



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
APLICADAS
CARRERA DE HIDRÁULICA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y
PLUVIAL EN LA COMUNIDAD DE SALACHE ANGAMARCA LA
CALLE DEL CANTÓN SALCEDO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO HIDRÁULICO

Autor:

Angel Lenin Tenorio Correa

Tutor:

Ing. Msc Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete

LATACUNGA – ECUADOR, 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Angel Lenin Tenorio Correa declaro ser autor del proyecto de titulación “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN LA COMUNIDAD DE SALACHE ANGAMARCA LA CALLE DEL CANTÓN SALCEDO”, siendo el Ing. Msc Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete Tutor del presente trabajo de titulación; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo de titulación, son de mi exclusiva responsabilidad.



Angel Lenin Tenorio Correa

C.C.: 0503499436

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **Angel Lenin Tenorio Correa** identificado con cédula de ciudadanía No. **05**, de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, la **Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema**, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la **Universidad Técnica de Cotopaxi**, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. La CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de **Hidráulica**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN LA COMUNIDAD DE SALACHE ANGAMARCA LA CALLE DEL CANTÓN SALCEDO”, el cual se encuentra elaborado según los requerimientos académicos de la facultad; y las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Mayo 2020 – Septiembre 2020

Finalización de la carrera: Abril 2026 – Agosto 2026

Aprobación en Consejo Directivo: 13 de Agosto

Tutor: Ing. Msc Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete

Tema: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN LA COMUNIDAD DE SALACHE ANGAMARCA LA CALLE DEL CANTÓN SALCEDO”,

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel, normada por la legislación ecuatoriana, la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en un repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, LA CEDENTE autoriza a LA CESIONARIA a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO. Por el presente contrato LA CEDENTE transfiere definitivamente a LA CESIONARIA en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.

- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no esté contemplada en la ley con excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.- Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta; lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA.- El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA.- En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico ecuatoriano aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA.- Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva, inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes, y en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales y demás gastos procesales serán asumidos por las partes en forma igualitaria.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los **13 días del mes de Agosto del 2026**.



Angel Lenin Tenorio Correa
LA CEDENTE

Dr. Idalia Eleonora Pacheco Tigselema,
LA CESIONARIA

Latacunga, 13 Agosto del 2026

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN LA COMUNIDAD DE SALACHE ANGAMARCA LA CALLE DEL CANTÓN SALCEDO”, propuesto por el estudiante **Angel Lenin Tenorio Correa** de la carrera de **Hidráulica**, considero que dicho proyecto de titulación cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos al tribunal de lectores.



Ing. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete, Mg

CC: 1313058453

TUTOR

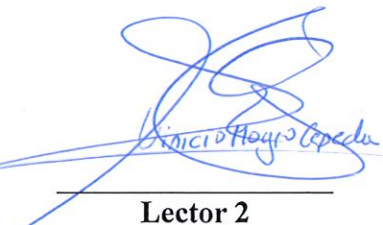
Latacunga, 13 Agosto del 2026

AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES

Cumpliendo con el Reglamento de Titulación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en calidad de Lectores de Tribunal de Proyecto de Investigación con el Título “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN LA COMUNIDAD DE SALACHE ANGAMARCA LA CALLE DEL CANTÓN SALCEDO”, propuesto por el o la estudiante **Angel Lenin Tenorio Correa** de la Carrera de **Ingeniería Hidráulica**, me permito indicar que él o la estudiante ha concluido todas las observaciones y realizado las correcciones señaladas por el Tribunal de Lectores, por lo cual presentamos el Aval de aprobación del Proyecto de Titulación correspondiente a la modalidad proyecto de investigación, en virtud de lo cual el postulante puede presentarse a la Defensa de su Proyecto de Titulación.

Particular que pongo en su conocimiento para los fines legales pertinentes.

Atentamente,

		
Lecto 1	Lector 2	Lector 3
Ing. Andy Miguel Giler Ormaza	Ing. Yenson Vinicio Mogro Cepeda	Ing. Patricio Chávez Zapata
CC: 1312820325	CC: 0501657514	CC: 0501657514

AGRADECIMIENTO

Expreso mi más sincero agradecimiento a mi docente tutora Ing. Msc. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete, por su valiosa guía, dedicación y apoyo durante el desarrollo de este trabajo, así como por compartir sus conocimientos y orientaciones que fueron fundamentales para culminar con éxito esta investigación.

De igual manera, agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi, institución que me brindó la oportunidad de formarme académica y profesionalmente, contribuyendo al desarrollo de mis capacidades y conocimientos.

Finalmente, extiendo mi agradecimiento al Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Salcedo, especialmente a la Dirección de Agua Potable y Alcantarillado, por facilitar la información, el apoyo técnico y la apertura institucional necesaria para el desarrollo del presente trabajo.

Angel Lenin Tenorio Correa

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, por ser mi guía, fortaleza y fuente de sabiduría en cada etapa de mi vida, permitiéndome superar los obstáculos y alcanzar esta meta académica.

A mis queridos padres, Denis Tenorio y Bélgica Correa, quienes con su amor, esfuerzo, consejos y sacrificio han sido el pilar fundamental en mi formación personal y profesional. Su apoyo incondicional y confianza han sido la motivación constante para seguir adelante.

De manera muy especial, dedico también este logro a mi querida abuelita Ágelica Espín, por su cariño, sus enseñanzas y su ejemplo de vida, que siempre han sido una inspiración para continuar luchando por mis sueños

Angel Lenin Tenorio Correa

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL EN LA COMUNIDAD DE SALACHE ANGAMARCA LA CALLE DEL CANTÓN SALCEDO”,

Autor:

Angel Lenin Tenorio Correa

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo diseñar un sistema de drenaje sanitario y pluvial para la localidad de Salache Angamarca La Calle, que se ubica en el cantón Salcedo, parroquia San Miguel. Para lograrlo, se empleó software hidráulico especializado para optimizar la recolección, el transporte y la correcta disposición de aguas residuales y escorrentías de superficie. La metodología tubo enfoque cuantitativo, descriptivo inductivo deductivo y analítico de modalidad bibliográfica documental y de campo, misma que, se estructuró en tres etapas fundamentales: primero, se reunió y se examinó información demográfica, hidrológica y sobre la infraestructura actual; después, se realizó un levantamiento topográfico mediante técnicas geodésicas y dispositivos GPS para determinar con exactitud las elevaciones y pendientes; finalmente, se llevó a cabo la modelación hidráulica del sistema utilizando software especializado para calcular técnicamente las tuberías, pozos y estructuras adicionales. Los resultados obtenidos permitieron proyectar el crecimiento de la población futura que se establece en 1,56%, para el periodo considerado de 25 años, calcular caudales sanitarios y pluviales progresivos, y definir un recorrido técnicamente viable que se adapte al desnivel natural del terreno, que oscila entre aproximadamente 2.825 y 2.795 metros sobre el nivel del mar. El diseño garantiza un funcionamiento por gravedad, con pendientes adecuadas y velocidades que se mantienen dentro de los rangos establecidos para autolimpieza, previniendo así la sedimentación o sobrecargas hidráulicas, cuyo caudal máximo acumulado en el tramo final de la red alcanza aproximadamente 8,33 L/s. En resumen, el sistema diseñado cumple con los estándares técnicos y normativos actuales, asegurando eficiencia hidráulica, sostenibilidad operativa y viabilidad económica al no requerir estaciones de bombeo. También, la incorporación de tecnologías durante el proceso de diseño incrementó la precisión técnica y la fiabilidad de los resultados, lo que contribuye a mejorar las condiciones sanitarias y ambientales de la comunidad.

Palabras clave: Alcantarillado Sanitario; Modelación Hidráulica; Levantamiento Topográfico; Caudal de Diseño; Pendiente Hidráulica.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

Theme: “DESIGN OF A SANITARY AND RAINWATER SEWER SYSTEM IN THE COMMUNITY OF SALACHE ANGAMARCA, LA CALLE DEL CANTÓN SALCEDO”

Author:
Angel Lenin Tenorio Correa

ABSTRACT

This study aimed to design a sanitary and stormwater drainage system for the town of Salache Angamarca La Calle, located in the Salcedo canton, San Miguel parish. To achieve this, specialized hydraulic software was used to optimize the collection, transport, and proper disposal of wastewater and surface runoff. The methodology employed a quantitative, descriptive-inductive-deductive, and analytical approach, utilizing both documentary and field research. It was structured in three fundamental stages: first, demographic, hydrological, and existing infrastructure information was gathered and examined; second, a topographic survey was conducted using geodetic techniques and GPS devices to accurately determine elevations and slopes; and finally, the hydraulic modeling of the system was performed using specialized software to technically calculate the pipes, manholes, and additional structures. The results obtained allowed for projecting future population growth of 1.56% over the 25-year period, calculating progressive sanitary and stormwater flow rates, and defining a technically feasible route that adapts to the natural terrain slope, which ranges from approximately 2,825 to 2,795 meters above sea level. The design ensures gravity-fed operation with appropriate slopes and velocities maintained within the established ranges for self-cleaning, thus preventing sedimentation or hydraulic overloads. The maximum accumulated flow rate in the final section of the network reaches approximately 8.33 L/s. In summary, the designed system meets current technical and regulatory standards, ensuring hydraulic efficiency, operational sustainability, and economic viability by not requiring pumping stations. Furthermore, the incorporation of technologies during the design process increased the technical precision and reliability of the results, contributing to improved sanitary and environmental conditions for the community.

Keywords: Relationship Marketing, Higher Education, Student Loyalty, Student Satisfaction, Institutional Communication.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE APROBACIÓN DE LECTORES	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE CONTENIDO	xi
ÍNDICE DE TABLA	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xviii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xix
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
1.1. Tema del proyecto	1
1.2. Modalidad de Titulación.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	3
2.1. Situación problemática	4
2.2. Formulación del problema.....	5
2.3. Objeto y Campo de Acción	5
2.4. Beneficiarios.....	6
2.4.1. Beneficiaron Directo	6
2.4.2. Beneficiaron Indirecto	6
2.5. Justificación.....	6
2.6. Objetivos.....	7
2.6.1. Objetivos generales	7

2.6.2. Objetivos específicos	7
2.7. Sistema de tareas en relación de objetivos planteados	8
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	9
3.1. Antecedentes investigativos	9
3.2. Marco referencial.....	10
3.2.1. Saneamiento	10
3.2.2. Sistema de alcantarillado sanitario.	11
3.2.3. Tipos de sistemas de alcantarillado	12
3.2.3.1. El sistema de alcantarillado combinado	12
3.2.3.2. El sistema de alcantarillado separado	13
3.2.4. Ventajas y desventajas en la selección del alcantarillado.....	15
3.2.4.1. Variaciones temporales y espaciales del agua residual y pluvial	16
3.2.4.2. Variación en el caudal de aguas residuales y pluviales	16
3.2.5. Base de diseño técnico mediante fórmulas de cálculo del sistema de alcantarillado sanitario.....	17
3.2.5.1. Periodo de Diseño.....	17
3.2.5.2. Crecimiento Poblacional	18
3.2.5.3. Población de diseño	18
3.2.5.4. Tasa de Crecimiento Poblacional	19
3.2.5.5. Densidad poblacional	19
3.2.6. Estudio topografía	19
3.2.7. Criterio de diseño hidráulico del área de alcantarillado sanitario	20
3.2.7.1. Caudales de diseño	20
3.2.7.2. Coeficiente de Retorno (Cr)	20
3.2.7.3. Caudal Industrial (Qi).....	20
3.2.7.4. Caudal por Conexiones Ilícitas (Qci)	21

3.2.7.5. Caudal por Infiltración (Qin).....	21
3.2.7.6. Empleo de simulación	21
3.2.8. Normas particulares de diseño	21
3.2.8.1. Velocidad Máxima	21
3.2.8.2. Velocidad Mínima	21
3.2.9. Criterios de diseño hidráulico de las redes de alcantarillado pluvial	21
3.2.9.1. Hidrología.....	21
3.2.9.2. Intensidad de la lluvia.....	22
3.2.9.3. Ecuaciones pluviométricas	22
3.2.10. Normas particulares de diseño.....	23
3.2.10.1. Velocidades	23
3.2.10.2. Pendientes.....	23
3.2.11. Sistema de tubería para saneamiento y alcantarillado	23
3.2.11.1. La tubería de acero	23
3.2.11.2. Tuberías de concreto reforzado	24
3.2.14.3. Tuberías de PVC.....	24
3.2.14.4. Pozos de revisión.....	24
3.3. Terminología de alcantarillado sanitario y pluvial	25
4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS	27
4.1. Enfoque de la investigación.....	27
4.2.2. Zona de estudio.....	27
4.3. Población de futura de estudio.....	28
4.4. Esquemas metodológicos	28
4.5.1. Flujograma general de alcantarillado sanitario y pluvial	28
4.5.2. Diagrama de flujograma de la metodología de los procesos de Alcantarillado Sanitario.....	29

4.5.3. Diagrama de flujograma de la metodología de los procesos de Alcantarillado Pluvial.....	30
4.5. Metodología técnica del cálculo y diseño del sistema de alcantarillado sanitario	31
4.5.1. Población de futura.....	31
4.5.2. Niveles de Servicio.....	32
4.5.3. Dimensiones	33
4.5.4. Criterio de diseño hidráulico del área de alcantarillado sanitario	33
4.5.5. Caudales de diseño	34
4.5.5.1.	35
4.5.6. Metodología de cálculo hidráulico	39
4.5.7. Normas particulares de diseño.....	41
4.6. Metodología técnica del diseño hidráulico de las redes de alcantarillado pluvial.....	43
4.6.1. Hidrología.....	43
4.6.2. Intensidad de la lluvia.....	43
4.6.3. Frecuencia de diseño	45
4.6.4. Caudal de diseño.....	46
4.6.5. Metodología de cálculo hidráulico	51
4.6.7. Técnicas de simulación en computador.....	52
4.6.4. Diagrama de flujo modelación alcantarillado sanitario (SEWERCAD)	53
4.6.5. Diagrama de flujo – Análisis de aguas pluvial (Hcanales).....	54
4.6.8. Normas particulares de diseño.....	54
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	58
5.1. Resultados de la encuesta	58
5.2. Resultados del diseño de Alcantarillado Sanitario	60
5.2.1. Cálculo de la poblacionales en zonas rurales	60
5.3. Resultados del análisis de aguas pluvial.....	71

5.3.1. Cálculo del estudio del análisis de agua pluvial software (Hcanales).....	74
5.3. Modelación alcantarillado sanitario software (SEWERCAD)	79
5.4. Áreas de aportación de alcantarillado fluvial con el análisis de los caudales (AutoCAD Civil 3D)	94
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
6.1. Conclusiones	96
6.2. Recomendaciones	97
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	98
8. ANEXOS.....	105

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Criterios de la modalidad de la titulación	1
Tabla 2 Subáreas conocimientos Unesco	2
Tabla 3 Ejemplo del Sistema de Tareas del Plan de Titulación.	8
Tabla 4 Desarrollo de los sistemas de alcantarillado.....	14
Tabla 5 Distancia máxima entre pozos según el diámetro de la tubería.....	24
Tabla 6 Zona de estudio.....	27
Tabla 7 Métodos de Proyección de la Población Futura	31
Tabla 8 Tasas de crecimiento poblacional.....	32
Tabla 9 Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excedentes y residuos líquidos	32
Tabla 10 Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio.....	33
Tabla 11 Rango para la estimación de caudal	36
Tabla 12 Tipo de dimensionamiento según el material	37
Tabla 13 Relación hidráulica de Kutter o Manning.....	38
Tabla 14 Tabla de velocidad máxima.....	41
Tabla 15 Pendientes.....	42
Tabla 16 Tabla referencial de la ecuaciones pluviométricas.....	45
Tabla 17 Coeficiente de Escurrimiento por tipo de zonas	47
Tabla 18 Coeficiente de Escurrimiento por tipo de superficie	48

Tabla 19	Criterios de aplicación de la curva de lluvia.....	49
Tabla 20	Normas para la velocidad de diseño	55
Tabla 21	Resumen de los resultados de la encuesta	58
Tabla 22	Cálculos poblacionales	60
Tabla 23	Cálculos poblacionales en zonas rurales	61
Tabla 24	Cálculo de la población futura.....	62
Tabla 25	Resultados de las áreas de estudio	63
Tabla 26	Área de aportación del calculo	63
Tabla 27	Cálculo Caudales	64
Tabla 28	Cálculo de los pozos y caudales	65
Tabla 29	Cálculo de Pendientes.....	66
Tabla 30	Relaciones con parámetros hidráulicos	68
Tabla 31	Relaciones con parámetros hidráulicos	70
Tabla 32	Resultados del análisis del agua pluvial	72
Tabla 33	Evaluación de los tramos de la tubería	80
Tabla 34	Evaluación métricas de los pozos	82
Tabla 35	Número de personas en la vivienda.....	105
Tabla 36	Tiempo de permanencia en el Barrio.....	106
Tabla 37	Edades de los usuarios	107
Tabla 38	Familiares con alguna discapacidad	108
Tabla 39	Posesión de vivienda	109
Tabla 40	Número de pisos	110
Tabla 41	Estructura.....	111
Tabla 42	Paredes.....	112
Tabla 43	Pisos de la vivienda	113
Tabla 44	Cubierta del hogar	114
Tabla 45	Estado de los hogares	115
Tabla 46	Uso de vivienda	116
Tabla 47	Agua potable con medidor de caudal	117
Tabla 48	Obtención del agua	118
Tabla 49	Servicios comunicación.....	119
Tabla 50	Servicios Sanitario	120
Tabla 51	Forma de eliminación de basura	121
Tabla 52	Con que frecuencia experimenta problemas de suministro de agua.....	122

Tabla 53	Presión del agua.....	123
Tabla 54	Distribución del agua.....	124
Tabla 55	Cuántas veces a la semana abastecen de agua.....	125
Tabla 56	Cuántas horas al día se abastecen de agua.....	126
Tabla 57	La construcción de un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial.	127
Tabla 58	Estaría dispuesto a contribuir financieramente para mejorar la red de alcantarillado	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elementos que compone un sistema alcantarillado.....	11
Figura 2. Sistema combinado	13
Figura 3. Sistema combinado.	13
Figura 4. Variación horaria del caudal de agua residual en una ciudad	17
Figura 5. Posos de revisión.....	25
Figura 6. Ubicación geográfica del proyecto	27
Figura 7. Flujograma de los procesos integrados sanitario y pluvial	28
Figura 8. Flujograma de la metodología de los procesos de Alcantarillado Sanitario ..	29
Figura 9. Flujograma de la metodología de los procesos de Alcantarillado Pluvial	30
Figura 10. Metodología del cálculo hidráulico.....	51
Figura 11. <i>Flujograma de los flujos de la moderación alcantarillado sanitario</i>	53
Figura 12. <i>Flujograma de los flujos de la moderación Agua pluvial</i>	54
Figura 13. Desarrollo de la topografía en el programa.....	84
Figura 14. Área de aportación para el alcantarillado sanitario y pluvial.....	85
Figura 15. Desarrollo de la red de alcantarillado sanitario.....	86
Figura 16. Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 1 al tramo 4	87
Figura 17. Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 5 al tramo 6	88
Figura 18. Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 7	89
Figura 19. Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 8 al tramo 9	89
Figura 20. Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 10	90
Figura 21. Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 11.	91
Figura 22. Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 12	92
Figura 23. Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 13	93
Figura 24. Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 14	93
Figura 25. Áreas de aportación de alcantarillado fluvial con el análisis de los caudales	94

