clave que refleja el uso máximo del sistema de alcantarillado (Q_{mh}) y aportes adicionales.

Donde:

Q_{MH} = Caudal máximo horario = 1,40 L/s

Q_{INF} = Caudal de infiltración = 6,88 L/s

Q_{CE} = Caudal de conexiones erradas = 22,95 L/s

$$Q_d = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CE}$$

$$Q_d = 1,40 + 6,88 + 22,95 = \mathbf{31,23\ L/s}$$

4.1.3.7.PERFILES LONGITUDINALES

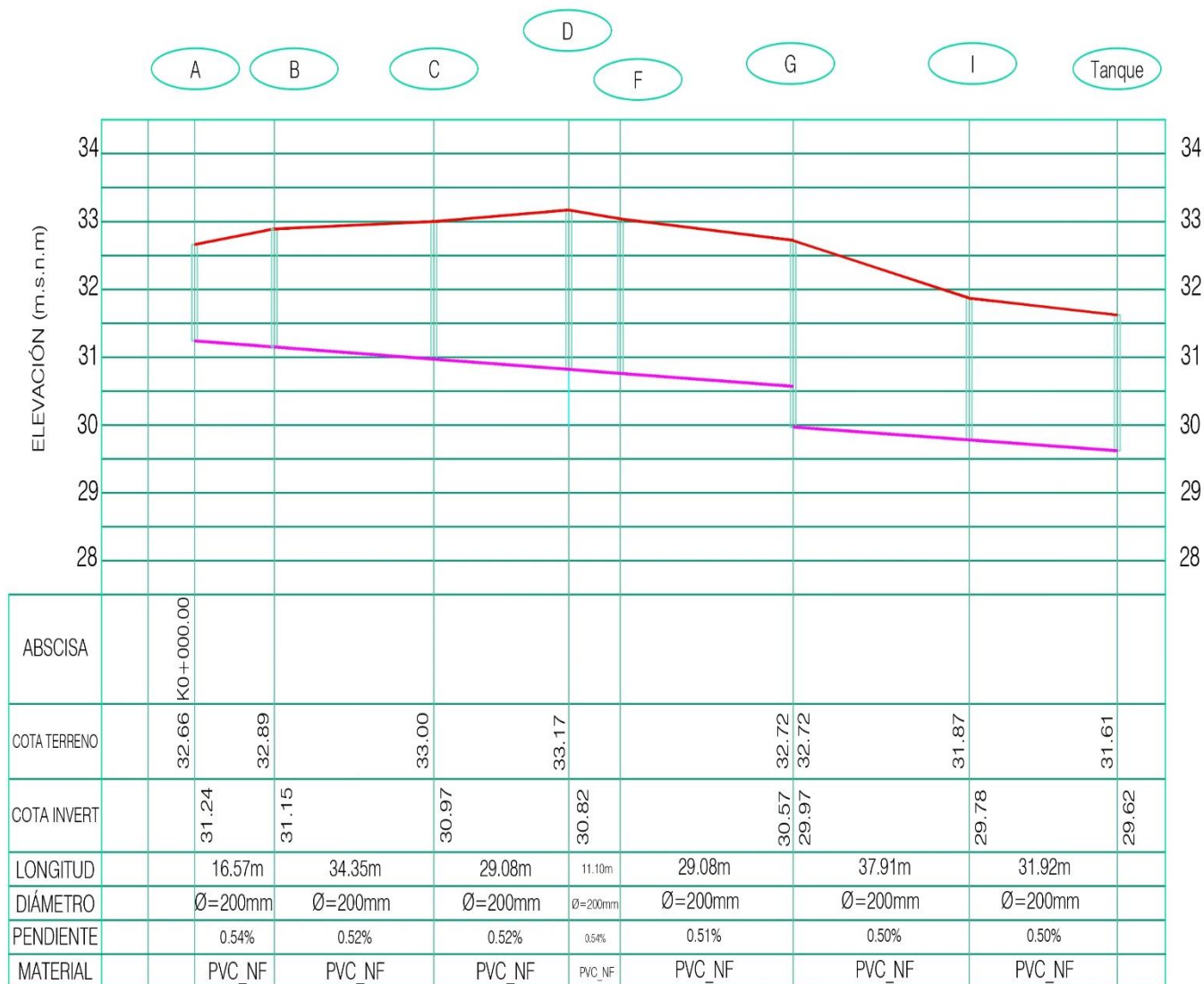
AutoCAD es una herramienta crucial en el diseño y planificación de redes de alcantarillado sanitario, permitiendo a los ingenieros desarrollar planos detallados y precisos que reflejan el trazado real de las tuberías. Con AutoCAD, es posible diseñar redes de alcantarillado mediante la creación de líneas y polígonos que representan con exactitud las rutas de las tuberías, ajustándose a las especificaciones del terreno y las necesidades del proyecto. Esta capacidad de AutoCAD facilita la visualización y modificación del diseño en tiempo real, asegurando que el sistema se adapte perfectamente a las condiciones del sitio.

En el proyecto de alcantarillado del Recinto Cajape, AutoCAD fue utilizado para generar estos perfiles y cortes, lo que permitió identificar y corregir potenciales problemas antes de la construcción, asegurando un sistema funcional y duradero.