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Evaluación del canal pluvial del área 1. izquierdo	74
Gráfico 2. Evaluación del canal pluvial área 1 + 2 izquierdo.....	74
Gráfico 3. Evaluación del canal pluvial área 3 derecha.....	75
Gráfico 4. Evaluación del canal pluvial área 4. Izquierdo.....	76
Gráfico 5. Evaluación del canal pluvial área 5 derecha.....	76
Gráfico 6. Evaluación del canal pluvial área 6 izquierdo	77
Gráfico 7. Evaluación del canal pluvial área 5 +7 derecha	78
Gráfico 8. Evaluación del canal pluvial área 6+8 Izquierdo	78
Gráfico 9. Evaluación del canal pluvial áreas 6 +8 +9 izquierdo.....	79
Gráfico 10. Número de personas en la vivienda.....	105
Gráfico 11. Tiempo de permanencia en el Barrio.....	106
Gráfico 12. Edades de los usuarios.....	107
Gráfico 13. Familiares con alguna discapacidad	108
Gráfico 14. Posesión de vivienda	109
Gráfico 15. Número de pisos	110
Gráfico 16. Estructura.....	111
Gráfico 17. Paredes.....	112
Gráfico 18. Pisos de la vivienda	113
Gráfico 19. Cubierta del hogar	114
Gráfico 20. Estado de los hogares	115
Gráfico 21. Uso de vivienda	116
Gráfico 22. Agua potable con medidor de caudal	117
Gráfico 23. Obtención del agua.....	118
Gráfico 24. Servicios comunicación.....	119
Gráfico 25. Servicios Sanitario.....	120
Gráfico 26. Forma de eliminación de basura.....	121
Gráfico 27. Con que frecuencia experimenta problemas de suministro de agua.....	122
Gráfico 28. Presión del agua.....	123
Gráfico 29. Distribución del agua.....	124
Gráfico 30. Cuantas veces a la semana abastecen de agua.....	125
Gráfico 31. Cuantas horas al día se abastecen de agua.....	126
Gráfico 32. La construcción de un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial.	127

Gráfico 33. Estaría dispuesto a contribuir financieramente para mejor la red de alcantarillado	128
---	-----

1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1. Tema del proyecto

Diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial en la comunidad de Salache Angamarca la calle del Cantón Salcedo.

1.2. Modalidad de Titulación

Tabla 1

Criterios de la modalidad de la titulación

MODALIDAD DE TITULACIÓN	HOMOLOGACIONES PARA INFORME FINAL DE TITULACIÓN	SELECCIÓN
Propuesta tecnológica	Informe de propuesta tecnológica	
	Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual.	
	Artículo científico	
Proyecto de investigación	Informe de Proyecto de investigación	X
	Artículo científico	
	Patente, Modelo de utilidad, Certificado de propiedad intelectual.	
Exámen de indicadores de RDA		

Trabajo de Titulación Vinculado al Proyecto: Gestión y uso del agua: Soluciones para Comunidades de la Zona 3

Equipo de Trabajo del Trabajo de Titulación: Tenorio Correa Ángel Lenin, Ing. Msc. Xiomara Alejandra Zambrano Navarrete.

Área de Conocimiento: Seleccionar el código de correspondiente UNESCO [1].

- 3305.30 Alcantarillado y depuración de Aguas
- 3308.09 Ingeniería Sanitaria.
- 3308.10 Tecnología de Aguas Residuales.
- 3308.11 Control de la Contaminación del Agua.

Tabla 2

Subáreas conocimientos Unesco

Área conocimiento	Subárea conocimiento	Subárea específica conocimiento
07 ingeniería, Industria y Construcción	073 Arquitectura y Construcción	0731 arquitectura y urbanismo 0732 construcción e ingeniería civil

- **Línea de investigación:** Metodología, hidrología, mecánica de fluidos, sistemas y obras hidráulicas.
- **Sublíneas de investigación de la Carrera:** Diseño y optimización de proyectos hidráulicos.

2. INTRODUCCIÓN

El acceso a sistemas de saneamiento es esencial para el avance humano, la conservación del medio ambiente y el derecho a una vida digna, en particular en regiones rurales donde la falta de infraestructura es evidente. En Ecuador, el diseño y la ejecución de sistemas de alcantarillado, tanto para aguas residuales como para pluviales, representan un reto que trasciende el ámbito técnico; está profundamente vinculado con la salud pública, la protección de los recursos hídricos y el fomento del desarrollo local [2] [3]

De acuerdo con información del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) indica que menos del 50% de los municipios en el país dispone de sistemas de alcantarillado separados, y gran parte de las aguas residuales se vierten sin un tratamiento adecuado, lo cual resalta un problema constante en la gestión del saneamiento [4]. Si bien el mismo informe señala que aproximadamente el 70% de los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GAD) ha puesto en marcha algún tipo de tratamiento de aguas residuales, el hecho de que un 26% no lo haya realizado subraya una falta crítica, especialmente en áreas rurales [5]. En donde la circunstancia afecta directamente la salud de la población, el deterioro de los ecosistemas y la capacidad limitada de las comunidades para promover un desarrollo social y económico sostenible [6] [7]

En el reto nacional se centra en mejorar la gestión municipal para aumentar el acceso a agua potable y servicios de saneamiento básico, condiciones fundamentales para disminuir enfermedades relacionadas con el agua, luchar contra la desnutrición y fomentar actividades productivas como el turismo rural y servicios comunitarios [8].

Desde un enfoque social, la situación se vuelve aún más crítica al darse cuenta de que cerca del 50% de la población rural en Ecuador está utilizando agua contaminada, lo cual se debe en gran parte, a que más del 70% de las aguas residuales no recibe ningún tratamiento antes de ser desechadas. Así también la realidad subraya la necesidad urgente de implementar intervenciones técnicas bien planificadas que se adapten a las condiciones locales, teniendo en cuenta aspectos hidráulicos, ambientales y sociales [9]

En proyectos similares, se ha demostrado que el diseño hidráulico de redes de saneamiento y pluviales, adaptado a las características topográficas, climáticas y socioeconómicas de cada comunidad, es tanto técnica como socialmente viable, convirtiéndose en una herramienta efectiva para mejorar la calidad de vida de la población.

En dicho contexto, se enmarca el proyecto de investigación que busca diseñar un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial para la comunidad de Salache Angamarca La Calle, ubicada en el cantón Salcedo, en la provincia de Cotopaxi. Actualmente, la comunidad enfrenta serias deficiencias en su infraestructura de saneamiento, evidenciadas por un tramo incompleto de la red de aguas residuales y la total falta de un sistema de análisis de agua pluvial. La situación ha provocado escorrentías superficiales incontroladas, problemas de olores, infiltraciones y un riesgo constante de contaminación de las fuentes de agua locales, lo que afecta tanto la salud de los habitantes como el equilibrio ambiental de la zona [10]

Por lo tanto, el diseño de un sistema integral de alcantarillado sanitario y pluvial para Salache Angamarca La Calle no solo aborda una necesidad técnica, sino que también se presenta como una intervención clave para prevenir riesgos sanitarios, proteger nuestros recursos naturales y fortalecer el bienestar de la comunidad. El estudio tiene la objetividad de ofrecer una solución sostenible, adaptada a las circunstancias locales y que pueda ser replicada, alineándose con las políticas nacionales de saneamiento y las verdaderas necesidades de la población rural. De esta manera, se busca contribuir a cerrar las brechas históricas en infraestructura básica y fomentar el desarrollo territorial del cantón Salcedo [11]

2.1. Situación problemática

El principal problema es la ausencia de un sistema completo para el saneamiento de aguas residuales y pluviales en la localidad de Salache Angamarca La Calle, ubicada en el cantón Salcedo de la provincia de Cotopaxi, la cual representa un desafío significativo que impacta de manera directa la calidad de vida de sus residentes. En la que de involucra el crecimiento del asentamiento, la falta de una infraestructura adecuada ha llevado a que el tratamiento de las aguas residuales se realice de manera rudimentaria, principalmente a través de pozos sépticos individuales. Muchos de

estos sistemas presentan fallas técnicas, no reciben el mantenimiento necesario o han terminado su ciclo útil, causando que el agua contaminada se infiltre y percole en el suelo y cuerpos de agua cercanos.

El problema se intensifica en la temporada de lluvias, cuando la falta de un sistema de drenaje pluvial causa la acumulación de aguas superficiales que, al no contar con canales de desalojo adecuados, se mezclan con las aguas residuales de los pozos sépticos saturados. Esto resulta en desbordamientos, encharcamientos duraderos, malos olores y un aumento en la presencia de insectos, creando un entorno de alta vulnerabilidad tanto sanitaria como ambiental [12] [13]

2.2. Formulación del problema

La inexistencia del diseño e implementación del tramo faltante del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de la comunidad de Salache Angamarca la Calle, en el cantón Salcedo,

2.3. Objeto y Campo de Acción

Objeto de Investigación: Definir el elemento sobre el que se centra el estudio, el cual debe estar declarado en el problema de estudio.

Campo de Acción: El trabajo se enmarca en el sector de la ingeniería aplicada a la gestión y manejo de recursos hídricos, enfocándose en el estudio y la creación de sistemas de saneamiento básico. De acuerdo con la categorización de las áreas del saber de la UNESCO, esta investigación se vincula con las áreas 3305.30, que abarca el saneamiento y la purificación de aguas, 3308.09, que se refiere a la ingeniería sanitaria, 3308.10, que aborda la tecnología de aguas residuales, y 3308.11, que se dedica al control de la contaminación del agua. Además, el estudio se relaciona con el ámbito 07 de Ingeniería, Industria y Construcción, en particular con la subárea 073 de Arquitectura y Construcción, que incluye las especializaciones 0731 en Arquitectura y Urbanismo y 0732 en Construcción e Ingeniería Civil.

Las áreas combinan principios técnicos y científicos fundamentales para la planificación, el diseño y la implementación de infraestructuras sanitarias, tales como redes de alcantarillado y sistemas para el tratamiento de aguas residuales, que son

esenciales para el desarrollo sostenible y la mejora de la calidad de vida de la población.

2.4. Beneficiarios

2.4.1. Beneficiaron Directo

Los beneficiarios directos del proyecto son los 402 habitantes de la comunidad de Salache Angamarca la Calle, en el cantón Salcedo, quienes actualmente se ven afectados por la falta de un sistema integral de alcantarillado sanitario y pluvial.

2.4.2. Beneficiaron Indirecto

Los beneficiarios indirectos comprenden a la población de comunidades aledañas al sector de Salache Angamarca la Calle, instituciones educativas, visitantes ocasionales, así como el gobierno local y provincial, quienes se benefician de manera indirecta mediante la mejora del entorno ambiental, la reducción de focos infecciosos, la disminución de costos en salud pública, y el fortalecimiento de la infraestructura básica del cantón Salcedo, promoviendo un desarrollo más equitativo y sostenible en la región.

2.5. Justificación

La investigación que presentamos en este documento está fundamentada, desde una perspectiva teórica, en la necesidad de explorar más a fondo los efectos que causan los sistemas deficientes de gestión de aguas residuales en comunidades rurales. Los estudios realizados indican que el uso de fosas sépticas anticuadas o que han sido construidas sin los debidos criterios técnicos resulta en filtraciones, contamina los acuíferos y crea riesgos significativos para la salud, sobre todo entre grupos vulnerables como niños, ancianos y personas con enfermedades graves, quienes son más susceptibles a problemas gastrointestinales y dermatológicos debido al contacto con agua contaminada o su consumo [14]. Asimismo, la carencia de infraestructura de drenaje pluvial empeora la situación durante la época de lluvias, ocasionando desbordamientos y brotes de infecciones que afectan negativamente el entorno social y ambiental [15].

Desde el punto de vista metodológico, el presente trabajo se sustenta en la implementación de normativas técnicas y criterios establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN CO 10.7.602-Rural, la cual define indicadores precisos para el diseño hidráulico, flujos, conexiones domiciliarias y redes de recolección en áreas rurales [16]. Seguir esta regulación permite desarrollar un diseño integral, viable desde el punto de vista técnico y adaptado a la realidad de la comunidad de Salache Angamarca y La Calle, superando las limitaciones de las soluciones empíricas que se utilizan en la actualidad

En la justificación práctica del proyecto, se subraya su impacto directo en la mejora de la calidad de vida y en la promoción del desarrollo sostenible dentro de la comunidad. La falta de servicios de saneamiento adecuados sigue siendo un problema estructural en las áreas rurales, donde solo un 36,4% de la población tiene acceso simultáneo a servicios de agua, saneamiento e higiene, según organizaciones internacionales como UNICEF [17] [18].. En donde el marco de desarrollo y la ejecución del proyecto ayuda a alcanzar el Objetivo de Desarrollo Sostenible 6, cerrando brechas sociales, sanitarias y económicas, y apoyando un crecimiento comunitario ordenado y saludable.

2.6. Objetivos

2.6.1. Objetivos generales

Diseñar un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial para el cantón Salcedo, Parroquia San miguel y la Comunidad Salache Angamarca la Calle utilizando software especializado, mejorando la recolección, conducción y disposición adecuada de aguas residuales y pluviales.

2.6.2. Objetivos específicos

- Recolectar información existente del área de estudio, incluyendo datos demográficos, hidrológicos y de infraestructura, para el análisis de la base técnica para el diseño del sistema.
- Ejecutar un levantamiento topográfico de la Comunidad Salache Angamarca la Calle, mediante métodos geodésicos y herramientas GPS, para la definición de las pendientes y los trazados de las redes.

- Establecer el diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial empleando software hidráulico especializado, considerando criterios técnicos y normativos, garantizando eficiencia hidráulica y sostenibilidad operativa.

2.7. Sistema de tareas en relación de objetivos planteados

Tabla 3

Ejemplo del Sistema de Tareas del Plan de Titulación.

Objetivos específicos	Actividades (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Recolectar información existente del área de estudio, incluyendo datos demográficos, hidrológicos y de infraestructura, para el análisis de la base técnica para el diseño del sistema.	Revisión de fuentes oficiales y documentos técnicos sobre población, hidrología e infraestructura local. Datos del inamhi. Encuesta. Tabulación de datos demográficos.	• Informe diagnóstico de la zona de estudio. • Datos meteorológicos. • Base de datos demográficos para el diseño del sistema.	Software especializado: Word, QGis, Excel.
Ejecutar un levantamiento topográfico de la Comunidad Salcache Angamarca la Calle, mediante métodos geodésicos y herramientas GPS, para definir la pendiente y el trazado de las redes.	Planificación detallada con revisión del área para identificación de puntos de referencia en terreno (Hitos). Levantamiento topográfico con técnicas geodésicas y GPS, en colaboración con gobierno local.	• Planos de los Hitos y planilla de coordenadas • Planos Topografía del Área del proyecto para definir el trazado más adecuado de las redes a instalar.	Softwares especializados: Excel y AutoCAD Civil 3D.
Diseñar los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial empleando software hidráulico especializado, considerando criterios técnicos y normativos, garantizando eficiencia hidráulica y sostenibilidad operativa.	Modelación y optimización del diseño de las redes de aass y aall mediante software especializado.	• Memoria técnica, de cálculo y planos de los diseños de aass y aall	Softwares especializados: AutoCAD Civil 3D, Sewergems.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. Antecedentes investigativos

En los antecedentes investigativos se reflejan diversos estudios desarrollados en los repositorios de las universidades y escuelas politécnicas, como también artículos o revistas científicas que conllevan destacar las experiencias concretas de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial en contextos rurales similares al de Salache Angamarca.

En el repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) se desarrolla el tema: “Estudio y diseño de alcantarillado sanitario y pluvial en la comunidad las gradas, cantón Guaranda”, de autorías de Carreño, Castro y Salas, que tiene como objetivos diseñar los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial en la comunidad las Gradadas perteneciente al cantón de Guaranda, mediante un análisis técnico, económico y ambiental con el fin de lograr que los habitantes tengan acceso a un servicio básico de saneamiento que mejore su calidad de vida y se concluye que Además, se usaron manuales del CEPIS para el diseño de las unidades estructurales de la planta de tratamiento. Con una proyección poblacional de 315 personas, se diseñó un alcantarillado condominal y pluvial con una longitud de tubería 4 731,90 m y 5414,95 m respectivamente. Para la red de aguas lluvias se requirió de 188 pozos de inspección, mientras que para la red de aguas residuales solo 140 unidades de inspección. Por otro lado, el diseño de la planta de tratamiento consistió en desarenador, tanques sépticos, lechos de secado de lodos y una zanja de infiltración [19].

De igual manera en el repositorio de la Universidad Estatal Sur de Manabí, (UNESUM), conlleva el tema: “Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial para el barrio Octavio García del cantón Shushufindi provincia de Sucumbíos.”, bajo autoría de Martínez, cuyo objetivo fue realizar el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial para el barrio Octavio García, y cuya conclusión fue La red de alcantarillado sanitario y pluvial se modeló mediante herramientas o software (Excel, Civil 3d, SewerCad, Hcanales) la cual se conectará al sistema principal existente, Fundamentalmente teniendo en cuenta la importancia de las normas técnicas ecuatorianas, y una vez plasmada las definiciones y cálculos

de las bases de diseño. Este proyecto consta con un sustento legal que es parte de las leyes y derechos ambientales [20].

En El repositorio de la Universidad Técnica de Ambato se desarrolló el tema de “Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, para mejorar la calidad de vida de la comunidad Vinchoa Central, parroquia Veintimilla, cantón Guaranda, provincia Bolívar” de autoría Zúñiga y Peralta cuyo objetivos fue realizar el levantamiento topográfico de la zona para posteriormente hacer trabajo de oficina con la ayuda del software Civil 3D, y se concluye que se aplicó la normativa nacional se diseñaron las hojas de cálculo para cada uno de los tipos de alcantarillado en donde se consideró varias tuberías en PVC, partiendo con un diámetro nominal de 200 mm para el alcantarillado sanitario con 6546.98 metros de longitud y 250 mm en el caso del alcantarillado pluvial con una longitud de 3479.73 metros, [21] .

3.2. Marco referencial

3.2.1. Saneamiento

El saneamiento permite referir a elementos esenciales como el acceso a agua limpia para la población y la correcta administración de aguas residuales y desechos sólidos, en donde el problema es particularmente notorio en las zonas rurales, donde los gobiernos locales, frecuentemente con recursos escasos, se esfuerzan por establecer condiciones que eleven la calidad de vida de sus ciudadanos 1,4 millones de personas mueren cada año por falta de agua potable, saneamiento e higiene adecuados. La gran mayoría de estas muertes se producen en países de ingreso bajo y mediano. Los riesgos relacionados con el saneamiento son responsables de 564 000 de estas muertes, en su mayor parte debidas a enfermedades diarreicas, y son un factor importante en relación con varias enfermedades tropicales desatendidas, como las helmiasis intestinales, la esquistosomiasis y el tracoma [22].

En la Organización de la Naciones Unida (ONU), que direcciona el objetivo desarrollo sostenible direccionada con el 6 que define Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos; en donde las medidas necesarias para garantizar el acceso universal al agua potable segura y asequible de aquí a 2030 se encuentran las inversiones en infraestructuras e instalaciones de saneamiento, la protección y el restablecimiento de los ecosistemas relacionados con

el agua, así como la educación en materia de higiene. Además, la mejora del uso eficiente de los recursos hídricos es una de las claves para reducir el estrés hídrico. Se ha producido una evolución positiva [23].

La provisión de servicios de saneamiento, que incluye sistemas de alcantarillado tanto para aguas residuales como para aguas de lluvia, es esencial para el avance de las comunidades, sobre todo en zonas rurales donde las carencias de infraestructura básica son aún bastante evidentes. Entidades como UNICEF han indicado que en las áreas rurales de Ecuador existen limitaciones considerables en el acceso a servicios de agua potable, saneamiento y condiciones de higiene, lo que impacta negativamente en la salud, la productividad y el bienestar de las personas [24].

3.2.2. Sistema de alcantarillado sanitario.

El alcantarillado sanitario es un sistema de tuberías subterráneo diseñado para transportar contaminación y asegurar condiciones higiénicas en zonas urbanas y rurales. La correcta gestión y mantenimiento del alcantarillado sanitario es crucial para evitar problemas como inundaciones y brotes de enfermedades [25].

El sistema de drenaje sanitario consiste en un conjunto de estructuras destinadas a recolectar, transportar y eliminar finalmente las aguas residuales generadas por viviendas, negocios como también en ciertos casos, instituciones. Por esta razón, la planificación del drenaje sanitario se fundamenta en criterios técnicos que toman en consideración aspectos como el crecimiento poblacional, el consumo de agua potable, los niveles de caudal máximos y mínimos, las inclinaciones del terreno y la capacidad de auto limpieza de las tuberías, garantizando así un flujo eficiente y constante a través de la gravedad [26].

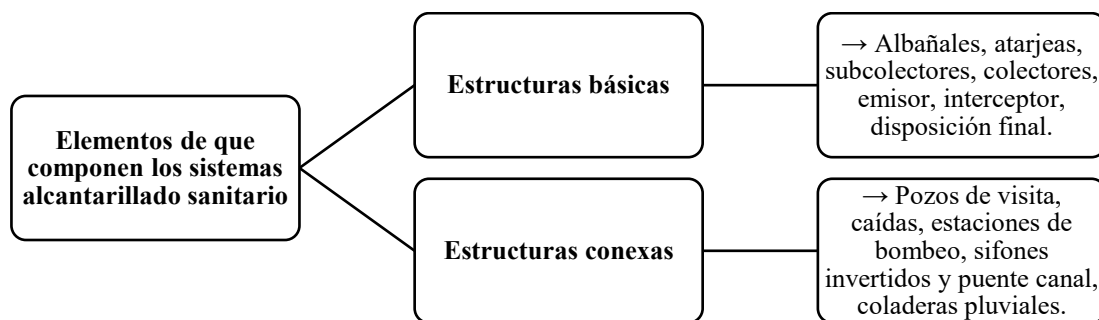


Figura 1. Elementos que compone un sistema alcantarillado

Fuente: Elaboración propia a partir a partir de Estrada [26].

Desde un punto de vista integral, el diseño de sistemas de saneamiento pone énfasis en definir diámetros mínimos, velocidades apropiadas y elegir materiales duraderos, como PVC o PEAD, que aseguren la vida útil del sistema y contribuyan a la minimización de costos de mantenimiento. También se incorporan estructuras auxiliares como pozos de inspección, conexiones domiciliarias y puntos de descarga o tratamiento, todo conforme a la legislación nacional vigente y las especificaciones del entorno [27].

Por otro lado, el sistema de drenaje pluvial se encarga de recoger, dirigir y evacuar las aguas de lluvia, previniendo inundaciones, encharcamientos y procesos de erosión que pueden dañar infraestructuras y amenazar la seguridad de la población. En las áreas rurales del cantón Salcedo, que presentan pendientes diversas y patrones de lluvia estacionales, la ausencia de un sistema pluvial efectivo suele provocar el deterioro acelerado de las vías, el arrastre de sedimentos y dificultades en las viviendas ubicadas en terrenos bajos.

El diseño de este sistema de drenaje se fundamenta en estudios hidrológicos que permiten calcular los caudales máximos mediante métodos establecidos, considerando la intensidad, duración y frecuencia de las precipitaciones. La alternativa es más eficiente, tanto desde un enfoque técnico como ambiental, ya que previene la sobrecarga de los sistemas sanitarios en épocas de lluvias intensas y facilita el correspondiente tratamiento de las aguas residuales.

3.2.3. Tipos de sistemas de alcantarillado

3.2.3.1. El sistema de alcantarillado combinado

funciona por gravedad y transporta en una misma red de tuberías tanto las aguas las aguas residuales como las aguas pluviales hacia una planta de tratamiento o lugar de descarga. Cuando llueve, las aguas residuales se diluyen debido a la incorporación del agua de lluvia. Aunque las aguas pluviales no estén contaminadas inicialmente, al circular por calles y superficies urbanas pueden arrastrar sustancias tóxicas como aceites, grasas, tierra, basura y materiales orgánicos, lo cual aumenta la contaminación del agua [28]



Figura 2. Sistema combinado

Fuente: Elaboración propia a partir Inlocrobotics [28]

3.2.3.2. El sistema de alcantarillado separado

Utiliza la gravedad para conducir por canales distintos las aguas residuales domésticas y las aguas pluviales. Por un lado, las aguas residuales se transportan mediante tuberías específicas hacia plantas de tratamiento; por otro lado, las aguas de lluvia se evacúan a través de una red de drenaje independiente, instalada generalmente en calles pavimentadas o estacionamientos, aprovechando la pendiente del terreno.

El diseño representa una alternativa eficiente frente a los sistemas combinados, ya que reduce significativamente el riesgo de desbordamientos durante lluvias intensas. No obstante, uno de los desafíos aún presentes es la infiltración de agua de lluvia en las tuberías de aguas residuales, lo cual puede ocurrir por uniones defectuosas o conexiones inadecuadas que permiten el paso del agua pluvial a la red sanitaria [28]

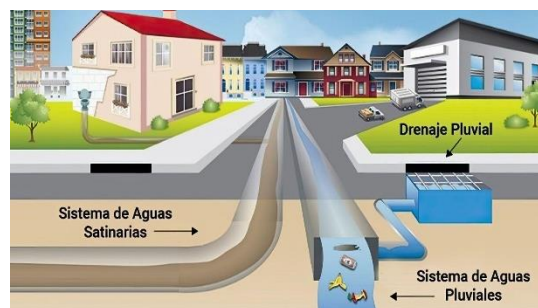


Figura 3. Sistema combinado.

Fuente: Elaboración propia a partir Inlocrobotics [28]

A continuación, en la siguiente tabla de esquema de desarrollo de los sistemas de alcantarillado organizada de manera técnica y sistemática, en función de los criterios de los sistemas de alcantarillado, integrando los conceptos, clasificaciones y características descritas por los autores citados

Tabla 4*Desarrollo de los sistemas de alcantarillado*

Categoría	Tipo de sistema	Definición técnica	Características principales	Ventajas
Sistemas de alcantarillado	General	Obra de ingeniería sanitaria compuesta por estructuras hidráulicas destinadas a transportar aguas residuales y/o pluviales hasta un punto de tratamiento o disposición final, funcionando generalmente por gravedad.	• Transporte por gravedad • Conducción de aguas residuales y/o pluviales • Uso de tuberías, pozos y estructuras hidráulicas	- Mejora de la salud pública - Protección ambiental - Ordenamiento territorial
Sistema de alcantarillado convencional	Convencional	Sistema de saneamiento ampliamente utilizado en zonas urbanas y rurales con condiciones favorables, caracterizado por su diseño técnico estandarizado y alta inversión inicial.	• Diseño formal • Mayor profundidad de excavación • Tuberías de mayor diámetro	- Alta durabilidad - Mayor capacidad hidráulica - Eficiencia sanitaria
Sistema de alcantarillado convencional	Sanitario	Infraestructura compuesta por colectores que conducen aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e institucionales hacia un punto de tratamiento o descarga final.	• Conducción de aguas negras y grises • Red cerrada • Operación continua	- Reducción de riesgos sanitarios - Menor contaminación del suelo y agua
Sistema de alcantarillado convencional	Pluvial	Sistema destinado a evacuar las aguas de lluvia para evitar inundaciones y daños por escorrentía superficial durante eventos de precipitación.	• Captación de escorrentía • Diseño para caudales máximos	- Prevención de inundaciones - Protección de infraestructura y viviendas
Sistema de alcantarillado no convencional	General	Sistemas especiales aplicados en zonas con limitaciones económicas, poblacionales o	• Diseño flexible • Menor inversión	- Bajo costo - Mayor cobertura

		topográficas, que no permiten la implementación de sistemas convencionales.		en zonas rurales
Sistema de alcantarillado no convencional	Condominial	Sistema que utiliza tuberías de menor diámetro y profundidad, instaladas en aceras, patios o jardines, evitando el paso por vías principales.	• Tuberías poco profundas • Trazado alternativo • Menor longitud de red	Ahorro económico hasta 40% Fácil construcción
Sistema de alcantarillado no convencional	Sin arrastre de sólidos	Sistema en el que cada vivienda se conecta a un tanque séptico para remover sólidos antes de descargar el efluente a la red.	Pretratamiento domiciliario Tuberías de menor diámetro	Útil en zonas rurales Adecuado para alto nivel freático

3.2.4. Ventajas y desventajas en la selección del alcantarillado

La elección del tipo de alcantarillado a instalar depende de varios factores, como el tamaño, el funcionamiento hidráulico, la topografía y las condiciones económicas. Los conductos que forman el sistema combinado suelen ser bastante grandes, pero el agua de lluvia solo se presenta en ciertos meses del año. Por eso, durante gran parte del tiempo, las tuberías de drenaje manejan caudales, velocidades y niveles muy bajos, lo que puede llevar a la acumulación de sedimentos y sólidos que obstruyen el flujo del agua [29]

Las aguas residuales con aguas de lluvia en un sistema de alcantarillado combinado pueden parecer una solución económica al principio, especialmente en términos de recolección, pero no es tan viable cuando se considera la solución integral de saneamiento que incluye la planta de tratamiento de aguas residuales. [30]

Las especificaciones para el diseño, construcción y operación de las redes de alcantarillado de aguas residuales suelen ser más rigurosas que las de aguas pluviales o combinadas, debido al riesgo de contaminación que representan las aguas residuales. Sin embargo, un sistema que solo maneja agua negra puede optimizar las condiciones de velocidad y flotabilidad, lo que reduce la posibilidad de obstrucciones [30].

Además, las tuberías serán más pequeñas, lo que se traduce en costos de construcción y operación más bajos. En un sistema combinado, se ahorra en el lavado durante la temporada de lluvias, ya que el agua de lluvia se encarga de ello; sin embargo, en épocas de sequía, los costos son más altos y el volumen de agua requerido aumenta.

3.2.4.1. Variaciones temporales y espaciales del agua residual y pluvial

La mayoría de los escritores e investigadores coinciden en que la contribución la cantidad de agua residual generada por cada persona en un día promedio anual representa un porcentaje del total de agua potable disponible, ya que hay una porción de líquido que no se destina a la red de alcantarillado, como el que se usa para beber, el riego de jardines, limpiar automóviles, entre otros [31].

A medida que la dotación de agua asignada a un área de la ciudad aumenta, la concentración de agua residual que se descarga disminuye, y viceversa. Por otro lado, los caudales y las cantidades de aguas pluviales que deben ser manejadas en el sistema de drenaje dependen del régimen de precipitaciones del área, así como de la intensidad, duración y frecuencia de las lluvias [31].

El volumen y el caudal del agua que se infiltra se relacionan con la cantidad presente en el subsuelo donde está instalada la red de alcantarillado y con el nivel de sellado de dicha infraestructura. Un subsuelo que esté saturado, con una composición arenosa y un nivel de agua freática cercano a la superficie, generalmente proporcionará mayores infiltraciones que un suelo de arcilla compacta o con escasa agua freática.

3.2.4.2. Variación en el caudal de aguas residuales y pluviales

En realidad, estos caudales experimentan cambios durante el año, a lo largo de los días e incluso en el transcurso de una misma jornada. En donde las fluctuaciones son el resultado de varios factores, como las características de las descargas hacia la red de saneamiento, el tipo de sistema de alcantarillado que se utiliza, los hábitos y rutinas de la población, el funcionamiento de las actividades industriales y las condiciones climáticas, entre otros. En particular, el comportamiento diario del caudal de aguas residuales refleja de manera directa los patrones de actividad de la comunidad que contribuye al sistema [32].

Durante la noche y en las primeras horas de la mañana, cuando el consumo de agua potable es bajo, los caudales de aguas residuales también tienden a disminuir notablemente. En estos momentos, el flujo se compone principalmente de infiltraciones y pequeñas descargas domésticas, mientras que las aguas residuales de origen industrial suelen mantener caudales más estables a lo largo del día. [33].

En términos generales, las curvas que muestran las variaciones diarias del caudal que llega a las plantas de tratamiento están estrechamente relacionadas con las curvas de consumo de agua potable, aunque con un desfase temporal. En retraso se debe al tiempo que tardan las aguas residuales en desplazarse a través del sistema de alcantarillado hasta llegar a los puntos de tratamiento [34]

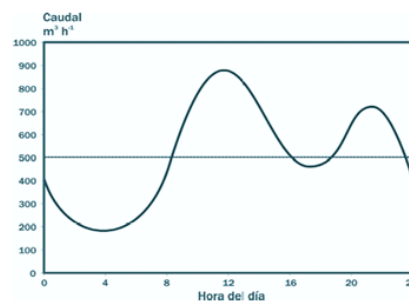


Figura 4. Variación horaria del caudal de agua residual en una ciudad

Fuente: Elaboración propia a partir de Flores, Magón M. [34]

Las aguas pluviales, por su parte, provocan cambios mucho más marcados en los caudales. Esto se debe a la intensidad y duración de las lluvias, así como al nivel de impermeabilización del suelo, las calles y otras superficies urbanas. Las intensidades pueden variar desde lluvias suaves y constantes hasta tormentas torrenciales, ya sean breves o prolongadas, lo que genera picos de caudal significativos en las tuberías del alcantarillado, cuyo comportamiento hidráulico es típico de los eventos de lluvia.

3.2.5. Base de diseño técnico mediante fórmulas de cálculo del sistema de alcantarillado sanitario

3.2.5.1. Periodo de Diseño

La Comisión Nacional del Agua, indica que el tiempo de diseño de un sistema de drenaje se refiere a la duración durante la cual esta infraestructura puede operar de manera óptima, sin experimentar fallas significativas ni requerir expansiones o rehabilitaciones mayores. El tiempo se determina considerando posibles situaciones

futuras, especialmente el crecimiento demográfico anticipado, ya que un incremento en la población impacta directamente la demanda de agua potable [35].

La determinación del tiempo de diseño está determinada por diversos factores tanto técnicos como económicos. Uno de los más relevantes es la resistencia de las instalaciones, que depende del desempeño de los materiales bajo condiciones internas y externas, tales como el desgaste mecánico, la corrosión, la erosión y la debilidad estructural [36].

Así también se considera el aspecto de la facilidad en la construcción del sistema y su potencial para ampliarse, dado que estas características afectan la viabilidad económica del proyecto. Así, un período de diseño adecuadamente definido debe lograr un equilibrio entre la funcionalidad a largo plazo del sistema y la posibilidad de su implementación y futura adaptación a nuevas necesidades [36].

3.2.5.2. Crecimiento Poblacional

El comportamiento demográfico juega un papel esencial en la planificación y creación de sistemas de infraestructura básica, especialmente en lo que se refiere a redes de alcantarillado tanto sanitario como pluvial. La población afecta directamente la cantidad de agua que se necesita gestionar, lo que repercute en la capacidad y en la durabilidad del sistema. En este sentido, los datos proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) del Censo de Población y Vivienda de 2022 revelan un notable cambio en la dinámica poblacional de Ecuador, caracterizada por una transición demográfica similar a la de naciones en etapas avanzadas de desarrollo.

3.2.5.3. Población de diseño

Determinar cuántas personas se requieren para planificar el acueducto es un aspecto clave al calcular el caudal de diseño para una comunidad. Es esencial prever las necesidades futuras de la población para que el diseño abarque correctamente lo necesario en términos de fuentes de abastecimiento, tuberías de conducción, redes de distribución, sistemas de bombeo, planta de tratamiento y posibles ampliaciones del servicio. En el contexto de definir el parámetro que se implementará en cada sección de la red de alcantarillado sanitario, fue fundamental disponer de la información correcta del Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y censos (INEC).

La tasa de crecimiento de la población es un indicador esencial para comprender la dinámica demográfica de un área y anticipar cómo la población podría aumentar o disminuir con el tiempo. Para su cálculo, se aplicaron métodos aritméticos, geométricos y exponenciales, los cuales permiten examinar diferentes proyecciones de crecimiento poblacional.

3.2.5.4. Tasa de Crecimiento Poblacional

La evaluación comparativa de los resultados obtenidos, junto con su análisis técnico y representación gráfica, facilitó la identificación del comportamiento más significativo de la evolución de la población en la zona objeto de estudio. Por lo tanto, la tasa de crecimiento que se obtiene con este método se utilizará como base para calcular la población futura, teniendo en cuenta el período de diseño establecido para el proyecto [37].