VISTA EN PERFIL DE RED ALCANTARILLADO

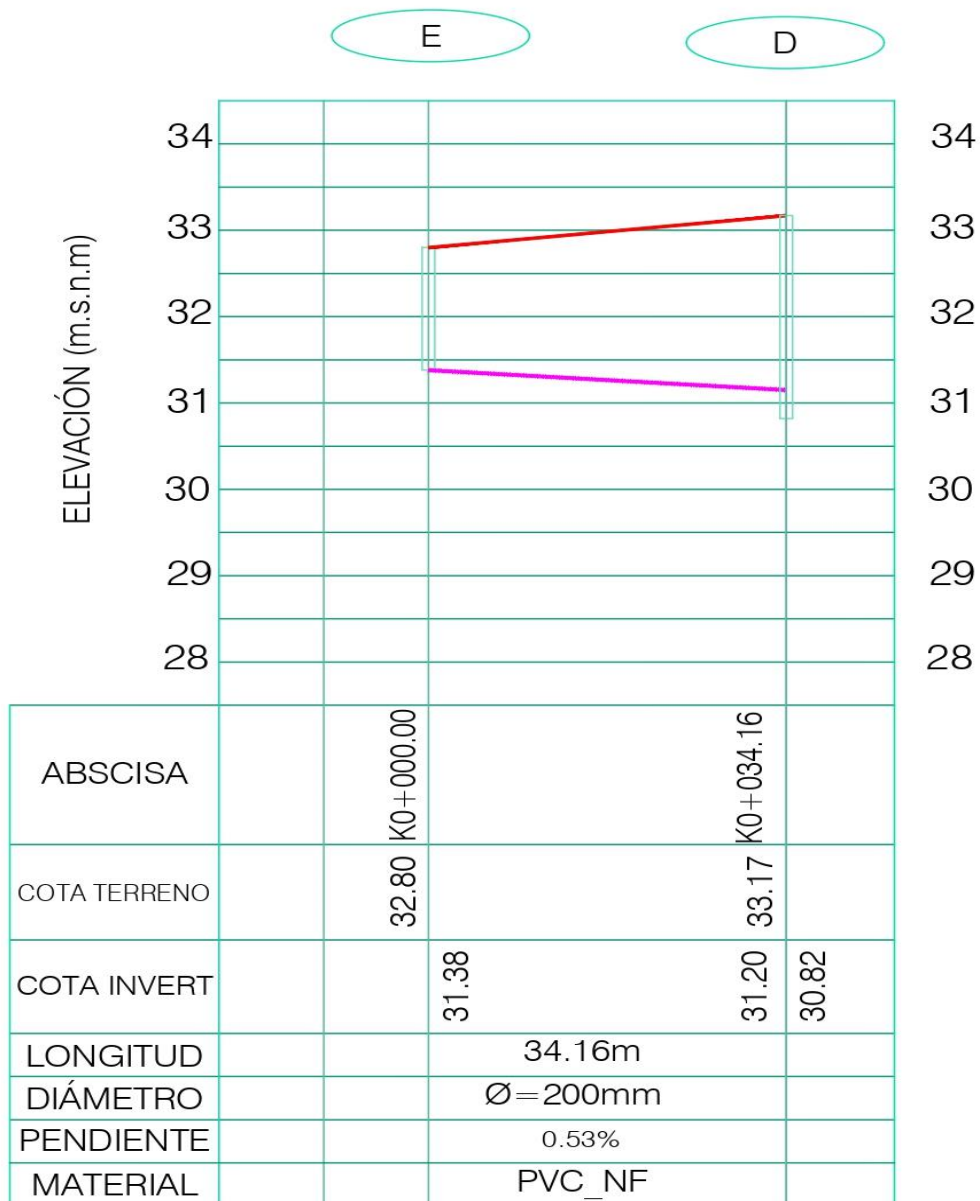
PERFIL A - TANQUE

ESCALA: H=1:100 - V=1:10



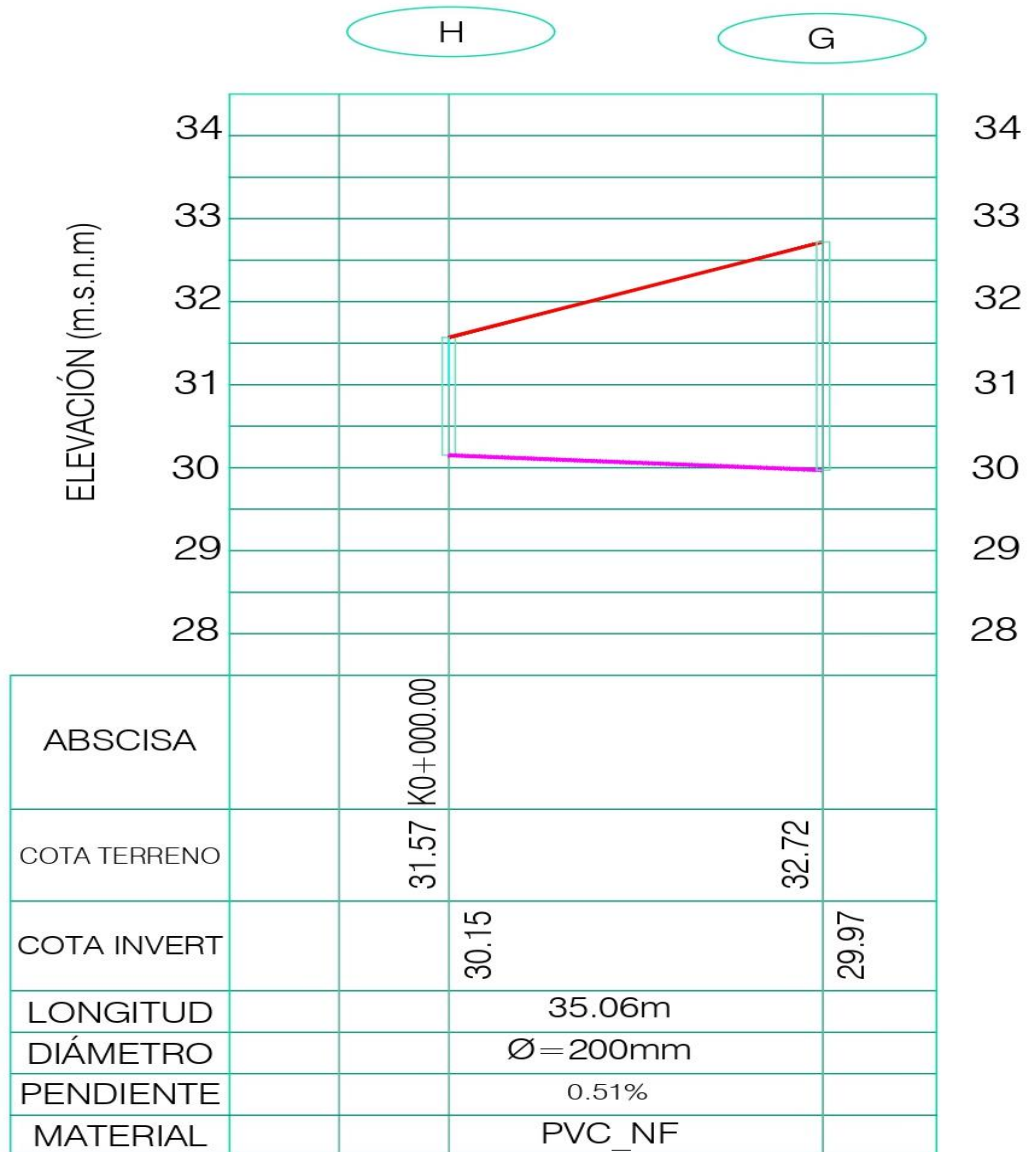
Fuente: Autores

PERFIL E - D
 ESCALA: H=1:100 - V=1:10



Fuente: Autores

PERFIL H - G
 ESCALA: H=1:100 - V=1:10



Fuente: Autores

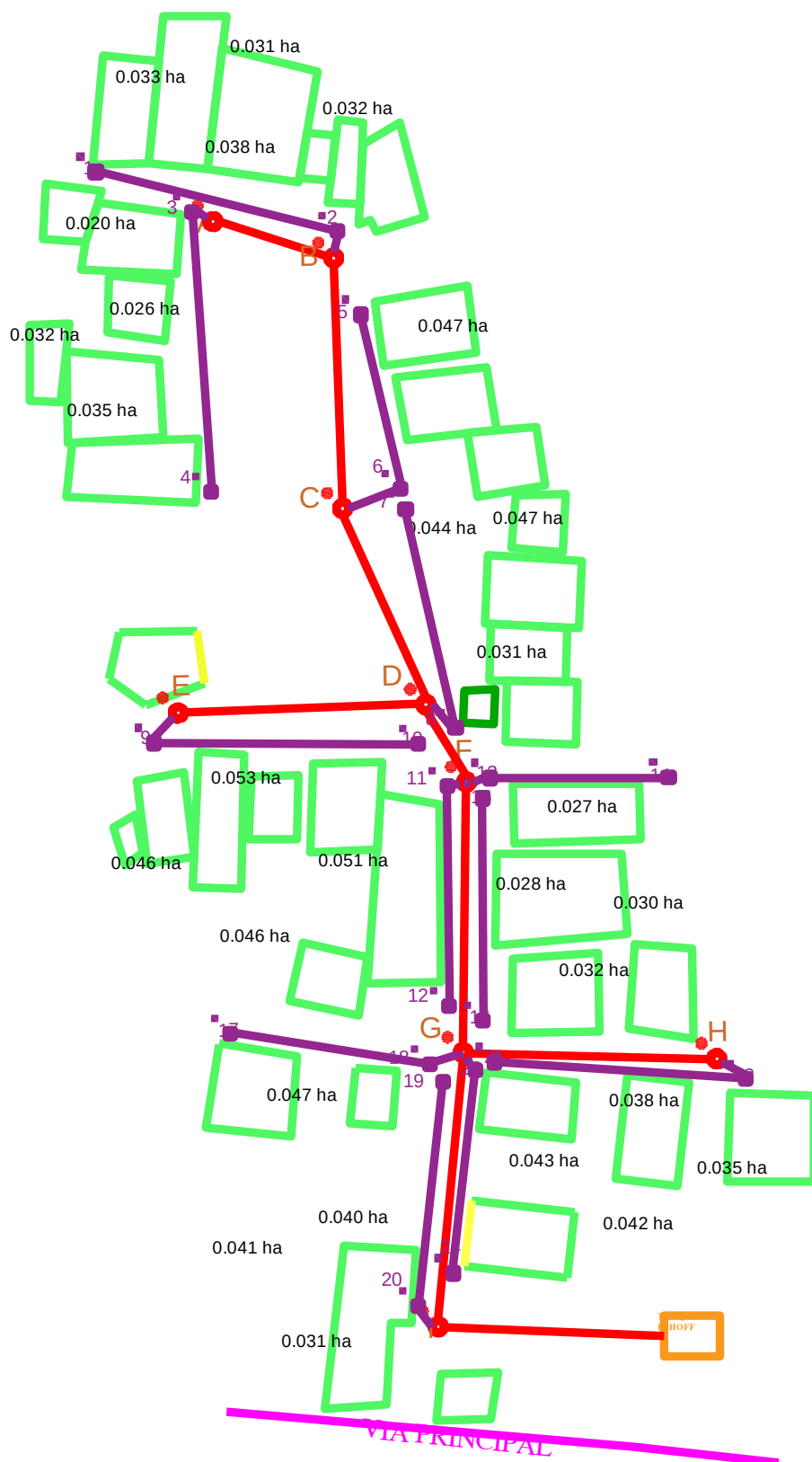


Ilustración 8 Red Principal de Alcantarillado Sanitario con Cajas de Registro
Fuente: Autores

4.1.3.8. ÁREAS DE APORTACION DEL SISTEMA

El área de aportación del sistema se refiere a la superficie total que contribuye al caudal de aguas residuales dentro de la red de alcantarillado sanitario diseñada para el Recinto Cajape. Esta área se determina considerando las distintas zonas que vierten sus aguas residuales al sistema, incluyendo tanto las áreas residenciales como cualquier otra área que genere caudales significativos, como las zonas comerciales o comunitarias. La identificación precisa de estas áreas es fundamental para dimensionar adecuadamente el sistema, asegurando que los caudales generados sean manejados de manera eficiente y sin riesgo de sobrecargas o fallos operativos.

El cálculo del área de aportación permite determinar el caudal unitario, que es un valor crucial para el diseño hidráulico de las tuberías y otros componentes del sistema. Este caudal unitario se calcula dividiendo el caudal de diseño total entre el área de aportación, y su correcta estimación es esencial para garantizar que el sistema pueda manejar los caudales esperados bajo diversas condiciones operativas. De esta manera, se asegura la sostenibilidad y eficiencia del sistema de alcantarillado, evitando problemas como obstrucciones o insuficiencia en la capacidad de transporte de las aguas residuales.