La población que se atenderá se considera uno de los elementos más relevantes para dimensionar el sistema de alcantarillado sanitario y la planta de tratamiento, ya que afecta los flujos de aguas residuales presentes y futuras. La infraestructura planificada debe contemplar una capacidad adicional suficiente para hacer frente al aumento poblacional esperado y responder a un incremento en la generación per cápita de aguas residuales.

3.2.5.5. Densidad poblacional

La densidad poblacional hace referencia a la cantidad de personas que habitan en un espacio que equivale a una hectárea, y generalmente se expresa en número de habitantes por hectárea. En el parámetro no es constante; en realidad, puede fluctuar considerablemente dependiendo de la población total y de los cambios que se presentan a lo largo del tiempo [38].

3.2.6. Estudio topografía

La topografía se refiere a un conjunto de conceptos teóricos, técnicas, equipos y herramientas que nos permiten reconocer y detallar las características del entorno. Esto abarca las dimensiones y la localización relativa de una sección determinada de la superficie terrestre, incluyendo zonas submarinas y espacios subterráneos, como las minas [39].

El levantamiento topográfico se entiende como el procedimiento sistemático para medir y recoger información sobre un terreno específico, empleando instrumentos especializados para generar una representación gráfica exacta del área en análisis. Para alcanzar este objetivo, es crucial establecer la ubicación precisa de varios puntos en el terreno, considerando sus coordenadas geográficas latitud y longitud además de su altitud en comparación con el nivel del mar, conocido como cota.

3.2.7. Criterio de diseño hidráulico del área de alcantarillado sanitario

De igual manera, de acuerdo con las disposiciones detalladas en el Manual de Diseño de Redes de Alcantarillado de Interagua, se establecen los criterios técnicos e hidráulicos necesarios para la elaboración del sistema de alcantarillado sanitario, con el fin de asegurar su funcionamiento adecuado, eficiencia y durabilidad a lo largo del tiempo.

En las directrices incluyen aspectos clave como la evaluación de los caudales de diseño, las pendientes mínimas y máximas, los diámetros de las tuberías, las velocidades de autolimpieza y las condiciones de operación, que garantizan una correcta evacuación de aguas residuales, previenen bloqueos y reducen riesgos sanitarios y ambientales.

3.2.7.1. Caudales de diseño

El caudal de diseño de las redes surgirá de la población al fin del período de diseño y de la dotación unitaria de agua potable prevista para la zona correspondiente, teniendo en cuenta un coeficiente de retorno de 0,8 a 0,9 y los coeficientes de infiltración y de máximo horario en función del caudal medio diario [40].

3.2.7.2. Coeficiente de Retorno (Cr)

Es coeficiente que expresa el porcentaje de la dotación unitaria de agua potable que se vierte al sistema sanitario conformando las aguas residuales domésticas. Este coeficiente se tomará como un valor entre 0,8 y 0,9 [40].

3.2.7.3. Caudal Industrial (Qi)

Los caudales debidos a actividades industriales, comerciales y/o institucionales deberán ser incluidos solo en el caso de diseños específicos, para descargas industriales, comerciales y/o institucionales. Para industrias pequeñas ubicadas en

zonas residenciales o comerciales puede utilizarse un caudal industrial entre 1,0 y 1,5 l/s/Ha de área bruta de lote.

3.2.7.4. Caudal por Conexiones Ilícitas (Q_{ci})

Debe tenerse en cuenta un caudal adicional por conexiones ilícitas de aguas lluvias al alcantarillado sanitario. Estos valores a modo de referencia pueden considerarse entre 0,1 y 3,0 l/s/Ha.

3.2.7.5. Caudal por Infiltración (Q_{in})

Este caudal tiene en cuenta el caudal de agua que se infiltra desde el nivel freático, en caso de encontrarse está a las profundidades de instalación de la tubería, hacia la tubería. El caudal se evalúa multiplicando el coeficiente de infiltración por el área tributaria [40].

3.2.7.6. Empleo de simulación

El diseño hidráulico descrito en los puntos anteriores puede ser realizado mediante previa modelización del sistema de alcantarillado sanitario con un software adecuado que permita la modelización hidráulica del sistema que se quiere diseñar [40].

3.2.8. Normas particulares de diseño

3.2.8.1. Velocidad Máxima

Las velocidades máximas dependerán del material. En general se recomienda una velocidad máxima de 5 m/s en escurrimiento a gravedad.

3.2.8.2. Velocidad Mínima

La velocidad mínima a conducto lleno no será inferior a los 0,60 m/s en tramos iniciales y de 0,75 m/s en los siguientes tramos.

3.2.9. Criterios de diseño hidráulico de las redes de alcantarillado pluvial

3.2.9.1. Hidrología.

Desde la perspectiva del agua, la localidad de Salache Angamarca La Calle, situada en el cantón Salcedo de la provincia de Cotopaxi, está en un área típica de la región Interandina. Esta región presenta un clima templado andino, afectado notablemente por la altitud y la configuración del terreno.

La cantidad media de precipitación anual en esta área se estima entre 600 y 900 mm, concentrándose mayormente entre octubre y mayo, cuando ocurren las lluvias más intensas y frecuentes. En promedio, hay entre 80 y 120 días de lluvia al año, lo que aumenta la posibilidad de que el suelo se sature y de que haya encharcamientos en áreas con mal drenaje [40].

La temperatura promedio anual en la comunidad varía de 14 a 16 °C, con cambios diarios de temperatura que son moderados, típicos de los ecosistemas andinos. Las características térmicas afectan de manera directa los procesos de evaporación y evapotranspiración, los cuales, aunque son inferiores a los de la región Costa, alcanzan un promedio anual de aproximadamente 800 a 1000 mm, lo que ayuda al equilibrio hídrico en la zona [40].

La humedad relativa promedio generalmente se encuentra entre el 70% y el 85%, con aumentos notables durante la temporada de lluvias, facilitando la permanencia de suelos húmedos y limitando la capacidad de infiltración en algunas áreas. Por otro lado, la cantidad de sol al año es moderada, con un promedio entre 1,400 y 1,700 horas de sol anuales, influenciada por la frecuente presencia de nubes, especialmente en los meses con mayor cantidad de lluvia.

3.2.9.2. Intensidad de la lluvia

Se define a la intensidad de la lluvia como la precipitación caída en la unidad de tiempo. También se la define como la duración de la lluvia como el intervalo de tiempo durante el cual se produce la máxima intensidad. Las última no debe confundirse con la duración total de la lluvia representada por el tiempo transcurrido entre el comienzo y fin de la misma [40].

3.2.9.3. Ecuaciones pluviométricas

El área de análisis considera los datos históricos de lluvia recolectados de estaciones meteorológicas cercanas administradas por el INAMHI, que pertenecen a la región de la Sierra central, donde las condiciones climáticas son comparables en términos de altura, patrones de lluvia y variaciones estacionales. Estas series históricas, que generalmente tienen más de 20 años de observación, son fundamentales para llevar a cabo un análisis estadístico confiable de las lluvias extremas en diferentes intervalos de tiempo, un paso esencial para desarrollar las curvas IDF [40].

3.2.10. Normas particulares de diseño

3.2.10.1. Velocidades

La velocidad mínima aceptable para alcantarillas de aguas de lluvias será de 0,7 m/s para colectores secundarios y 0,9 m/s para colectores principales. En ciertos casos especialmente cuando se puedan producir arrastres excesivos, la podrá exigir una velocidad mínima de 1,0 m/s. Las velocidades máximas permisibles en las redes de aguas de lluvias serán función del material de las tuberías y de las indicaciones del fabricante [40].

3.2.10.2. Pendientes

La pendiente mínima estará determinada por la velocidad. Aun cuando las pendientes máximas están determinadas en general por la velocidad máxima, también deberá tenerse en cuenta que en el diseño de canales o estructuras complementarias no se produzca flujo crítico o aproximadamente crítico (dentro de un 10% de la altura del agua correspondiente al flujo crítico) [40].

3.2.11. Sistema de tubería para saneamiento y alcantarillado

Los sistemas de saneamiento están formados por conductos que se encuentran sellados de forma segura, lo que posibilita el desplazamiento eficaz de las aguas residuales. Es crucial seleccionar las tuberías correctas para estos sistemas, considerando elementos como la resistencia tanto magnética como estructural, la longevidad, y la facilidad para su manipulación, mantenimiento e instalación, entre otras cuestiones relevantes [41].

Existen numerosos tipos de tuberías para sistemas de saneamiento, y su elección depende de la ubicación y del tipo de terreno donde se desarrollará el proyecto. La compra y disponibilidad de estas tuberías son fundamentales, ya que algunos modelos pueden requerir un tiempo de producción y entrega más extenso, lo que podría influir en el plazo del proyecto [42].

3.2.11.1. La tubería de acero

Las tuberías de acero son bastante raras en los sistemas de alcantarillado sanitario, y esto se debe principalmente a su elevado costo tanto de producción como de instalación. Las tuberías se ensamblan mediante soldadura y, por lo general,

necesitan un tratamiento anticorrosivo en su exterior, especialmente si están expuestas al ambiente [43].

3.2.11.2. Tuberías de concreto reforzado

Las tuberías de concreto reforzado están hechas principalmente de agregados, cemento, acero y agua, y se fabrican de acuerdo a las necesidades específicas de cada proyecto, ya sea con o sin armazón. Son muy populares porque se pueden producir en el lugar de la obra, utilizando los materiales que ya están disponibles y ajustando el diámetro según lo que se requiera [43].

3.2.14.3. Tuberías de PVC

Las tuberías de PVC son muy comunes en la instalación de sistemas de saneamiento, tanto en áreas pequeñas como grandes. Esto se debe a que se pueden encontrar en diversos diámetros y su instalación es bastante sencilla. En comparación con otras clases de tuberías, presentan varias ventajas destacadas: son altamente herméticas, tienen resistencia a la corrosión, son flexibles y fáciles de manejar en el lugar de trabajo, además de no afectar ni contaminar los desechos que transportan [44].

3.2.14.4. Pozos de revisión

Los pozos de revisión son construcciones que permiten la verificación, ventilación y mantenimiento de la red de saneamiento. Se utilizan para unir dos o más tuberías y en cada cambio de diámetro, dirección y pendiente, así como para las ampliaciones o reparaciones de tuberías de diversos materiales o tecnologías [44]

Tabla 5

Distancia máxima entre pozos según el diámetro de la tubería

Diámetro de la tubería (mm)	Distancia máxima entre pozos (m)
Menores a 350	120
400 - 800	150

Fuente: Elaboración propia a partir de INEN [44]

Pozo de revisión

El pozo de inspección es uno de los componentes clave en los sistemas de drenaje sanitario y de aguas pluviales, ya que asegura un funcionamiento adecuado, mantenimiento y supervisión de las redes de transporte de aguas residuales y escurrentía. Desde la perspectiva de la ingeniería sanitaria, los pozos de inspección son edificaciones verticales, generalmente construidas con concreto ya sea simple o

reforzado, que tienen como objetivo principal facilitar el acceso al interior de las tuberías para llevar a cabo tareas de revisión, limpieza, ventilación y desatasco del sistema.

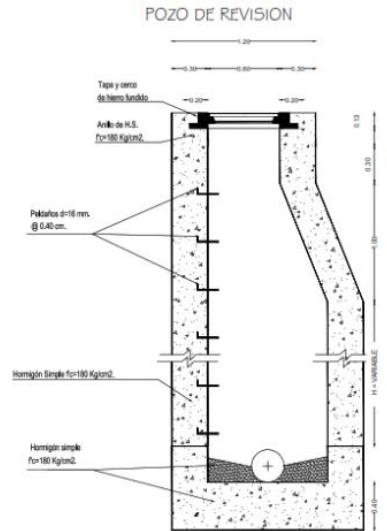


Figura 5. Posos de revisión

Fuente: Elaboración propia a partir de Flores, Magón M. [34]

3.3. Terminología de alcantarillado sanitario y pluvial

- **Sistema de alcantarillado sanitario simplificado (RAS).** - El sistema de alcantarillado sanitario simplificado es una opción para el saneamiento enfocada en la recolección y transporte de aguas residuales a través de redes poco profundas que se conectan directamente a las instalaciones sanitarias de cada propiedad[45].
- **Sistema de alcantarillado sanitario de pequeño diámetro.** – El sistema está concebido para trasladar aguas residuales que han pasado por un proceso de sedimentación en un tanque interceptor [45].
- **Sistema de alcantarillado sanitario condominal,** - El sistema condominal utiliza un ramal condominal como la unidad básica de recolección, lo que permite agrupar varias construcciones en una sola conexión hacia la red pública [46].
- **Ramal condominal,** - Concite en la tubería responsable de recoger las aguas residuales provenientes de un grupo de viviendas o edificios, dirigiéndolas hacia un punto de descarga específico en la red pública [46].

- **Cuenca de contribución.** - Se refiere a las áreas que generan aguas residuales y cuyos flujos se unen en un punto específico del sistema. Delimitar esta área es crucial para calcular los caudales y dimensionar adecuadamente los colectores [47].
- **Conexión domiciliaria.** - Actúa como el conducto de propiedad privada que lleva las aguas residuales desde el edificio hasta la red pública de recogida, siendo el enlace directo entre el usuario y el sistema de drenaje [48].
- **Canal.** -Es una edificación hidráulica cerrada diseñada para trasladar aguas residuales, utilizada sobre todo cuando las características topográficas o hidráulicas demandan soluciones especiales para su conducción [48].
- **Colector.** - Es una tubería que funciona como un conducto libre y recibe los aportes de aguas residuales a lo largo de su trayectoria [48].
- **Cámara de inspección o pozo de visita.** - Son estructuras accesibles que permiten la conexión de dos o más colectores, además de facilitar las tareas de inspección, mantenimiento y limpieza del sistema de drenaje [49].
- **Red de alcantarillado sanitario.** - Se compone de colectores secundarios, principales, interceptores y emisarios, junto con cámaras de inspección y elementos de limpieza, formando un sistema completo para la evacuación de aguas residuales [49].
- **Tramo de colector.** - Se refiere a la longitud de tubería situada entre dos cámaras de inspección consecutivas, constituyendo una unidad básica para el diseño y el mantenimiento del sistema [27]
- **Área tributaria.** - es la superficie que entrega aguas residuales a un tramo específico del sistema, afectando directamente la cantidad de caudales transportados [19]
- **Caudal de diseño.** - El diseño se determina como el caudal máximo horario de aguas residuales, al que se añaden los aportes provocados por infiltraciones [50].
- **Coeficiente de retorno o de aporte (C).** - Se indica la proporción entre la cantidad de aguas residuales que entran al sistema y la cantidad de agua potable que se aporta, siendo un factor fundamental para calcular los flujos reales considerando el diseño de la red de alcantarillado [50].

4. MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS

4.1. Enfoque de la investigación

En el presente estudio se empleó un enfoque mixto cuantitativo, debido a que se diseña el sistema de alcantarillado tanto sanitario como de aguas pluviales requiere reconocer, examinar y modelar variables técnicas medibles, tales como caudales de diseño, pendientes, diámetros de tuberías, velocidades de escurrimiento, áreas de contribución como también parámetros hidráulicos e hidrológicos. Y el enfoque cualitativo que intenta comprender las condiciones sociales, ambientales y de salud de la comunidad, así como las prácticas actuales para la disposición de aguas residuales y el manejo de aguas pluviales, las cuales son esenciales para la viabilidad y sostenibilidad del proyecto.

4.2.2. Zona de estudio

El proyecto de investigación se llevará a cabo en la provincia de Cotopaxi, Cantón Salcedo en la comunidad Salache Angamarca la calle se encuentra en la región sierra sur del país tal como se presenta en la siguiente tabla 6.

Tabla 6

Zona de estudio

Descripción	Valor
Sistema de coordenadas	UTM (Universal Transverse Mercator)
Zona	17 Sur (17S)
Datum de referencia*	WGS 84 (referencial estándar)
Coordenada Este (E)	765204,37 m
Coordenada Norte (N)	111150,70 m
Altitud	2.720-2.750 mnsn.
Hemisferio	Sur

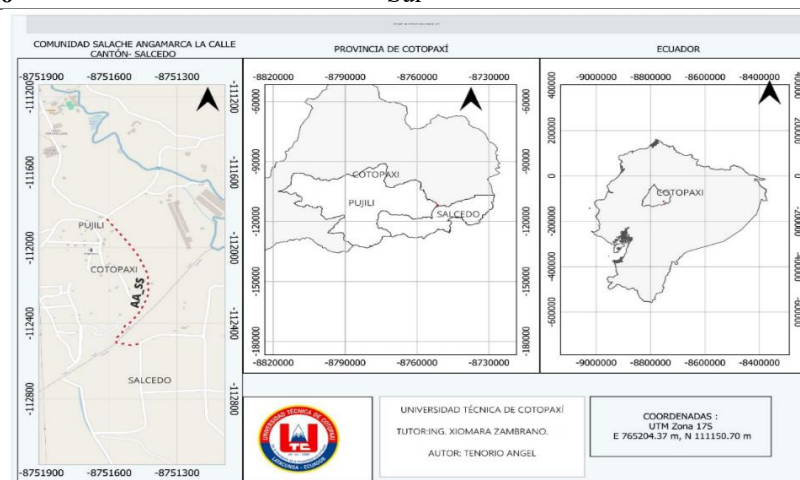


Figura 6. Ubicación geográfica del proyecto

Fuente: Elaborado propia intervención del proyecto comunidad de Salache Angamarca

4.3. Población de futura de estudio

La población y muestra utilizada en este estudio consistió en un total de 91 encuestas, abarcando todas las unidades de análisis que se consideraron significativas para llevar a cabo la investigación, en donde se permitió una evaluación completa del fenómeno y asegurar que los resultados representen las verdaderas características del entorno analizado.

4.4. Esquemas metodológicos

4.5.1. Flujograma general de alcantarillado sanitario y pluvial

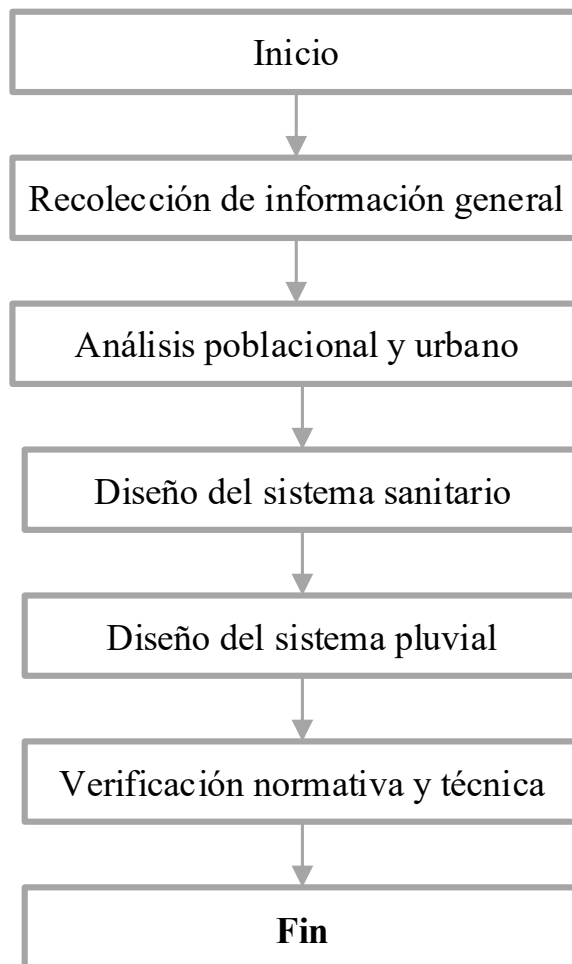


Figura 7. Flujograma de los procesos integrados sanitario y pluvial

4.5.2. Diagrama de flujograma de la metodología de los procesos de Alcantarillado Sanitario

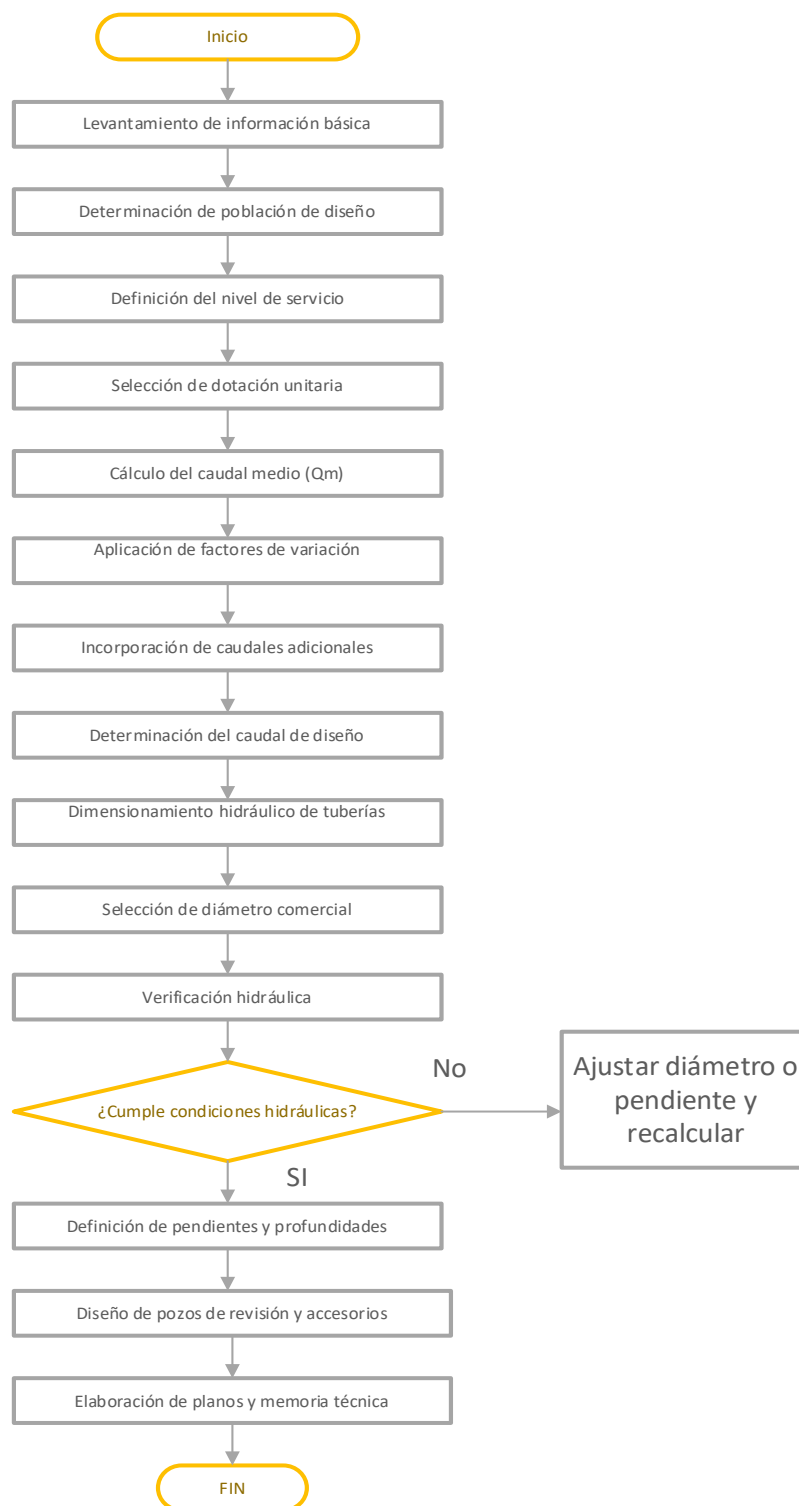


Figura 8. Flujograma de la metodología de los procesos de Alcantarillado Sanitario

4.5.3. Diagrama de flujograma de la metodología de los procesos de Alcantarillado Pluvial

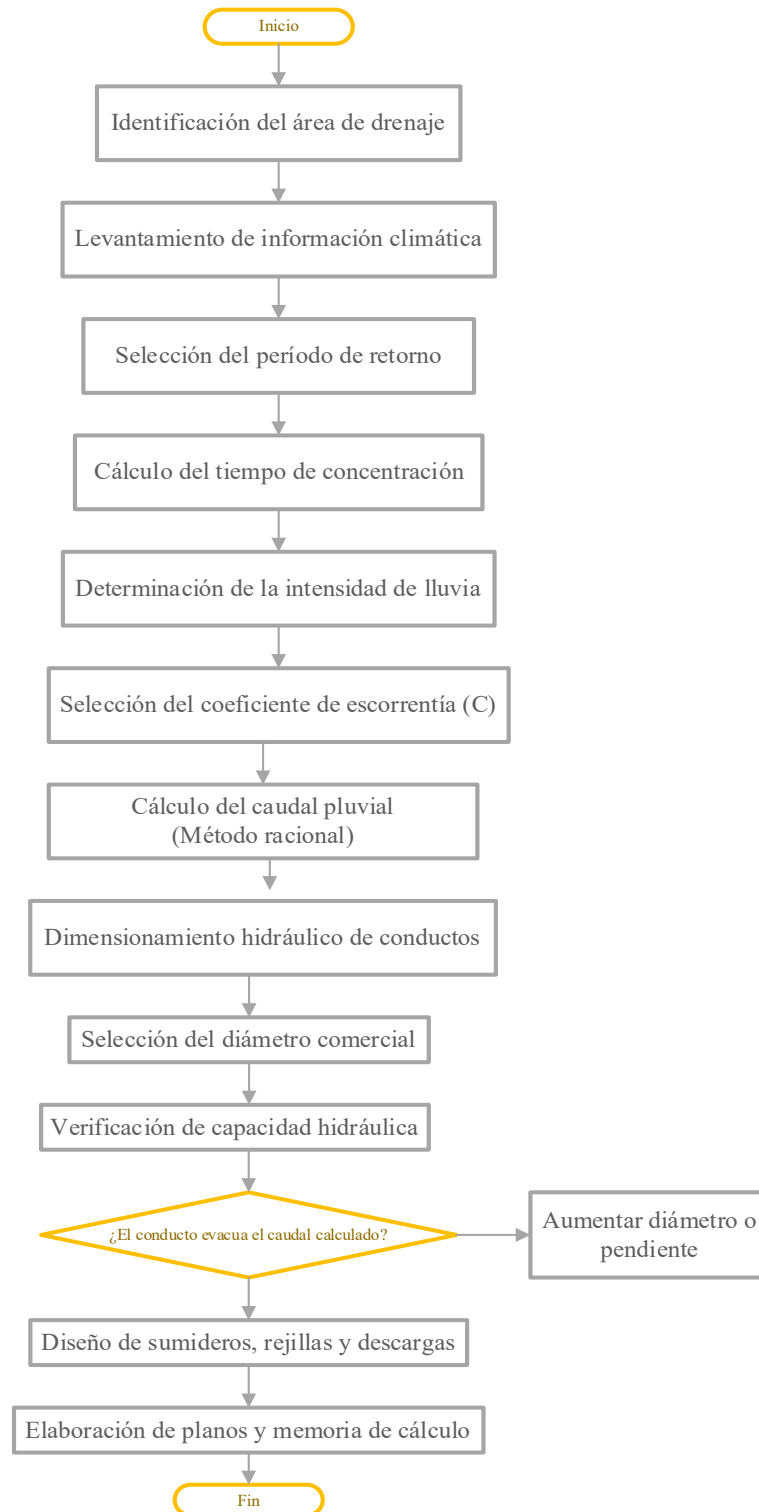


Figura 9. Flujograma de la metodología de los procesos de Alcantarillado Pluvial

4.5. Metodología técnica del cálculo y diseño del sistema de alcantarillado sanitario

El desarrollo de un sistema de alcantarillado sanitario para la localidad de Salache Angamarca La Calle, situada en el cantón Salcedo, inicia con la evaluación precisa de la población futura (PF). En donde la cifra es crucial porque influye en el volumen de aguas residuales que deben ser recogidas, trasladadas y eliminadas de forma efectiva y segura. Para determinar la población futura, se toma en cuenta el número actual de habitantes, la tasa de crecimiento poblacional y el periodo de diseño del proyecto, que suele abarcar entre 20 y 25 años en sistemas de saneamiento básico en áreas rurales, se analiza mediante la normativa de secretaria de Agua que dentro de su quinta parte y base de diseño en su especificación

4.5.1. Población de futura

Se calculará a base de la población presente determinada mediante un recuento poblacional.

En función de las características de cada comunidad, se determinará la población flotante y la influencia de esta en el sistema a diseñarse.

Para el cálculo de la población futura, de la tabla 7, donde se empleará el método geométrico, aritmético y exponencial:

Tabla 7
Métodos de Proyección de la Población Futura

Método	Formula
Método Geométrico	$Pf = Pa \cdot (1 + r)^n$
Método Aritmético	$Pf = Pa \cdot (1 + (r \cdot n))$
Método Exponencial	$Pf = Pa \cdot e^{r \cdot n}$

En donde:

Pf: Población futura (habitantes)

Pa: Población actual (habitantes)

r: Tasa de crecimiento geométrico de la población expresada como fracción decimal

n: Período de diseño (años)

Para el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional, se tomará como base los datos estadísticos proporcionados por los censos nacionales y recuentos sanitarios.

En la tabla 8 conlleva a desarrollar las tasas de crecimiento poblacional donde se adoptarán los índices de crecimiento geométrico indicados

Tabla 8

Tasas de crecimiento poblacional

Región geográfica	Coefficiente r (%)	Interpretación
SALCEDO	1.56	PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL SALCEDO

El coeficiente de correlación r se interpreta bajo un nivel de significancia del 9 %.

4.5.2. Niveles de Servicio

En la Tabla 9, presentan los diferentes niveles de servicio aplicables, en la cual En el sistema domiciliario mejorado ERL, con el sistema de alcantarillado sanitario bajo el nivel Lib.

Tabla 9

Niveles de servicio para sistemas de abastecimiento de agua, disposición de excedentes y residuos líquidos

Nivel	Sistema	Componente	Descripción
0	Sistema individual	AP	Sistemas individuales diseñados de acuerdo con las disponibilidades técnicas, los usos previstos del agua, las preferencias y la capacidad económica del usuario.
		EE	
Ia	Sistema comunitario básico	AP	Grifos públicos
		EE	Letrinas sin arrastre de agua
Ib	Sistema comunitario intermedio	AP	Grifos públicos complementados con unidades de agua para lavado de ropa y baño.
		EE	Letrinas sin arrastre de agua
IIa	Sistema domiciliario básico	AP	Conexiones domiciliarias con un grifo por casa
Iia	Sistema domiciliario básico	EE	Letrinas con o sin arrastre de agua
Iib	Sistema domiciliario mejorado	AP	Conexiones domiciliarias con más de un grifo por casa
Iib	Sistema domiciliario mejorado	ERL	Sistema de alcantarillado sanitario
Simbología utilizada			
AP: Agua potable			
EE: Eliminación de excretas			
ERL: Eliminación de residuos líquidos			

En el sistema domiciliario mejorado ERL, con el sistema de alcantarillado sanitario bajo el nivel Lib.

4.5.3. Dimensiones

En la tabla 10, conlleva a presentar las dotaciones correspondientes a los diferentes niveles de servicio.

Tabla 10

Dotaciones de agua para los diferentes niveles de servicio

<i>Nivel de servicio</i>	<i>Clima frío(L/hab·día)</i>	<i>Clima cálido(L/hab·día)</i>
<i>Ia</i>	25	30
<i>Ib</i>	50	65
<i>Iia</i>	60	85
<i>Iib</i>	75	100

En el sistema domiciliario, bajo la modalidad de servicio lib en clima frío, se establece una dotación promedio de 75 litros por habitante por día (L/hab·día). Este valor representa el consumo estimado necesario para cubrir las necesidades básicas de agua en condiciones climáticas frías, donde la demanda suele ser moderada. La dotación considera usos domésticos esenciales como higiene, preparación de alimentos y limpieza. Asimismo, este parámetro sirve como referencia técnica para el diseño y dimensionamiento de sistemas de abastecimiento de agua potable.

4.5.4. Criterio de diseño hidráulico del área de alcantarillado sanitario

De igual manera, de acuerdo con las disposiciones detalladas en Norma CO 10.7-602 [51] como también referente al manual del Interagua [40], establece el Diseño de Redes de Alcantarillado, en donde los criterios técnicos e hidráulicos necesarios para la elaboración del sistema, conlleva la finalidad de asegurar su funcionamiento adecuado, eficiencia y durabilidad a lo largo del tiempo.

En las directrices incluyen aspectos clave como la evaluación de los caudales de diseño, las pendientes mínimas y máximas, los diámetros de las tuberías basados en PVC deben estar basadas a la NTE INEN 1372, 1373, y 2497: las velocidades de autolimpieza y las condiciones de operación, que garantizan una correcta evacuación de aguas residuales, previenen bloqueos y reducen riesgos sanitarios y ambientales

La estricta implementación de estas normas es esencial para el desarrollo de infraestructuras de saneamiento que sean seguras y técnicamente factibles, adaptadas

a las condiciones del lugar y que cumplan con los estándares de calidad requeridos para una gestión eficaz del alcantarillado sanitario.

Así también mediante la normativa del manual de diseño de redes de alcantarillado de Interagua se establece el criterio de diseño hidráulico del área de alcantarillado sanitario en donde se establece el diseño hidráulico bajo los siguientes ítems:

En el diseño hidráulico de un sistema de alcantarillado sanitario se deberá cumplir las siguientes condiciones:

- Que la solera de la tubería nunca forme gradas ascendentes, pues éstas son obstrucciones que fomentan la acumulación de sólidos.
- Que la gradiente de energía sea continua y descendente. Las pérdidas de carga deberán considerarse en la gradiente de energía.
- Que la tubería nunca funcione llena y que la superficie del líquido según los cálculos hidráulicos de posibles saltos, de curvas de remanso y otros fenómenos, siempre esté por debajo de la corona del tubo, permitiendo la presencia de un espacio para la ventilación del líquido y así impedir la acumulación de gases tóxicos.
- Que la velocidad del líquido en los colectores, sean estos primarios, secundarios o terciarios, bajo condiciones de caudal máximo instantáneo, en cualquier año del periodo de diseño, no sea menor que 0,6 m/s, para impedir la acumulación de gas sulfídico en el líquido.
- Que la capacidad hidráulica del sistema sea suficiente para el caudal de diseño con una velocidad de flujo que produzca auto limpieza.

4.5.5. Caudales de diseño

El caudal de diseño de las redes surgirá de la población al fin del período de diseño y de la dotación unitaria de agua potable prevista para la zona correspondiente, teniendo en cuenta un coeficiente de retorno de 0,8 a 0,9 y los coeficientes de infiltración y de máximo horario en función del caudal medio diario. A este caudal se le adicionará eventualmente el caudal proveniente de aportes industriales, conexiones ilícitas y de infiltración. El cálculo se efectuará de la siguiente forma:

$$Q = Qmh F * Qi + Qci + Qin$$

Donde:

Q: Caudal de Diseño (1/s).

Qm: Caudal medio de aguas residuales domésticas (1/s).

F: Factor de máxima demanda.

Q_i: Caudal Industrial (1/s).

Q_{ci}: Caudal por conexiones ilícitas.

Q_{in}: Caudal por infiltración.

A continuación, se da una descripción de los parámetros anteriormente consignados

4.5.5.1. Caudal Medio (Qm)

Corresponde al caudal debido a la actividad doméstica. Para su cálculo se debe usar la siguiente fórmula:

$$Qm = \frac{CrDP}{86400}$$

Dónde:

Qm: Caudal medio de aguas residuales (1/s).

Cr: Coeficiente de retorno.

D: Dotación unitaria de agua potable (1/hab/día).

P: Población (hab).

A continuación, se da una descripción de los parámetros anteriormente consignados:

- **Coeficiente de Retorno (Cr)**

Es coeficiente que expresa el porcentaje de la dotación unitaria de agua potable que se vierte al sistema sanitario conformando las aguas residuales domésticas. Este coeficiente se tomará como un valor entre 0,8 y 0,9.

- **Dotación Unitaria (D)**

- **Población (P)**

La población de diseño debe estar acorde con las densidades o usos de suelos, establecidas por la GAD Municipalidad del Catón Salcedo

4.5.5.2. Caudal Máximo Horario (Qmh)

Corresponde al caudal máximo del día máximo.

$$Qmh = Qmd * F$$

El factor de mayoración máximo horario (KMH) tiene un valor de 3 para todos los niveles de servicio en zona rural

4.5.5.3. Caudal Industrial (Qi)

Los caudales debidos a actividades industriales, comerciales y/o institucionales deberán ser incluidos solo en el caso de diseños específicos, para descargas industriales, comerciales y/o institucionales.

Para industrias pequeñas ubicadas en zonas residenciales o comerciales puede utilizarse un caudal industrial entre 1,0 y 1,51/s/Ha de área bruta de lote.

4.5.5.4. Caudal por Conexiones Ilícitas (Qci)

Debe tenerse en cuenta un caudal adicional por conexiones ilícitas de aguas lluvias al alcantarillado sanitario. Estos valores a modo de referencia pueden considerarse entre 0, 1 y 3, O 1/s/Ha.