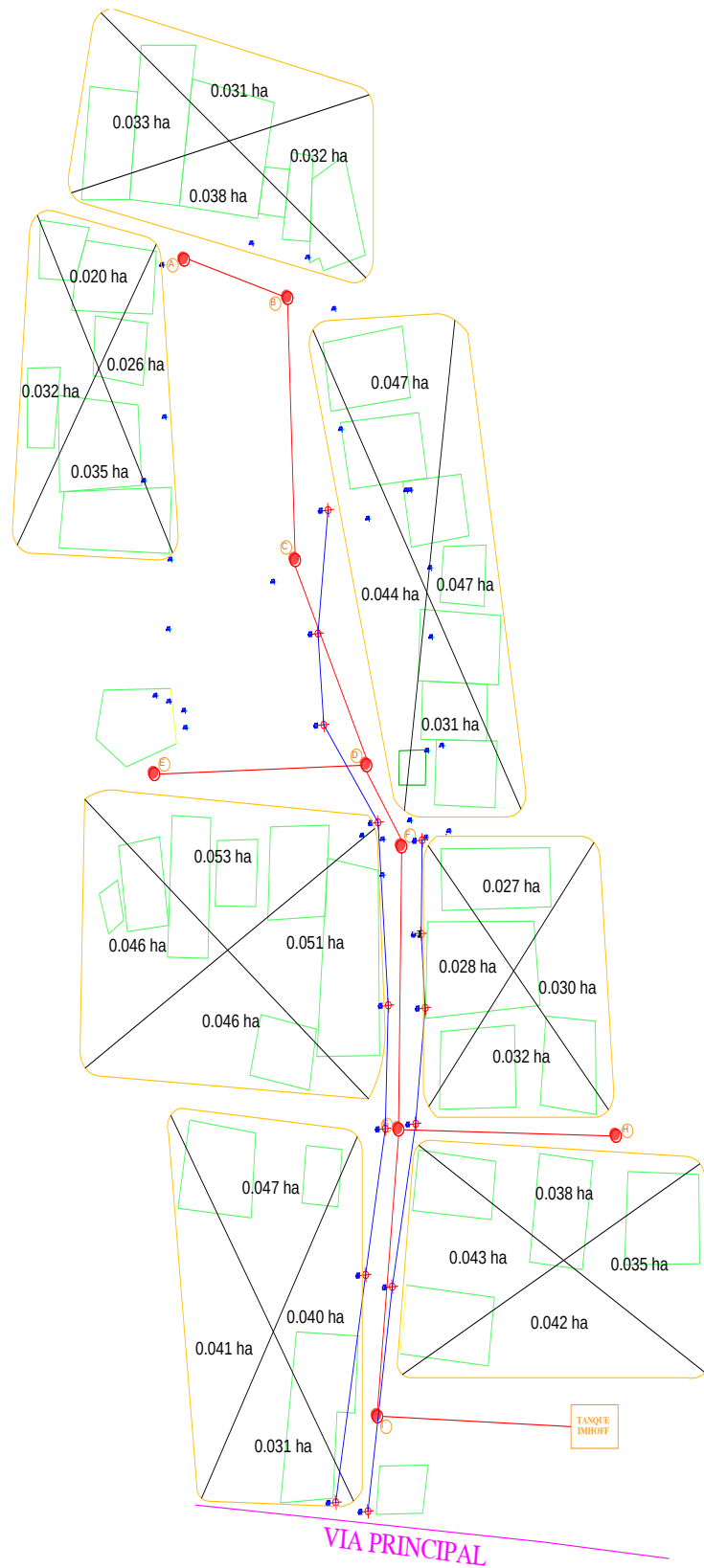


Ilustración 9 Áreas de Aportación divididas por Cuadras junto con la Red Principal
Fuente: Autores

CAUDAL UNITARIO

- Caudal de diseño: 31,23 L/s
- Longitud total de tubería: 31,92 L/s

$$q = \frac{Qd}{L}$$

$$q = \frac{31,23 \frac{l}{s}}{31,92 \text{ ha}} = \mathbf{0,98 \text{ L/s} - Ha}$$

Tabla 16 Tabla memoria de cálculos alcantarillado (Diseño de AASS)

Variables de diseño		
Conexiones erradas	1	lps/ha
Infiltración	0,3	lps/ha
Dotación neta	70	(l/hab/día)

Tramo		Áreas de drenaje (ha)			Caudal de diseño							
De	A				N° de viviendas	# HAB POR PREDIO	Población (hab)	F (Harmon)	Qmd (l/s)	QMH (l/s)	QCE (l/s)	QINF (l/s)
		Propia	Afluente	Total								
A	B	2,55		2,55	6,00	10,00	60	4,2980373	0,048611	0,208932	2,55	0,765
B	C	2,55	2,55	5,10	12,00	10,00	120	4,221049	0,097222	0,41038	5,1	1,53
C	D	2,55	5,10	7,65	15,00	10,00	150	4,1910299	0,121528	0,509327	7,65	2,295
E	D	2,55	7,65	10,20	6,00	10,00	60	4,2980373	0,048611	0,208932	10,2	3,06
D	F	2,55	10,20	12,75	26,00	10,00	260	4,1042803	0,210648	0,864559	12,75	3,825
F	G	2,55	12,75	15,30	32,00	10,00	320	4,0663523	0,259259	1,054239	15,3	4,59
H	G	2,55	15,30	17,85	4,00	10,00	40	4,3333333	0,032407	0,140432	17,85	5,355
G	I	2,55	17,85	20,40	38,00	10,00	380	4,0326389	0,30787	1,24153	20,4	6,12
I	TANQUE	2,55	20,40	22,95	40,00	10,00	400	4,0221553	0,324074	1,303476	22,95	6,885

Características tubería									Funcionamiento hidráulico				
Q Diseño (l/s)	Longitud (m)	Pendiente (m/m)	J [^] (1/2)	Diámetro Interno (m)	Área (m2) Tubo lleno	Perímetro (m)	Radio hidráulico (m)	R [^] 2/3	Coef. Rug. N	Tubo lleno		Q / Qo	Esf Trac (Kg/m²)
										Qo (l/s)	Vo (m/s)		
3,52	16,57	0,005	0,073	0,2	0,031416	0,31416	0,10	0,22	0,011	45,2156	1,44	0,078	0,54
7,04	34,35	0,005	0,072	0,2	0,031416	0,31416	0,10	0,22	0,011	44,3704	1,41	0,159	0,52
10,45	29,08	0,005	0,072	0,2	0,031416	0,31416	0,10	0,22	0,011	44,3704	1,41	0,236	0,52
13,47	34,16	0,005	0,073	0,2	0,031416	0,31416	0,10	0,22	0,011	44,795	1,43	0,301	0,53
17,44	11,1	0,005	0,073	0,2	0,031416	0,31416	0,10	0,22	0,011	45,2156	1,44	0,386	0,54
20,94	37,22	0,005	0,071	0,2	0,031416	0,31416	0,10	0,22	0,011	43,9417	1,40	0,477	0,51
23,35	35,06	0,005	0,071	0,2	0,031416	0,31416	0,10	0,22	0,011	43,9417	1,40	0,531	0,51
27,76	37,91	0,005	0,071	0,2	0,031416	0,31416	0,10	0,22	0,011	43,5087	1,38	0,638	0,50
31,14	31,92	0,005	0,071	0,2	0,031416	0,31416	0,10	0,22	0,011	43,5087	1,38	0,716	0,50

Tabla 17 Datos de cámaras de inspección

DATOS DE CÁMARAS DE INSPECCIÓN					
Cota Tapa		Cota Invert		Profundidad (m)	
Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf
32,660	32,890	31,240	31,150	1,42	1,74
32,890	33,000	31,150	30,970	1,74	2,03
33,000	33,170	30,970	30,820	2,03	2,35
32,800	33,170	31,380	31,200	1,42	1,97
33,170	33,040	30,820	30,760	2,35	2,28
33,040	32,720	30,760	30,570	2,28	2,15
31,570	32,720	30,150	29,970	1,42	2,75
32,720	31,870	29,970	29,780	2,75	2,09
31,870	31,610	29,780	29,620	2,09	1,99

Fuente: Autores

DIÁMETRO CALCULADO

Se comienza revisando el diámetro por normativa el cual es de 200mm.

A su vez revisar el valor de Q/Q_o no debe ser mayor a $0,45 \text{ m/s}$.

4.1.3.9. PENDIENTE CALCULADO

La pendiente seleccionada (de $5/1000$) cumple con la velocidad mínima de $0,45 \text{ m/s}$ el cual está dicho por normativa.

$$Sc = \frac{\text{Cota Invert superior} - \text{Cota Invert inferior}}{L}$$

$$Sc = \frac{31,240 - 31,150}{16,57} = 0,005$$

4.1.3.10. ALTURA DE POZOS

Para calcular la altura de los pozos en cada tramo, se restar la cota de tapa menos la cota invert.

$$H2 = 32,66 - 31,24$$

$$H2 = 1,42m$$

4.1.3.11. COTA DE FONDO

Para ello, se seleccionan las cotas de fondo y se elige la Cota1 correspondiente a la primera altura del pozo. De manera similar, para la segunda fila se selecciona la Cota1 asociada a la segunda altura del pozo, y así sucesivamente para cada uno de los tramos.

$$Cf1 = Cota\ F1 - H1$$

$$Cf1 = 32,66 - 1,42 = \mathbf{31,24\ m}$$

$$Cf2 = Cota2 - H2$$

$$Cf1 = 32,89 - 1,74 = \mathbf{31,15\ m}$$

4.1.3.12. VELOCIDAD

Para determinar la velocidad, se requiere el radio hidráulico (Rh) junto con el diámetro, así como la pendiente (S) y el coeficiente de Manning (n). Según la norma INEN 5, el coeficiente de Manning para una tubería de PVC con diámetro de 200 mm es 0,011. Este valor se utilizará en el cálculo de todos los tramos.

$$V = \frac{Rh^{2/3} * S^{1/2}}{n}$$

Siempre y cuando la velocidad sea mínima de 0,45 m/s como lo manifiesta la Inen 5 (INEN 5, 1992).

$$V_{I-TANQUE} = \frac{0,10^{2/3} * 0,005^{1/2}}{0,011}$$

$$V_{I-TANQUE} = 1,38\ m/s$$

4.2.DISEÑO DEL TANQUE IMHOFF

Este cálculo ofrece una estimación exacta de la velocidad de flujo de las aguas residuales en la tubería, teniendo en cuenta factores como la pendiente, el diámetro y la rugosidad de la tubería.

4.2.1. Parámetros técnicos para el diseño del tanque Imhoff

Los parámetros técnicos para el diseño del tanque Imhoff son fundamentales para garantizar su eficiencia en el tratamiento de aguas residuales. Estos incluyen el volumen de digestión, la tasa de sedimentación, y el periodo de retención, entre otros, que se calculan considerando las características específicas del terreno y la población futura del Recinto Cajape. Estos criterios aseguran que el tanque funcione de manera óptima, facilitando la separación y digestión de sólidos, y garantizando la sostenibilidad y durabilidad del sistema a largo plazo.

4.3.DISEÑO DEL SEDIMENTADOR

El diseño del sedimentador se centra en lograr una separación eficiente de los sólidos suspendidos presentes en las aguas residuales, garantizando un proceso que funcione de manera continua y efectiva. Para ello, se toman en cuenta aspectos clave como el área de sedimentación, la velocidad de caída de las partículas y las proporciones geométricas del sedimentador. Estos factores son cuidadosamente ajustados para asegurar que el flujo permita una sedimentación adecuada, evitando la dispersión de sólidos en suspensión. En el caso del Recinto Cajape, el diseño del sedimentador está específicamente adaptado a las características locales, garantizando su eficacia y contribuyendo a la durabilidad del sistema de tratamiento.

a) **Caudal de diseño** ($Q_d = m^3/hora$)

$$Q_p = \frac{Población\ futura\ (Dotación)}{1000} \cdot \%Contribución$$

Donde:

Población futura = 400 habitantes

Dotación = 100 litro/hab/día

% Contribución = 75%

$$Q_p = \frac{400(100)}{1000} \cdot 75\%$$

$$Q_p = 40\ m^3/día \cdot 75\%$$

$$Q_p = 30\ m^3/día \cdot 75\%$$

$$Q_p = 1,25\ m^3/hora$$

b) **Área del sedimentador** ($A_s = m^2$)

El área del sedimentador se refiere a la superficie de la zona estructura en el que se realiza la separación de los sólidos suspendidos del agua por medio de la sedimentación.

Es un concepto crucial en el diseño de sedimentadores en plantas de tratamientos de aguas residuales e industrial.

$$A_s = \frac{Q_p}{C_s}$$

Donde:

$$Q_p (\text{caudal de diseño}) = 1,25 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$C_s (\text{carga superficial}) = 1,00 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hora}$$

$$As = \frac{Qp}{Cs}$$

$$As = \frac{1,25 \text{ m}^3/\text{hora}}{1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hora}}$$

$$As = 1,25 \text{ m}^2$$

c) Volumen del sedimentador ($Vs = \text{m}^3$)

$$Vs = Qp * R$$

Donde:

R= Periodo de retención hidráulica, entre 1,5 a 2,5 horas (recomendable 2 horas).

$$Vs = 1,25 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} * 2 \text{ horas}$$

$$Vs = 2,50 \text{ m}^3$$

Para el diseño se utilizará 60° para la pendiente de los lodos respecto a la horizontal, motivo que el tanque tiene sección transversal en forma de V y de arista central de abertura de 15 cm.

d) Longitud y ancho del sedimentador

El vínculo formado es para 4m longitud y un ancho de 1m, valores establecidos dentro de los rangos para un adecuado proceso de sedimentación garantizando el funcionamiento permitiendo que las partículas sólidas se depositen de forma eficiente en el agua residual.

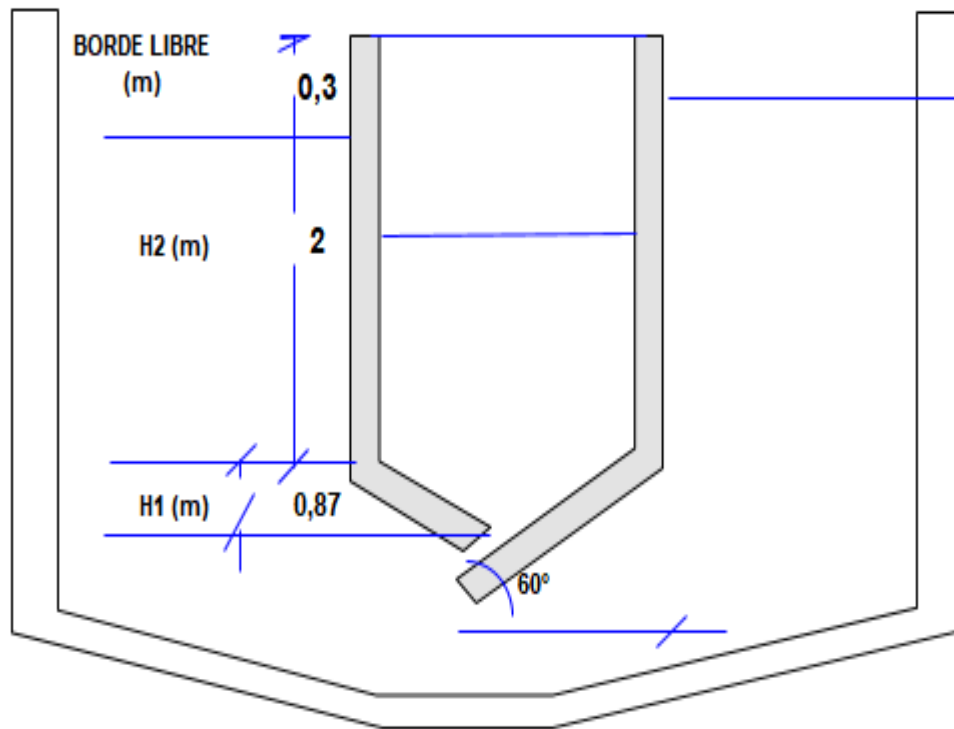
(Sedimentador)	
L = 4,00	
B = 1,00	
L/B = 4,00	(3 a 10)

Fuente: Autores

e) Cálculo de altura de la cámara de sedimentación

La altura de la cámara de sedimentación se refiere a la distancia vertical dentro de una cámara de sedimentación, que es un dispositivo o espacio diseñado para permitir que las partículas sólidas suspendidas en un líquido (como aguas residuales o agua) se asienten debido a la gravedad.