4.5.5.5. Caudal por Infiltración (Qin)

En el caudal de agua que se infiltra desde el nivel freático, en caso de encontrarse está a las profundidades de instalación de la tubería, hacia la tubería, conlleva a evalúa multiplicando el coeficiente de infiltración por el área tributaria.

En la tabla 11, se destaca desarrollar donde se deben considerar los siguientes rangos para la estimación del caudal de infiltraciones:

Tabla 11

Rango para la estimación de caudal

Tipo de infiltración	Qin (L/s/ha)
Alta	0,15 – 0,40
Media	0,10 – 0,30
Baja	0,05 – 0,20

Los nuevos sistemas se diseñarán teniendo en cuenta un nivel de infiltración bajo, que no supere los 0,05 l/s/ha, con el objetivo de asegurar una mayor eficiencia hidráulica y un mejor control de pérdidas. Este parámetro técnico es clave para optimizar el funcionamiento de la infraestructura y minimizar los riesgos de saturación o fallas estructurales. Además, ayuda a gestionar de manera sostenible y adecuada el recurso dentro del sistema proyectado.

4.5.5.6. Dimensionamiento de las tuberías

En función de lo anteriormente expresado, el diámetro teórico de las tuberías secundarias se calculará utilizando la fórmula de Manning considerando sección llena:

$$D = \left(\frac{3,21 Q n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Dónde:

D: Diámetro teórico (m).

Q: Caudal de diseño (m³/s).

j: Pendiente (m/m).

N: Coeficiente de rugosidad de Manning.

El valor de n toma valores que se muestran en la siguiente tabla 12:

Tabla 12

Tipo de dimensionamiento según el material

Material	n
Asbesto-Cemento	0,010
Concreto liso	0,013
Concreto áspero	0,016
Concreto pulido	0,011
Mortero	0,013
Piedra	0,025
PVC	0,009

El diámetro adoptado será el comercial inmediatamente superior al teórico sería del material PVC con un valor nominal de 0,009. Luego se calculará para el diámetro adoptado, considerando la tubería como un canal de sección de segmento de círculo.

El tirante líquido para el caudal de diseño será verificado para que:

Caudal de diseño 1 Caudal a tubo lleno ~ 0,85

El diámetro interno mínimo real de la tubería, será de 160 mm

4.5.5.7. Velocidad de autolimpieza en las tuberías

Este caudal se considerará que tiene un nivel y significancia igual al caudal medio correspondiente a la población del inicio del período de diseño sin incluir la infiltración.

$$Q_{mal} = \frac{0,9 DP}{86400}$$

Dónde:

Qmal: Caudal mínimo de autolimpieza (l/s).

D: Dotación de agua potable (l/hab/día).

P: Población correspondiente al inicio del período de diseño (hab).

La verificación de la ausencia de sedimentación en las tuberías (autolimpieza) se realizará aplicando el concepto de Fuerza Tractiva, verificándose que para el caudal Qmal:

$$Ft \geq 0,12 \text{ kg/m}^2$$

El cálculo de la Fuerza Tractiva se realiza según la siguiente expresión:

$$Ft \geq \delta * R * j$$

Dónde:

δ : Peso específico del líquido. Para vertimiento sanitario normal se considera 1000 kg/m³.

R: Radio medio hidráulico en para el caudal Qmal (m).

j: Pendiente hidráulica (m/m). Pendiente de la superficie libre que en régimen permanente y uniforme que coincide con la pendiente del invert.

En los cálculos se considerará n constante con respecto a la altura líquida en la conducción.

En todas las redes de alcantarillado sanitario deberán quedar diseñadas y construidas con pendientes hidráulicas suficientes para que tengan velocidades medias a conducto lleno no inferiores a los 0,60 m/s en tramos iniciales y de 0,75 m/s en los siguientes, con base en la aplicación de la fórmula de Kutter o Manning. [52].

En la tabla 13, de la relación hidráulica de Kutter o Manning, se indica que existe ciertas condiciones especiales, puede permitirse velocidades ligeramente menores, siempre y cuando el chequeo de la fuerza tractiva esté por encima de 0,15 kg/m².

Tabla 13

Relación hidráulica de Kutter o Manning

Q/Q _o	V/V _o	d/Ø	R/R _o	H/Ø	Q/Q _o	V/V _o	d/Ø	R/R _o	H/Ø	Q/Q _o	V/V _o	d/Ø	R/R _o	H/Ø
0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.34	0.755	0.452	0.938	0.348	0.68	0.936	0.678	1.167	0.604
0.01	0.292	0.092	0.239	0.041	0.35	0.760	0.460	0.950	0.354	0.69	0.941	0.686	1.172	0.614
0.02	0.362	0.124	0.315	0.067	0.36	0.768	0.468	0.962	0.361	0.70	0.945	0.692	1.175	0.623
0.03	0.400	0.148	0.370	0.086	0.37	0.776	0.476	0.974	0.368	0.71	0.951	0.699	1.179	0.633

0.04	0.427	0.165	0.410	0.102	0.38	0.781	0.482	0.983	0.374	0.72	0.955	0.705	1.182	0.644
0.05	0.453	0.182	0.449	0.116	0.39	0.787	0.488	0.992	0.381	0.73	0.958	0.710	1.184	0.654
0.06	0.473	0.196	0.481	0.128	0.40	0.796	0.498	1.007	0.388	0.74	0.961	0.719	1.188	0.665
0.07	0.492	0.210	0.510	0.140	0.41	0.802	0.504	1.014	0.395	0.75	0.965	0.724	1.190	0.667
0.08	0.505	0.220	0.530	0.151	0.42	0.806	0.510	1.021	0.402	0.76	0.969	0.732	1.193	0.668
0.09	0.520	0.232	0.554	0.161	0.43	0.810	0.516	1.028	0.408	0.77	0.972	0.738	1.195	0.700
0.10	0.540	0.248	0.586	0.170	0.44	0.816	0.523	1.035	0.415	0.78	0.975	0.743	1.197	0.713
0.11	0.553	0.258	0.606	0.179	0.45	0.822	0.530	1.043	0.422	0.79	0.980	0.750	1.200	0.725
0.12	0.570	0.270	0.630	0.188	0.46	0.830	0.536	1.050	0.429	0.80	0.984	0.756	1.202	0.739
0.13	0.580	0.280	0.650	0.197	0.47	0.834	0.542	1.056	0.436	0.81	0.987	0.763	1.205	0.753
0.14	0.590	0.289	0.668	0.205	0.48	0.840	0.550	1.065	0.443	0.82	0.990	0.770	1.208	0.767
0.15	0.600	0.298	0.686	0.213	0.49	0.845	0.557	1.073	0.450	0.83	0.993	0.778	1.211	0.783
0.16	0.613	0.308	0.704	0.221	0.50	0.850	0.563	1.079	0.458	0.84	0.997	0.785	1.214	0.798
0.17	0.624	0.315	0.716	0.229	0.51	0.855	0.570	1.087	0.465	0.85	1.001	0.791	1.216	0.815
0.18	0.634	0.323	0.729	0.236	0.52	0.860	0.576	1.094	0.472	0.86	1.005	0.798	1.219	0.833
0.19	0.645	0.334	0.743	0.244	0.53	0.865	0.582	1.100	0.479	0.87	1.007	0.804	1.219	0.852
0.20	0.656	0.346	0.763	0.251	0.54	0.870	0.588	1.107	0.487	0.88	1.011	0.813	1.215	0.871
0.21	0.665	0.353	0.780	0.258	0.55	0.875	0.594	1.113	0.494	0.89	1.015	0.820	1.214	0.892
0.22	0.672	0.362	0.795	0.265	0.56	0.880	0.601	1.121	0.502	0.90	1.018	0.826	1.212	0.915
0.23	0.680	0.370	0.809	0.273	0.57	0.885	0.608	1.125	0.510	0.91	1.021	0.835	1.210	0.940
0.24	0.687	0.379	0.824	0.280	0.58	0.890	0.615	1.129	0.518	0.92	1.024	0.843	1.207	0.966
0.25	0.695	0.386	0.836	0.287	0.59	0.895	0.620	1.132	0.526	0.93	1.027	0.852	1.204	0.995
0.26	0.700	0.393	0.848	0.294	0.60	0.900	0.626	1.136	0.534	0.94	1.030	0.860	1.202	1.027
0.27	0.706	0.400	0.860	0.300	0.61	0.903	0.632	1.139	0.542	0.95	1.033	0.868	1.200	1.063
0.28	0.713	0.409	0.874	0.307	0.62	0.908	0.639	1.143	0.550	0.96	1.036	0.876	1.197	1.103
0.29	0.720	0.417	0.886	0.314	0.63	0.913	0.645	1.147	0.559	0.97	1.038	0.884	1.195	1.149
0.30	0.729	0.424	0.896	0.321	0.64	0.918	0.651	1.151	0.568	0.98	1.039	0.892	1.192	1.202
0.31	0.732	0.431	0.907	0.328	0.65	0.922	0.658	1.155	0.576	0.99	1.040	0.900	1.190	1.265
0.32	0.740	0.439	0.919	0.334	0.66	0.927	0.666	1.160	0.585	1.00	1.041	0.914	1.172	1.344
0.33	0.750	0.447	0.931	0.341	0.67	0.931	0.672	1.163	0.595	1.01	1.042	0.920	1.164	1.445

4.5.6. Metodología de cálculo hidráulico

A continuación, se dan los lineamientos generales a seguir para el cálculo hidráulico de redes de alcantarillado sanitario:

4.5.6.1. Empleo de simulación

El diseño hidráulico descrito en los puntos anteriores puede ser realizado mediante previa modelización del sistema de alcantarillado sanitario con un software adecuado que permita la modelización hidráulica del sistema que se quiere diseñar. Un software de SEWERCAD y Hcanales, donde este tipo debería, en líneas generales, brindar al diseñador las siguientes posibilidades:

- a) Construcción del modelo mediante la digitalización del sistema de alcantarillado propuesto en el diseño.
- b) Suministro de los siguientes datos de entrada al modelo anteriormente descrito:
 - Población de la cuenca a la que pertenece la red que se propone en el diseño.
 - Dotación unitaria de agua potable.
 - Coeficiente de retorno.

- Coeficiente de infiltración.
 - Curva parametrizada de la variación del coeficiente de pico en función del caudal medio.
 - Coeficiente de Rugosidad de Manning para las tuberías del sistema.
 - Longitud de las tuberías del sistema.
 - Área de la cuenca a la que pertenece la red que se propone en el diseño.
 - Número de conexiones domiciliarias.
 - Cotas de Terreno Natural.
 - Pendientes mínimas por diámetro conforme a los criterios de diseño adoptados.
 - Relación Tirante-Diámetro conforme a los criterios de diseño adoptados.
 - Profundidades mínimas de invert de las tuberías por diámetro conforme a los criterios de diseño adoptados
 - Consigna para individualizar si se trata de tuberías que sirve a uno o dos frentes.
 - Velocidad mínima admisible en las tuberías.
 - Caudales puntuales (eventuales aportes industriales y/o de lluvias).
- c)** Resolución, para los conductos del modelo, de las ecuaciones del flujo en régimen permanente en conductos cerrados funcionando a sección parcialmente llena y/o llena.
- d)** En función de lo expresado en el punto anterior obtener los siguientes resultados:
- Dimensionamiento de los conductos que conforman el modelo de la red digitalizada.
 - Caudal que escurre en los conductos del modelo.
 - Relación Tirante-Diámetro de los conductos del modelo que permita inferir el funcionamiento hidráulico de estos conductos.
 - Pendiente de cada uno de los conductos que conforman el sistema.
 - Cotas del invert aguas arriba y cada uno de los conductos que conforman el sistema.
 - Profundidades del invert aguas arriba y cada uno de los conductos que conforman el sistema.

- e) El modelo debe estar en la capacidad de arrojar los parámetros para diseñar la cimentación y definir la clase de la tubería a utilizar, es decir debe dar como resultados el ancho de zanja a utilizar en función del diámetro de la tubería y la carga resistente de la tubería.
- f) De ser necesario el modelo deberá admitir la posibilidad de materializar la inyección de caudales al sistema a través de las Curvas Diurnas para la obtención de los caudales de tránsito en el sistema, en lugar del método del coeficiente de pico.
- g) El modelo debería brindar también un cómputo métrico y costeo de la red diseñada, previa alimentación del mismo con datos de costo de tuberías por material, costos de excavación, costos de bocas de registro, rellenos, retiro del material, suministro de triturado, etc.

4.5.7. Normas particulares de diseño

4.5.7.1. Velocidades

- **Velocidad Máxima**

Las velocidades máximas dependerán del material. En general se recomienda una velocidad máxima de 5 m/s en escurrimiento a gravedad.

En la siguiente tabla 14, se muestran valores recomendados por los fabricantes de tuberías:

Tabla 14

Tabla de velocidad máxima

Material	Tipo / Detalle	Velocidad Máxima (m/s)
PVC	-	6,0
Concreto	Centrifugado	4,0
Concreto	Normal	2,0
Concreto	Recubrimiento centrifugado	2,5
Gres	150 mm a 200 mm	2,5
Gres	Mayor de 200 mm	3,5

En el estudio el material a considerar es de PVC cuna velocidad máxima de 6,0 m/s

- **Velocidad Mínima**

La velocidad mínima a conducto lleno no será inferior a los 0,60 m/s en tramos iniciales y de 0,75 m/s en los siguientes tramos.

4.5.7.2. Pendientes

La pendiente de las tuberías secundarias y de colectores, se adoptará igual a la del terreno natural mientras se cumplan los criterios respecto a velocidades máximas y mínimas. Al comienzo de la red se recomienda, si es posible, que la pendiente sea de 5/1000.

La pendiente mínima de la tubería será aquella que garantice la velocidad mínima definida en la siguiente tabla 15:

Tabla 15

Pendientes

Diámetro (mm)	Material	Pendiente mínima (%)
Desde 160 hasta 200	PVC	0,3
Desde 250 hasta 350	PVC	0,2
Desde 400 hasta 450	PVC	0,1
Desde 500 en adelante	PVC – Hormigón Armado	0,1

Al igual la pendiente a considerar en diámetros de 160 a 200 mm cuyo material es PVC, en donde la pendiente mínima porcentual es de 0,3.

4.5.7.3. Profundidades de instalación

- **Profundidad Mínima**

Los valores mínimos de profundidad de instalación a clave serán:

- Zonas verdes y/o peatonales: 0,6 m.
- Vías vehiculares: Consultar NTS-/A-003 Excavaciones.

- **Profundidad Máxima**

Debido a las condiciones del suelo en la mayoría del área de estudio de suelos inestables y nivel freático, se trata de mantener una profundidad menor a 3,5 m en las tuberías principales. Para lograr este objetivo se ubican estaciones elevadoras o de bombeo. Las estaciones elevadoras por lo general, tienen un mínimo de dos bombas sumergibles que descargan a una cámara de alcantarillado aguas abajo mediante una línea de impulsión de PEAD, hierro dúctil u otra.

4.5.7.4. Profundidad Hidráulica Máxima

Para garantizar el flujo libre del sistema, se establece la profundidad hidráulica máxima en el 75 % del diámetro interno real de la tubería.

4.6. Metodología técnica del diseño hidráulico de las redes de alcantarillado pluvial

4.6.1. Hidrología

La comunidad de Salache Angamarca La Calle, localizada en el cantón Salcedo en la provincia de Cotopaxi, se encuentra en la zona Interandina y presenta un clima montañoso, templado y húmedo, la cantidad de lluvia que se recibe al año oscila entre 600 y 900 mm, concentrándose sobre todo entre octubre y mayo, ofreciendo lluvias intensas que facilitan la escorrentía superficial, especialmente en áreas inclinadas y suelos impactados por urbanización y agricultura. Asimismo, se experimentan de 80 a 120 días de lluvia al año, lo que incrementa la saturación del suelo y puede provocar inundaciones en aquellas zonas con un drenaje inadecuado [40]

La temperatura media anual se encuentra entre 14 y 16 °C, con variaciones diarias moderadas que son características de los ecosistemas andinos; los meses más fríos se presentan durante la temporada seca, mientras que los más cálidos ocurren en la época de lluvias. Los elementos afectan directamente los procesos de evaporación y evapotranspiración, alcanzando cifras anuales aproximadas de 800 a 1000 mm, lo que ayuda a conservar el equilibrio de agua en la región. La humedad relativa promedio varía entre el 70% y el 85%, aumentando en la temporada de lluvias y favoreciendo la conservación de suelos húmedos, mientras que la cantidad de sol al año es moderada, con entre 1.400 y 1.700 horas de luz solar, afectada por la frecuente presencia de nubes [40]

4.6.2. Intensidad de la lluvia

La intensidad de la lluvia se mide en milímetros/hora (mm/h). Este valor es obtenido a través de un estudio hidrológico de la zona, del cual se obtienen las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia.

4.6.2.1. Ecuaciones pluviométricas

El área de análisis considera los datos históricos de lluvia recolectados de estaciones meteorológicas cercanas administradas por el INAMHI, que pertenecen a la región de la Sierra central, donde las condiciones climáticas son comparables en términos de altura, patrones de lluvia y variaciones estacionales. Las series históricas, que generalmente tienen más de 20 años de observación, son fundamentales para llevar a

cabo un análisis estadístico confiable de las lluvias extremas en diferentes intervalos de tiempo, un paso esencial para desarrollar las curvas IDF.

La metodología incluye la limpieza, análisis y ajuste estadístico de los datos de precipitación, utilizando funciones de probabilidad que son frecuentemente aplicadas en hidrología, como Gumbel o Log-Pearson tipo III, para estimar las lluvias vinculadas a distintos períodos de retorno (como 5, 10, 25 y 50 años), según la significancia y el nivel de seguridad necesario para la infraestructura. A partir de estos datos, se elaboran ecuaciones pluviométricas específicas para el área, que facilitan el cálculo de la intensidad de lluvia en relación al tiempo de concentración de la cuenca y al período de retorno elegido.

Las ecuaciones son especialmente importantes en localidades como Salache Angamarca La Calle, donde la topografía desigual, la existencia de pendientes moderadas y el continuo crecimiento de la zona urbanizada afectan la respuesta hidrológica de la región. Una adecuada determinación de las intensidades de lluvia previene que las estructuras hidráulicas, como drenajes, colectores y sistemas de descarga, sean inadecuadas, asegurando una gestión efectiva de las aguas pluviales y disminuyendo el riesgo de inundaciones y erosión del suelo tal como se puede evidenciar en la tabla 16.

$$I = \frac{C}{d^{\theta} + f}$$

Dónde:

e, e, f: Coeficientes de parametrización.

D: Duración de la lluvia.

T: Frecuencia de diseño.