Este cálculo es importante porque influye en el tiempo que las partículas tienen para sedimentarse antes de que el líquido salga de la cámara.



Fuente: Autores

Donde:

$$\text{Borde libre (m)} = 0,30$$

$$H1 \text{ (m)} = \sqrt{3} * B/2 = 0,87$$

$$H2 \text{ (m)} = B * H = 1 * 2 = 2$$

$$HT \text{ (m)} = 3,17$$

f) Longitud mínima del vertedero de salida

Donde:

Q_{max} : Caudal máximo diario de diseño = $1,4 * 86,40 = 120,96 \text{ m}^3/\text{día}$

Chv : Carga hidráulica sobre vertedero ($125 \text{ a } 500 \text{ m}^3/\text{m} * \text{día}$)(recomendable 250)

$$Lv = \frac{Q_{max}}{Chv}$$

$$Lv = \frac{120,96}{250}$$

$$Lv = 0,48\text{m}$$

DISEÑO DEL DIGESTOR

a. Volumen de almacenamiento y digestión ($Vd = \text{m}^3$)

Para la cámara inferior, que se utilizara para el almacenamiento y digestión de lodos, se consideraran los siguientes aspectos:

TEMPERATURA	FACTOR DE CAPACIDAD RELATIVA (Fcr)
5	2.0
10	1.4
15	1.0
20	0.7
>25	0.5

Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

Fcr: Factor de capacidad relativa (tabla) = 0.5, el recinto Cajape cuenta con una temperatura promedio de 25°

$$Vd = \frac{70 * P * Fcr}{1000}$$

Donde:

Fcr = factor de capacidad relativa = 0,5

P = Población

$$Vd = \frac{70 * 400 * 0,5}{1000}$$

$$Vd = 14 \text{ m}^3$$

b. Tiempo requerido para digestión de lodos

TEMPERATURA °C	TIEMPO DE DIGESTION EN DIAS
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

Se determina el tiempo requerido para digestión de lodos mediante la tabla presentada. Se considerando que el recinto Cajape se encuentra ubicado en la región costera con una temperatura mayor de 25 °C.

$$>25^{\circ}\text{C} = 30 \text{ DIAS}$$

c) Frecuencia del retiro de lodos

Se establece el tiempo de retiro de los lodos digeridos con una frecuencia periódicamente de 30 días usando la tabla anterior. Así, el tiempo entre extracciones consecutivas de lodo debe ser al menos igual al tiempo de digestión, excepto en la primera extracción, donde se debe esperar el doble del tiempo de digestión.

d) Extracción de lodos

Para la eliminación de los lodos se empleará una tubería de al menos 200 mm de diámetro, ubicada a 15 cm por encima del fondo del tanque Imhoff. La retirada eficaz de los lodos requiere una carga hidráulica mínima de 1,80 metros. Esta disposición asegurará una evacuación adecuada de los lodos acumulados en la cámara de digestión del tanque Imhoff.

e) Área de ventilación y cámara de natas

Las siguientes normas establecidas deben regular el diseño del área de aireación y la cámara de decantación. Entre las paredes del digestor y el sedimentador se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Debe contar con un espacio libre de menos de 1m.
- La zona libre total debe ser menor al 30% de la zona total.
- Borde libre mínimo de 0,30cm

VERIFICACIÓN

$$\text{Área superficial} = a * LB = 10,72 \text{ m}^2$$

$$\text{Área de ventilación} = 2 * A_v = 6,08 \text{ m}^2$$

$$\frac{A_{vt}}{A_s} = \frac{6,08 \text{ m}^2}{10,72 \text{ m}^2} = 52\%$$

$$52\% > 30\% \text{ (si cumple)}$$

B	RESULTADOS		
1	Volumen de digestión requerido	14,00	m3
2	Ancho tanque Imhoff (Bim)	2,93	m
3	Volumen de lodos en digestor	14,00	m3
4	Superficie libre	52%	(min. 30%)
5	Altura del fondo del digestor, m	0,39	m
6	Altura total tanque Imhoff	5,06	m
7	Área de lecho de secado	40,00	m2

Tabla 18 Resultados final del tanque Imhoff

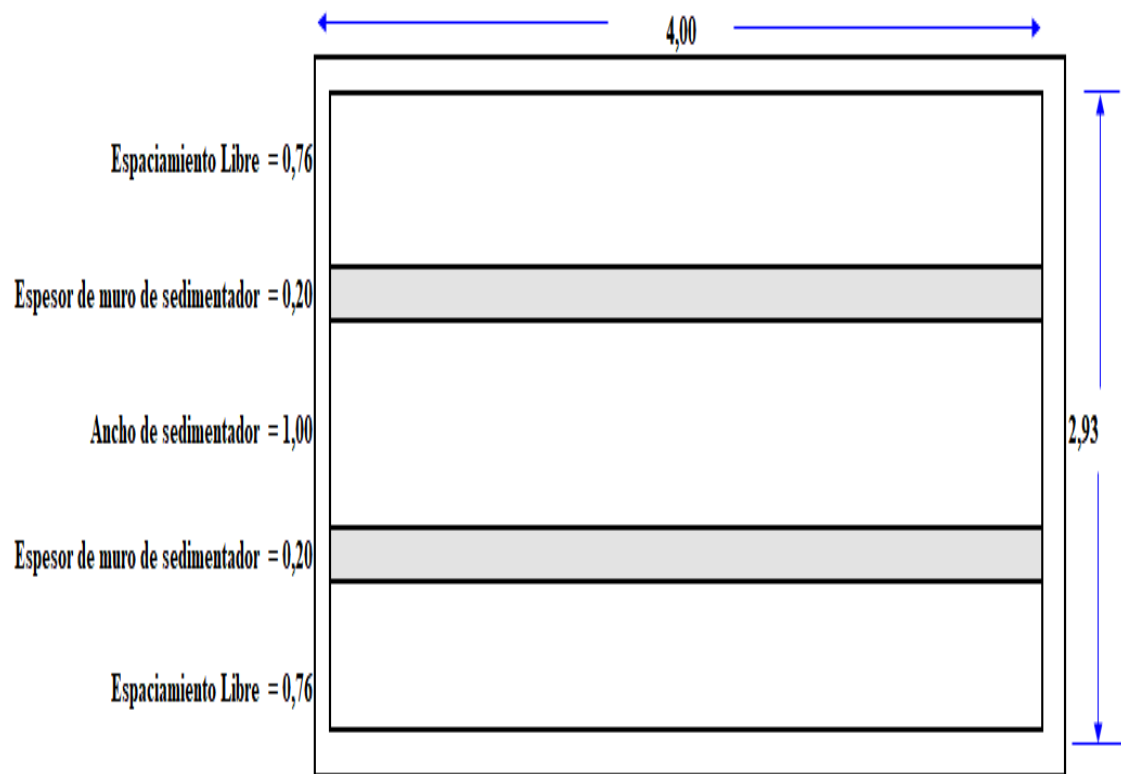


Ilustración 10 Red Principal de Alcantarillado Sanitario con Cajas de Registro

Fuente: Autores



CAPITULO V

5.1. CRONOGRAMA

Tabla 19 Cronograma de actividades para anteproyecto y trabajo de titulación

RESULTADO/PRODUCTO/APRENDIZAJE	REPOSABILIDAD	DURACIÓN (SEMANAS)												
		MAYO			JUNIO			JULIO			AGOSTO			SEPTIEMBRE
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Elección del tema para el anteproyecto	Grupo de tesis													
Analizar los problemas y justificación que se presenta en la zona a realizar el proyecto	Grupo de tesis													
Análisis topográficos diseñando los tramos por donde se realizará la red	Grupo de tesis													
Plantear objetivos generales y específicos	Grupo de tesis													
Revisión de los métodos y cálculos a usar	Grupo de tesis													
Presentación y defensa del informe del anteproyecto de tesis	Grupo de tesis y tutor													
Observar el diseño de red propuesta a la problemática	Grupo de tesis													
Análisis de la topografía realizada	Grupo de tesis													
Presentación de avances del proyecto al tutor	Grupo de tesis y tuto													
Verificación de resultados obtenidos	Grupo de tesis													
Presentar los resultados del proyecto explicando las ventajas y desventajas	Grupo de tesis													
Presentación y corrección de los resultados obtenidos	Grupo de tesis y tuto													
Elaboración y entrega de los documentos finales	Grupo de tesis													
Exposición y defensa del proyecto final en las instalaciones de María Auxiliadora	Grupo de tesis													

Fuente: Autores

5.2. PRESUPUESTO

Tabla 20 Presupuesto para la ejecución del proyecto de titulación

	ACTIVIDAD / MATERIAL	CANTIDAD (U)	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
1	TRANSPORTE			
1.1.	Transporte y alimentación para realizar el proyecto	4	\$ 45,00	\$ 180,00
2	MANO DE OBRA			
2.1.	Especialista en Topografía	1	\$ 551,00	\$ 551,00
3	OTROS			
3.1.	Impresiones	5	\$ 10,00	\$ 50,00
3.2.	Equipo (laptops)	2	\$ 50,00	\$ 100,00
			TOTAL (\$)	\$ 881,00

Fuente: Autores

CAPITULO VI

6.1. CONCLUSIONES

- Se analizó las características del recinto Cajape en donde se abarco el número de usuarios, la distribución geográfica y las necesidades de gestión de aguas residuales, con la finalidad de establecer los requisitos particulares para el sistema de alcantarillado y tratamiento.
- Se trazó una red de alcantarillado sanitario óptimo para el Recinto Cajape mediante un levantamiento topográfico, identificación de puntos de generación de aguas residuales y diseño de tuberías con pendientes adecuadas, para asegurar una gestión eficiente y segura de las aguas residuales, mejorando la calidad de vida de los habitantes y cumpliendo con las normativas ambientales y de salud pública.
- Se diseñó un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante la implementación del tanque Imhoff con el propósito de evitar la contaminación del cuerpo de agua receptor.

6.2. RECOMENDACIONES

- Con base en las conclusiones obtenidas, se recomienda establecer un plan de mantenimiento regular del sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de aguas residuales. Esto garantizará la durabilidad y eficiencia del sistema, previniendo posibles fallos y prolongando su vida útil. Además, es esencial capacitar a los operadores y sensibilizar a la comunidad sobre el uso adecuado del sistema para evitar prácticas perjudiciales.
- Es vital implementar un monitoreo constante del sistema para asegurar que los efluentes tratados cumplan con las normativas ambientales. Esto permitirá realizar ajustes oportunos y mantener la eficacia del tratamiento. Asimismo, se sugiere incluir mecanismos de mejora continua que permitan adaptar el sistema a futuras necesidades o avances tecnológicos.
- Finalmente, se recomienda desarrollar un plan de contingencia para emergencias y fomentar una gestión integral de los residuos sólidos generados durante el tratamiento. Estas medidas contribuirán a minimizar riesgos ambientales y asegurar la sostenibilidad del sistema a largo plazo, protegiendo tanto a la comunidad como al entorno natural.

6.3.BIBLIOGRAFÍA

- ACQUAPHI. (s.f.). Obtenido de <https://acquaphi.com/es/benefits/schwebende-feststoffe-und-sedimente/>
- ACQUAPHI. (2023). *Sólidos en suspensión y sedimentos*. Obtenido de <https://acquaphi.com/es/benefits/schwebende-feststoffe-und-sedimente/>
- Aguay Rosillo, A. G. (2016). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO, CON EL SISTEMA DE TRATAMIENTO “IMHOFF” DE AGUAS RESIDUALES PARA LA PARROQUIA SAN LUIS DE PAMBIL, CANTÓN GUARANDA, PROVINCIA BOLÍVAR*”. AMBATO.
- Carbajal Huincho, Á. F. (2021). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON EL TANQUE SÉPTICO CON BAFLES EN COMPARACIÓN AL TANQUE IMHOFF*. Huancayo.
- Coello Merchán, V. A. (2022). *Diseño y modelación técnica del sistema de alcantarillado sanitario para la zona alta de la lotización San Francisco, perteneciente al cantón Guayaquil, ubicado en el km 16,5 vía Daule de la provincia del Guayas*. Guayaquil.
- Coello Merchán, V. A. (2022). *Diseño y Modelación técnica del Sistema de Alcantarillado Sanitario para la zona alta de la Lotización San Francisco, perteneciente al cantón Guayaquil, ubicado en el km 16,5 vía Daule de la Provincia del Guayas*. Guayaquil.
- Comisión Nacional del Agua. (2024). *GOBIERNO DE MEXICO*. Obtenido de <https://www.gob.mx/conagua/acciones-y-programas/programa-de-saneamiento-de-aguas-residuales-prosanear-111416>
- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA. (s.f.). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Ciudad de México.
- Díaz Cuenca, E., Alavarado Granados, A. R., & Camacho Calzada, K. E. (2012). *El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México...* Toluca.
- EMAAP. (2009). *NORMAS DE DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO PARA LA EMAAP-Q*. Quito.
- iagua. (enero de 2017). *iagua*. Obtenido de <https://www.iagua.es/noticias/paraguay/mopc/17/01/17/alcantarillado-sanitario-clave-mejorar-calidad-vida-paraguayos>
- INCyTU. (2019). *Tratamiento de aguas residuales*. Ciudad de México.