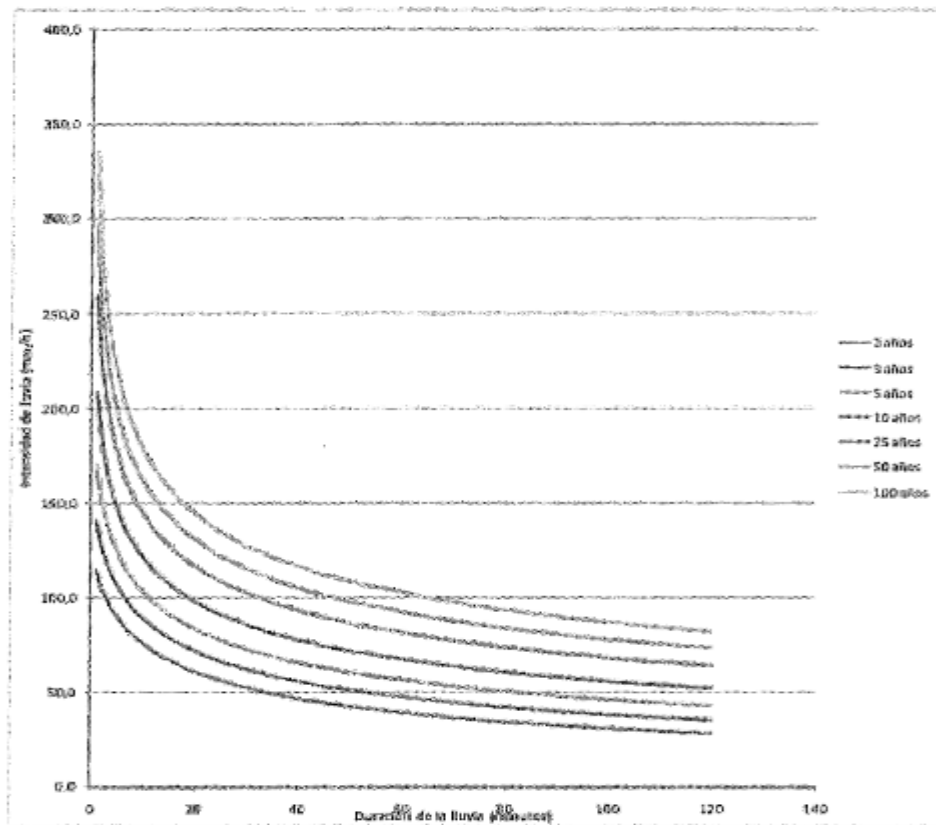


Tabla 16

Tabla referencial de la ecuaciones pluviométricas

T (años)	a	b	c
2	742,53	0,63	5,47
5	570,75	0,50	2,35
10	521,00	0,45	1,49
25	486,47	0,40	0,88
50	471,72	0,37	0,59
100	463,15	0,35	0,38

En referencia a las ecuaciones pluviométricas tiempo hace reseña a los 50 años, en donde a es un valor de 471,72, b es 0,37 y en consideración c es 0,59

4.6.3. Frecuencia de diseño

La selección de la frecuencia óptima de diseño debe responder a un estudio de tipo hidro_económico que permita escoger a aquella que presente el valor mínimo para la suma del daño anual, esperado más los costos de inversión, operación y mantenimiento de las obras de drenaje.

El cálculo de los daños para los diferentes niveles de inundación que generan las lluvias de diversos periodos de recurrencia, es una actividad compleja y requiere de una gran cantidad de información de campo y metodologías que permitan definir el

costo de los daños por efecto de las inundaciones, por esta razón, la frecuencia de diseño se la define a partir de lo establecido en normas del IEOS que dicen lo siguiente:

- Con propósitos de selección de las frecuencias de las lluvias de diseño, se considerará el sistema de drenaje como constituido por dos sistemas diferentes. El sistema de drenaje inicial o de microdrenaje compuesto por pavimentos, cunetas, sumideros y colectores y el de macrodrenaje constituido por grandes colectores (canales, esteros y ríos).
- El sistema de microdrenaje se dimensionará para el escurrimiento cuya ocurrencia tenga un período de retorno entre 2 y 1° años, seleccionándose la frecuencia de diseño en función de la importancia del sector y de los daños y molestias que puedan ocasionar las inundaciones periódicas.
- Los sistemas de macrodrenajes se diseñarán para escurrimientos de frecuencias superiores a los 50 años. La selección de la frecuencia de diseño será el resultado de un análisis de los daños a propiedades y vidas humanas que puedan ocasionar escurrimientos de frecuencias superiores.

4.6.4. Caudal de diseño

El cálculo hidráulico en cuencas pequeñas menores de 100 ha se recomienda utilizar el Método Racional. Para el cálculo hidráulico en cuencas medianas y grandes mayores de 100 ha se recomienda utilizar el Método del Hidrograma Unitario.

4.6.4.1. Método racional

Este método es recomendado cuando se trata de drenar cuencas pequeñas menores de 100 ha y en casos excepcionales se aceptarán áreas hasta de 500 ha. De todas las fórmulas de gastos esta tiene la ventaja de que su significado físico es razonablemente claro. No obstante, debe usarse con cuidado pues no contempla adecuadamente todas las complicaciones del proceso inherente al escurrimiento superficial.

La limitación del método reside en que el mismo supone que la totalidad de la cuenca vertiente está siendo tributaria al punto en estudio, los caudales calculados tienen tendencia a ser tanto más conservador cuanto mayor es la cuenca vertiente, dado que la lluvia no cae uniformemente y sobre toda la cuenca.

La expresión general para calcular el caudal máximo en una sección de escurrimiento dado mediante este método es:

$$Q = 0,00278 C i A$$

Dónde:

Q: Caudal de escurrimiento (m³/s).

C: Coeficiente de escurrimiento.

A: Área de la cuenca hidrológica o área de drenaje (ha).

I: Intensidad de la lluvia (mm/h).

• Coeficiente de Escurrimiento

Es el factor que determina la porción del agua lluvia que no es retenida por la superficie donde cae y fluye libremente hacia los receptores; depende de los siguientes parámetros:

- a) Tipo de superficie.
- b) Pendiente del terreno.
- c) Obras de desagüe existentes (orientación y tipo de las mismas).

El coeficiente generalmente varía sobre una misma cuenca y la experiencia demuestra que lo hace ampliamente de un aguacero a otro. Puede variar también durante la ocurrencia de una misma tormenta, es decir, con la duración de la lluvia. Estas variaciones se producen en parte debido al efecto de lluvias anteriores que humedecen el suelo o se almacenan en depresiones antes de que se produzca la lluvia efectiva.

En la tabla 17, se enfrenta en las frecuencias ente 2 y 10 años se recomienda los siguientes valores de C, se encuentran entre 0,70 – 0,90.

Tabla 17

Coeficiente de Escurrimiento por tipo de zonas

Tipo de zona	C
Zonas centrales densamente construidas con vías y calzadas pavimentadas	0,70 – 0,90
Zonas adyacentes al centro de menor densidad poblacional con calles pavimentadas	0,70
Zonas residenciales medianamente pobladas	0,55 – 0,65
Zonas residenciales con baja densidad	0,35 – 0,55
Parques y campos de deportes	0,10 – 0,20

Cuando sea necesario se calculará un coeficiente de escurrimiento compuesto, basado en porcentajes de diferentes tipos de superficie, en esos casos se podrá utilizar los valores que se presentan en la siguiente tabla 18.

Tabla 18
Coeficiente de Escurrimiento por tipo de superficie

Tipo de superficie	C
Cubierta metálica o teja vidriada	0,95
Cubierta de teja ordinaria o impermeabilizada	0,90
Pavimentos asfálticos en buenas condiciones	0,85 – 0,90
Pavimentos de hormigón	0,80 – 0,85
Empedrados (juntas pequeñas)	0,75 – 0,80
Empedrados (juntas ordinarias)	0,40 – 0,50
Pavimentos de macadam	0,25 – 0,60
Superficies no pavimentadas	0,10 – 0,30
Parques y jardines	0,05 – 0,25

En referencia al coeficiente de escurrimiento del tipo de superficie se enmarca que es de Pavimentos asfálticos en buenas condiciones cuyos valores son de 0,85 – 0,90

- **La intensidad (i)**

La intensidad fue definida en el 6. 2. 2 Intensidad de la lluvia

- **Área tributaria de la cuenca en estudio (A)**

Es la superficie de drenaje situada aguas arriba de la sección en estudio. Todo el aporte hídrico resultante de los escurrimientos originados en el interior de esta superficie, deben atravesar la sección transversal en estudio.

4.6.4.2. Períodos de Retorno (T)

Se define como recurrencia o período de retorno al intervalo medio de tiempo entre dos lluvias que igualan o superan a una precipitación considerada. La inversa de este período representa en media la frecuencia de ocurrencia de esa lluvia considerada durante el período total de registro de observaciones adoptado.

El período de retorno va de 1 a 1^o años. Las curvas así obtenidas se denominan Curvas Características del Régimen de Lluvias de la zona y por lo tanto son diferentes para cada zona en cuestión.

Los criterios de aplicación de las curvas de lluvia en los proyectos de alcantarillado se establecen en la siguiente tabla 19.

Tabla 19*Criterios de aplicación de la curva de lluvia*

Tipo de proyecto	Período de retorno (años)
Colectores locales de zonas residenciales situadas en terrenos cuya pendiente sea de 2,5% o mayor	3
Colectores locales de zonas residenciales situadas en terrenos cuya pendiente sea menor de 2,5%	3
Colectores principales que involucran el desagüe de grandes áreas	5
Urbanizaciones industriales, depósitos de materias primas situadas en terrenos planos y de difícil desagüe (pendiente menor del 1%)	5
Estaciones de bombeo	5
Canales abiertos, cortes bajo autopistas y grandes avenidas	25 – 50

Se hace referencia al coeficiente de los criterios de aplicación de la curva de lluvia en donde en el tipo de proyecto recae en Canales abiertos, cortes bajo autopistas y grandes avenidas y cuyos valores reflejan de 25 – 50

4.6.4.3. Tiempo de concentración (tc)

Se lo define como el tiempo necesario para que una gota de agua llegue desde el punto más alejado de la cuenca hasta el punto donde se necesita estimar el caudal de escorrentía. En el concepto muy importante dado que, para calcular el caudal de escorrentía, se debe asumir que el valor de la intensidad media de la lluvia, es el correspondiente a una duración de la lluvia igual al tiempo de concentración. El valor del tiempo de concentración se obtiene mediante la suma del tiempo de concentración inicial y el tiempo de recorrido:

$$t_c = t_i + t_r$$

Dónde:

ti: Tiempo inicial (min).

Tr: Tiempo de recorrido (min).

- **Tiempo inicial (ti)**

Es el tiempo requerido para que el agua fluya por la superficie del terreno hasta la primera entrada del alcantarillado. Para el cálculo de este tiempo se utilizará la ecuación de Kirpich que establece lo siguiente:

$$t_i = \frac{0,0195L^{0,77}}{s^{0,385}}$$

Dónde:

t_i : tiempo de concentración inicial (min).

L : Longitud del cauce principal (m).

s : Pendiente entre el punto más alejado y la primera entrada del alcantarillado (m/m en decimales).

El tiempo de concentración inicial puede considerarse 6 minutos para tramos iniciales en urbanizaciones unifamiliares con no más de 30 m de fondo y 8 minutos para tramos iniciales en urbanizaciones unifamiliares con lotes de 30 a 40 m de fondo.

- **Tiempo de recorrido (t_r)**

Es el tiempo requerido, expresado en minutos, para que el agua fluya en la alcantarilla desde la primera boca hasta el punto donde se desea determinar el tamaño de la misma.

Para el cálculo de este tiempo se empleará la siguiente expresión:

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

Dónde:

t_r : Tiempo de recorrido (min).

L : Longitud del tramo (m)

V : Velocidad real del agua en el alcantarillado (m/s).

La velocidad real del tramo en el alcantarillado funcionando parcialmente llena se deriva de la aplicación de la ecuación de Manning.

Cabe destacar que una descarga súbita proveniente de ramales tributarios genere ondas de creciente las cuales se propagan rápidamente en la tubería la cual estos confluyen. No se considera la atenuación de los picos durante la propagación lo cual no representa error apreciable puesto que se trata de tramos de corta longitud.

- **Velocidad real (V)**

El cálculo de la velocidad se realizará utilizando la ecuación de Manning. Se calcula la velocidad y caudal teóricos del conducto funcionando a sección llena mediante la aplicación de las siguientes expresiones:

$$V_{II} = \frac{1}{n} R_H^{2/3} S^{1/2}$$

$$Q_{II} = V_{II} \times A$$

Dónde:

Vu: Velocidad del conducto funcionando a sección llena (m/s).

Rh: Radio Hidráulico del conducto funcionando a sección llena (m).

s: Pendiente de la superficie libre del agua (m/m).

N: Coeficiente de rugosidad del conducto.

A: Área de la sección transversal del conducto funcionando llena (m²)

Cuando se obtiene el valor del caudal real de escorrentía mencionado en el punto en el método racional, se debe cumplir la relación:

$$Q / Q_{II} \leq 0,85$$

Finalmente entrando con la relación anteriormente calculada en las tablas de Relaciones Hidráulicas V 1 V11, se puede despejar la velocidad real (Vr).

4.6.5. Metodología de cálculo hidráulico

Teniendo en cuenta todos los conceptos descritos anteriormente se puede estandarizar el procedimiento de cálculo para el dimensionado de alcantarillado pluvial como se describe a continuación en el sistema compuesto por dos tramos que se muestra a modo de ejemplo a continuación:

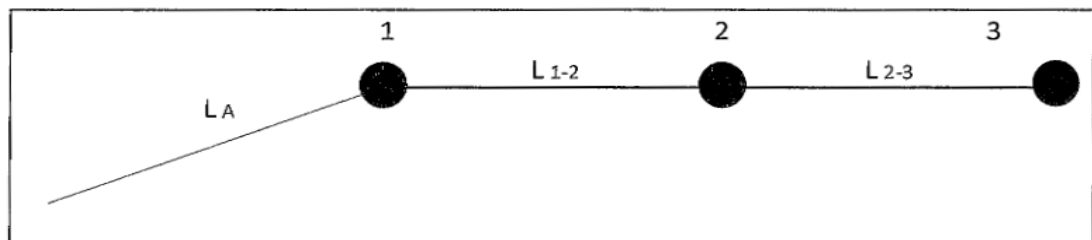


Figura 10. Metodología del cálculo hidráulico

En este caso se procede de igual manera que para el caso anterior, teniendo en cuenta que el tiempo inicial para este tramo es igual al tiempo de concentración del tramo anterior 1 – 2. En caso de que sean varios los tramos que llegan al punto 2, se escoge el tiempo de concentración mayor.

4.6.7. Técnicas de simulación en computador

Los programas de simulación deberían, en líneas generales, brindar al diseñador las siguientes posibilidades la construcción del modelo mediante la digitalización del sistema de alcantarillado propuesto en el diseño.

Los sistemas de alcantarillado tanto sanitario como pluvial, se convierte en una herramienta esencial para comprender la lógica operativa y técnica detrás del análisis que se realiza. En el caso de la simulación del alcantarillado sanitario usando el software SEWERCAD, tal como se identifica en la figura 11, el diagrama comienza con la recolección y validación de información básica del proyecto, que abarca datos topográficos, la población que será atendida, flujos de diseño y criterios normativos.

De manera análoga, en la figura 12, se identifica el diagrama de flujo para el análisis de aguas pluvial con Hcanales, ilustra un proceso que inicia con el análisis de la precipitación, las áreas de captación y los coeficientes de escorrentía.