- INEN 005-9-2. (1997). *Código de práctica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural*. Quito.
- INEN. (2014). *NTE INEN 1108 - AGUA POTABLE REQUISITOS*. Quito.
- INTERAGUA. (2014). *CRITERIOS DE DISEÑO DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO EN LA CIUDAD SANTIAGO DE GUAYAQUIL*. GUAYAQUIL.
- LEÓN PIEDRA, E. A., & LINDAO PALMA, G. E. (2016). *DISEÑO DEL SISTEMA DE EVACUACIÓN DE AGUAS SERVIDAS Y PLANTA DE TRATAMIENTO PARA BENEFICIO DEL RECINTO LA BARRANCA SAMBORONDÓN*. Guayaquil.
- Lopez Moreira, D., Jaramillo Jiménez, E., & Ramirez Pinela, A. (junio de 2020). *Sistema de alcantarillado y aguas residuales en Guayaquil*. Obtenido de Sistema de alcantarillado y aguas residuales en Guayaquil.
- Mendoza, V. (2020). *PROTOCOLO PARA LA PROTECCIÓN DEL PERSONAL QUE OPERA LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO, PARA ASEGURAR EL SERVICIO PÚBLICO DOMICILIARIO DURANTE LA PRESENTE EMERGENCIA QUE GARANTICE EL ABASTECIMIENTO*. Guayaquil.
- Menoscal, J. (2023). *Planta de tratamiento de agua residuales en una empacadora de camarón*. Guayaquil.
- Metcalf, & Eddy. (2014). *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento y recuperación de recursos*.
- Ministerio das Relações Exteriores. (2023). *gov.br*. Obtenido de <https://www.gov.br/mre/pt-br/embaixada-acra/novo-pac-brazils-new-growth-acceleration-program>
- Muñoz, M., & Aldás, M. (2017). *SISTEMAS DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES*.
- Murrieta García, M. A., & Hinojosa Alarcón, J. J. (2023). *DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y TRATAMIENTO PRIMARIO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL RECINTO YUMES DEL CANTÓN PALESTINA, PROVINCIA DEL GUAYAS*. Guayaquil.
- NEC-11. (2011). *NORMA HIDROSANITARIA NHE AGUA*.
- Organización Mundial de la Salud. (2019). *GUÍAS PARA EL SANEAMIENTO Y LA SALUD*. Ginebra.

- Organización Mundial de la Salud*. (septiembre de 2023). Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *GUÍA PARA EL DISEÑO DE TANQUES SÉPTICOS, TANQUES IMHOFF Y LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN*. Lima.
- Organización Panamericana de la Salud. (2005). *GUÍAS PARA EL DISEÑO DE TECNOLOGÍAS DE ALCANTARILLADO*. LIMA.
- TERÁN, J. M. (s.f.). *MANUAL PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO*. Veracruz.
- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., & Zurbrugg, C. (s.f.). *Sustainable Sanitation and Water Management Toolbox*. Obtenido de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/tratamiento-semi-centralizado/tanque-imhoff>
- ULTIMA HORA. (2023). *ULTIMA HORA*. Obtenido de www.iadb.org
- VILLACRÉS PARRA, I. R. (2016). *DESARROLLO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO APLICANDO LA METODOLOGÍA DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA EL VEHÍCULO HIDROCLEANER VACTOR M654 DE LA EMPRESA ETAPA EP*. Riobamba.
- Villacreses, Q. (2021). Problemas percibidos en Jipijapa al estado actual del alcantarillado.

CAPITULO VII

7.1. ANEXOS

ENCUESTA ALCANTARILLADO SANITARIO- TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES	
SOCIO-ECONOMICA	
Cantón Palestina – Recinto Cajape	
Apellido de Jefe de Familia _____	
Número de Solar	
Total de Miembros de Familia	
CONEXIÓN DOMICILIARIA DE AGUAS RESIDUALES	
☐ CON MEDIDOR ☐ SIN MEDIDOR	
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE	
☐ SISTEMA DE AGUA POR CAPTACIÓN ☐ POR TANQUERO ☐ NO POSEEN	
TRATAMIENTO POR TANQUE IMHOFF	
☐ EXISTE ALMACENAMIENTO ☐ NO EXISTE ALMACENAMIENTO	

Gráfico 5 Encuesta a la comunidad del recinto Cajape



Gráfico 6 Cristhel Castillo, conversando con ciudadanos del recinto.



Gráfico 7 Vista de calles sin pavimentar, ubicado tanto principal como el ingreso, así como única vía del recinto.



Gráfico 8 Dialogo entre Tania Bustamante y habitantes del sector, realizando encuestas para datos bases del proyecto



Gráfico 9 Cristhel Castillo, evaluando la situación en la que se presenta el recinto.



Gráfico 10 Dialogo con presidenta del sector Sra. María Centeno



Gráfico 11 Sitio para futuro centro creativo



Gráfico 12 Ingreso de vehículo para realizar una pequeña colaboración al sector



Gráfico 13 Ingreso por único lugar de entrada y salida del recinto Cajape



Gráfico 14 Realización de pequeña ayuda solidaria



Gráfico 15 Vista a vivienda de bajos recursos (adicional no cuentan con servicio sanitario)



Gráfico 16 Estancamiento de aguas residuales provocando enfermedades a moradores



INSTITUCIÓN:		UPS	AUTORES:	
CARRERA INGENIERÍA CIVIL			BUSTAMANTE RODRIGUEZ TANIA VANESSA CASTILLO ROSADO CRISTHEL ANAHI	
TÍTULO:			FECHA:	
RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO			AGOSTO/2024	
UBICACIÓN:		COORDENADAS:	ESCALA:	
			1:1	
PROVINCIA: GUAYAS		SUR:	NOMBRE DEL ARCHIVO:	
		1° 37' 06.55"	RED DE ALCANTARILLADO.dwg	
CANTÓN: PALESTINA		OESTE:	LÁMINAS:	
DIRECCIÓN: RECINTO CAJAPE, a 4.35km VÍA GUAYAQUIL		79° 56' 26.36"	A0	