4.6.4. Diagrama de flujo modelación alcantarillado sanitario (SEWERCAD)

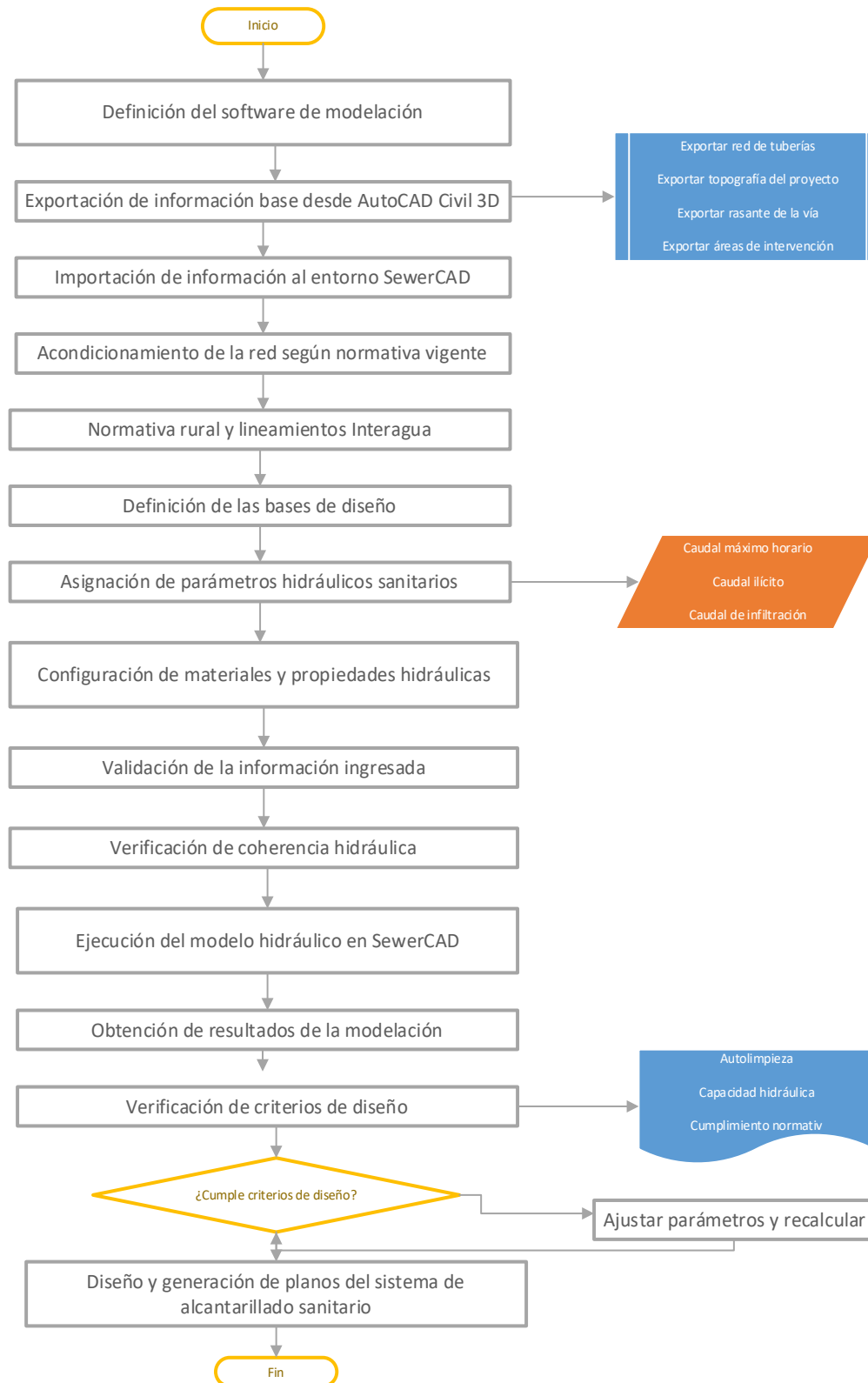


Figura 11. Flujograma de los flujos de la modelación alcantarillado sanitario

4.6.5. Diagrama de flujo – Análisis de aguas pluvial (Hcanales)

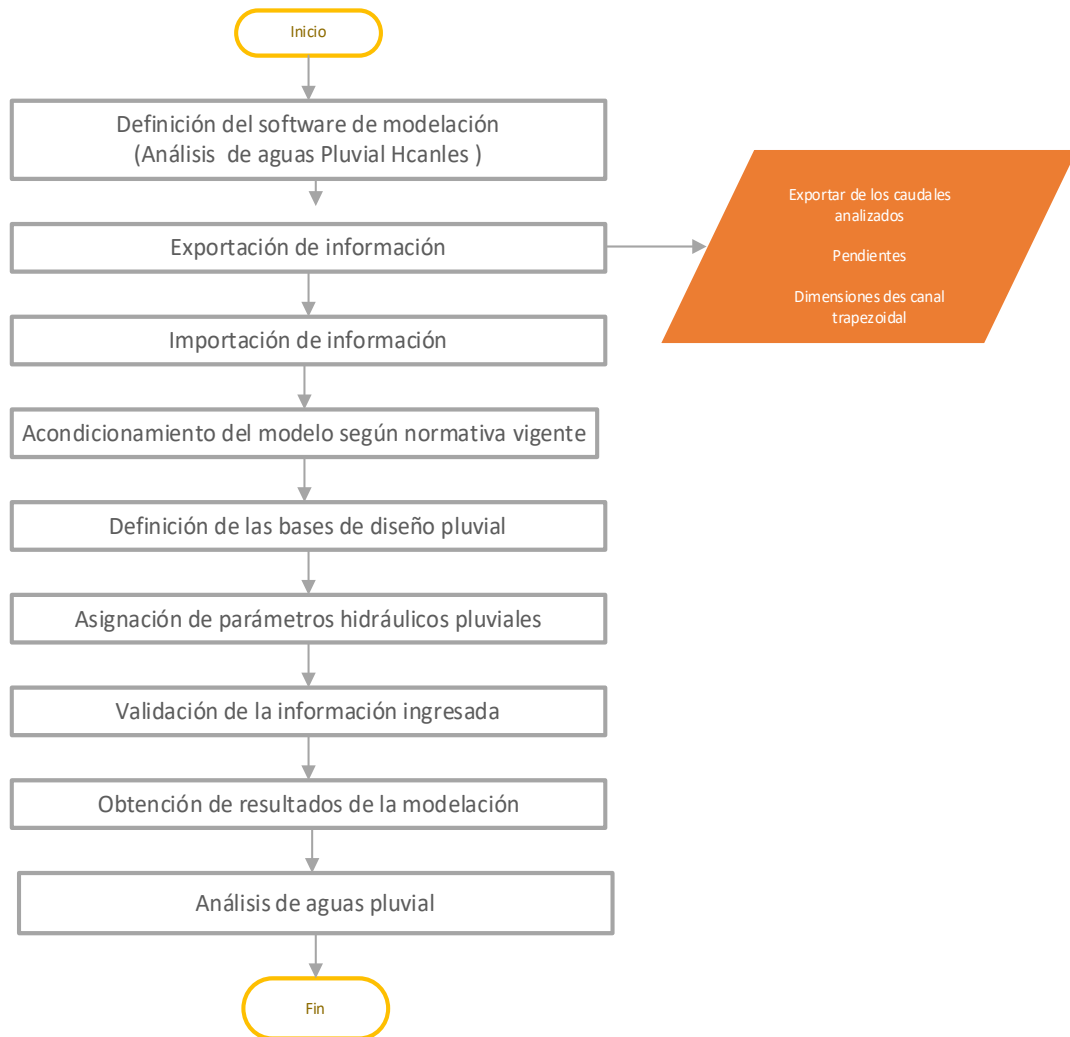


Figura 12. *Flujograma de los flujos de la moderación Agua pluvial*

4.6.8. Normas particulares de diseño

4.6.8.1. Velocidades

La velocidad mínima aceptable para alcantarillas de aguas de lluvias será de 0,7 m/s para colectores secundarios y 0,9 m/s para colectores principales. En ciertos casos especialmente cuando se puedan producir arrastres excesivos, la podrá exigir una velocidad mínima de 1,0 m/s. Las velocidades máximas permisibles en las redes de aguas de lluvias serán función del material de las tuberías y de las indicaciones del fabricante. Valores de referencia se dan en la siguiente tabla 20 de las normas para la velocidad de diseño.

Tabla 20*Normas para la velocidad de diseño*

Material	Velocidad máxima (m/s)
Acero	6,0
PVC	8,0
Acero con recubrimiento de mortero centrifugado	4,5
Cobre	4,0
Concreto normal	3,0
Concreto reforzado	4,5
Ladrillo común	3,0
Gres	5,0
Hierro dúctil con recubrimiento de mortero centrifugado	4,5

En cada tramo se deberá verificarse el comportamiento de auto limpieza del flujo, para lo cual es necesario utilizar el criterio de esfuerzo cortante medio, estableciéndose que sea mayor a 0,3 kg/m² para el caudal de diseño y mayor o igual a 0,15 kg/m² para el 10% de la capacidad a tubo lleno.

4.6.8.2. Pendientes

La pendiente mínima estará determinada por la velocidad. Aun cuando las pendientes máximas están determinadas en general por la velocidad máxima, también deberá tenerse en cuenta que en el diseño de canales o estructuras complementarias no se produzca flujo crítico o aproximadamente crítico (dentro de un 10% de la altura del agua correspondiente al flujo crítico).

Esto tiene por objeto evitar que pueda haber cambios en el estado del flujo en el canal, cambios que producirán represamientos o alteraciones inconvenientes. En caso de régimen supercrítico se debe presentar el estudio de las condiciones hidráulicas hasta la entrega final mediante estructuras de disipación o similares.

Cabe destacar que la discriminación del tipo de régimen de flujo se realizará mediante la utilización del número de Fraude. Este es el parámetro adimensional que caracteriza los regímenes de flujo a superficie libre donde la fuerza predominante sobre el escurrimiento es la fuerza de gravedad. Este número se define como:

$$Fr = \frac{V}{(g A / Bs)^{1/2}}$$

Dónde:

V: Velocidad real del agua para el tubo funcionando parcialmente lleno (m/s).

G: Aceleración de la gravedad (9,81 m/s²).

A: Área transversal mojada de la sección del conducto (m^2).

Bs: Ancho superficial (m).

La discriminación del tipo de flujo mediante este parámetro se realiza mediante la siguiente manera:

- $F < 1$

El régimen de flujo es subcrítico, lo que implica que cualquier modificación que se le produzca a la sección transversal del escurrimiento, aumento o disminución en corte o en planta, se traducirá en elevación o depresión de la misma respectivamente y esta perturbación propagará hacia aguas arriba.

- $F = 1$

El régimen de flujo es crítico y se caracteriza por la inestabilidad de la superficie libre con la consecuente formación de ondulaciones en la misma.

- $F > 1$

El régimen de flujo es supercrítico o de alta velocidad, lo que implica que cualquier modificación que se le produzca a la sección transversal del escurrimiento, aumento o disminución en corte o en planta, se traducirá en depresión o elevación de la misma respectivamente y esta perturbación propagará hacia aguas abajo.

4.6.8.3. Profundidades

Se especifican profundidades mínimas del tope de los conductos por debajo de las rasantes de las vías equivalentes a 1,00 m, cuando las tuberías que se usen sean de concreto se debe especificar en todos los casos el tipo de cimentación y clase de tubería según las cargas a que sea sometida.

Las profundidades máximas dependerán de la resistencia de soporte de la tubería según el material y tipo de tubería y cimentación utilizada. En general se debe tratar de que la profundidad del análisis del agua pluvial sea mayor que la del alcantarillado sanitario.

Cuando se presenten cruces de tuberías es necesario proteger el tubo superior mediante vigas, muros o anclajes que garanticen la estabilidad del sistema.

4.6.8.4. Tamaño y Materiales de los conductos

El tamaño de los conductos para el análisis del agua pluvial depende del caudal de diseño. El tamaño mínimo será de 400 mm. En general dependiendo de las condiciones de carga, se emplearán tuberías de concreto reforzado en cualquier diámetro.

Se podrán utilizar tuberías de PVC que cumplan con las especificaciones fijadas por IA.

Se podrán utilizar tuberías de acero en cruces aéreos sobre vías o ríos, en líneas de impulsión, sifones invertidos y obras similares. Para utilizar tuberías de acero, con estos materiales se deberán usar revestimientos interiores y exteriores adecuados a fin de protegerlos contra la corrosión por ácidos del agua residual y por suelos agresivos

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Resultados de la encuesta

El análisis de los datos reunidos en la tabla 21 se evidencio la situación actual que presenta ca munidad con los servicios de alcantarillado sanitario.

Tabla 21

Resumen de los resultados de la encuesta

Cuestionamiento	Escala Valorativa	Frecuencia	Porcentaje
Número de personas en la vivienda	1 persona	4	4,40%
	2 personas	10	11,00%
	3 personas	14	15,40%
	4 personas	28	30,80%
	5 personas	4	4,40%
	6 personas	17	18,70%
	7 personas	10	11,00%
	8 personas	4	4,40%
Tiempo de permanencia en el barrio	1–5 años	23	25,30%
	6–10 años	3	3,30%
	10–20 años	13	14,30%
	20–30 años	32	35,20%
	30–60 años	20	22,00%
Edad de los usuarios	5–10 años	7	7,70%
	11–15 años	3	3,30%
	16–20 años	43	47,30%
	> 20 años	38	41,80%
Familiar con discapacidad	Sí	10	11,00%
	No	81	89,00%
Posesión de vivienda	Propia	69	75,80%
	Alquilada	14	15,40%
	Otro	8	8,80%
Número de pisos	1 piso	54	59,30%
	2 pisos	34	37,40%
	3 pisos	3	3,30%
Estructura	Hierro	25	27,50%
	Ladrillo	8	8,80%
	Bloque	55	60,40%
	Mixto	3	3,30%
Paredes	Hierro	9	9,90%
	Ladrillo	5	5,50%
	Bloque	72	79,10%
	Mixto	5	5,50%
Piso	Tierra	19	20,90%
	Madera	15	16,50%
	Cemento	49	53,80%
	Baldosa	5	5,50%
	Mixto	3	3,30%
Cubierta	Zinc	41	45,10%
	Losa	12	13,20%
	Mixto	31	34,10%
	Otro	7	7,70%
Estado	Bueno	66	72,50%

	Regular	15	16,50%
	Malo	10	11,00%
Uso	Vivienda	79	86,80%
	Negocio	7	7,70%
	Bodega	3	3,30%
	Mixto	2	2,20%
Medidor de agua	Sí	68	74,70%
	No	23	25,30%
Obtención	Agua entubada	47	51,60%
	Pozo	32	35,20%
	Carro repartidor	7	7,70%
	Otro	5	5,50%
Comunicación	Telefonía móvil	84	92,30%
	Telefonía fija	7	7,70%
Servicio sanitario	Alcantarillado	54	59,30%
	Pozo ciego	37	40,70%
Eliminación basura	Carro recolector	73	80,20%
	Incineradora	13	14,30%
	Bota al terreno/río	5	5,50%
Problemas suministro	Siempre	41	45,10%
	Casi siempre	29	31,90%
	Nunca	21	23,10%
Presión	Buena	70	76,90%
	Mala	6	6,60%
	Sin presión	15	16,50%
Distribución	Satisfecho	54	59,30%
	Medianamente satisfecho	26	28,60%
	Insatisfecho	11	12,10%
Veces por semana	1 vez	26	28,60%
	2 veces	33	36,30%
	3 veces	19	20,90%
	Ninguna	13	14,30%
Horas diarias	Media hora	31	34,10%
	1-2 horas	33	36,30%
	3-4 horas	27	29,70%
Construcción alcantarillada	Sí	82	90,10%
	No	9	9,90%
Contribución económica	Sí	64	70,30%
	No	27	29,70%

Análisis e interpretación

El análisis revela que la comunidad presenta mayormente una composición familiar media y numerosa, por ende, se destacan que los hogares formados principalmente por cuatro miembros 30,80% y seis miembros 18,70%, lo que influye directamente en la producción de aguas residuales y la necesidad de servicios básicos. Además, se aprecia en la población un fuerte sentido de pertenencia, ya que el 35,20% ha residido entre 20 y 30 años en el barrio, mientras que el 22,00% ha estado allí entre 30 y 60 años, lo que sugiere una estabilidad social y un asentamiento consolidado.

Además, la mayor parte de los vecinos se encuentra en edad laboral 47,30% entre 16 y 20 años como también el 41,80% mayores de 20 años, lo que representa una población activa con gran potencial para el crecimiento y el desarrollo. Respecto a las condiciones de vivienda, la mayoría es propietaria de su casa 75,80%, la cual por lo general tiene un solo piso 59,30% y está construida principalmente con bloque 60,40% en estructura y 79,10% en muros, con pisos de cemento 53,80% y techos de zinc 45,10%). Un 72,50% de las viviendas están en buenas condiciones, lo que sugiere un nivel constructivo adecuado, aunque persisten algunos materiales vulnerables como tierra y madera en los pisos.

El 74,70% tiene un medidor de agua y el 59,30% cuenta con sistema de alcantarillado, un 40,70% todavía recurre a pozos ciegos, lo que supone un riesgo tanto sanitario como ambiental. La mayoría del suministro de agua es a través de tuberías 51,60%, pero una parte considerable depende de pozos 35,20%, y se registran problemas frecuentes en el suministro 45,10% siempre y 31,90% casi siempre, con distribución limitada a pocas horas por día y de una a dos veces a la semana para gran parte de la comunidad. A pesar de estas dificultades, el 70,30% está dispuesto a aportar económicamente para mejorar el sistema, lo que indica una aceptación social y una viabilidad comunitaria para llevar a cabo el proyecto de alcantarillado sanitario y pluvial, consolidándose como una necesidad prioritaria para mejorar las condiciones de salud; ver en el Anexos 1.

5.2. Resultados del diseño de Alcantarillado Sanitario

5.2.1. Cálculo de la poblacionales en zonas rurales

Tabla 22

Cálculos poblacionales

DATOS		
n=	25	años
r=	1,56	0,0156
Pa=	402	Habitantes
e=	2,7182818	adimensional

Análisis e interpretación

En la tabla 22, se identifica que los datos de referencia del estudio indican que el horizonte de diseño considerado es de $n = 25$ años, un período que permite proyectar de manera adecuada el crecimiento y la demanda futura del sistema.

La tasa de crecimiento poblacional se establece en 1,56 %, lo que equivale a 0,0156, un valor que refleja un aumento moderado y sostenido de la población. Actualmente, la población (Pa) es de 402 habitantes, que sirve como base para las proyecciones demográficas y el dimensionamiento de la infraestructura.

Además, se utiliza el valor de $e = 2,7182818$, una constante matemática adimensional que se emplea en los modelos de crecimiento exponencial, asegurando así rigor técnico y coherencia metodológica en los cálculos poblacionales que se utilizan para el análisis y la planificación del proyecto.

Tabla 23

Cálculos poblacionales en zonas rurales

(ZONA RURAL)					
MÉTODOS PARA EL CÁLCULO POBLACIONAL					
n	AÑO	ARITMÉTICO	GEOMÉTRICO	EXPONENCIAL	PROMEDIO
0	2025	402	402	402	402
1	2026	408	408	408	408
2	2027	415	415	415	415
3	2028	421	421	421	421
4	2029	427	428	428	428
5	2030	433	434	435	434
6	2031	440	441	441	441
7	2032	446	448	448	447
8	2033	452	455	455	454
9	2034	458	462	463	461
10	2035	465	469	470	468
11	2036	471	477	477	475
12	2037	477	484	485	482
13	2038	484	492	492	489
14	2039	490	499	500	496
15	2040	496	507	508	504
16	2041	502	515	516	511
17	2042	509	523	524	519
18	2043	515	531	532	526
19	2044	521	539	541	534
20	2045	527	548	549	541
21	2046	534	556	558	549
22	2047	540	565	567	557
23	2048	546	574	576	565
24	2049	553	583	585	573
25	2050	559	592	594	581

Análisis e interpretación

El estudio de las técnicas para el cálculo de la población revela en la tabla 23, donde se refleja una proyección demográfica en aumento para el periodo de 2025 a 2050, comenzando con una población de 402 personas en el año de referencia. Los

enfoques aritmético, geométrico y exponencial indican patrones de crecimiento sostenido, aunque con diferencias sutiles en las estimaciones a medida que avanza el tiempo.

El método aritmético muestra un incremento lineal y más prudente, mientras que los enfoques geométrico y exponencial indican un crecimiento un poco más rápido, sobre todo en los años finales del periodo analizado. Estas diferencias se vuelven más notables a partir de 2035, momento en el que las proyecciones geométrica y exponencial superan constantemente a la aritmética.

En este marco, el promedio de los tres métodos se presenta como una opción técnica equilibrada para la planificación, ya que combina las diferentes tendencias de crecimiento y minimiza el sesgo que podría resultar del uso de un único modelo. En consecuencia, se prevé que para 2050 la población alcance alrededor de 581 personas, cifra que sirve como base sólida para el dimensionamiento y diseño de la infraestructura planificada, asegurando su funcionalidad y sostenibilidad a largo plazo.

Tabla 24

Cálculo de la población futura

DATOS	
POBLACIÓN FUTURA	
PF	581
DOTACIONES (ZONA RURAL)	
Nivel de servicio	Clima frío
Iib	75

Análisis e interpretación

En la tabla 24, se detalla los parámetros de diseño indican que la población futura (PF) anticipada para el periodo de planificación es de 581 personas. El número se obtuvo tras analizar los métodos de proyección demográfica y sirve como fundamento para dimensionar los servicios esenciales. Además, se contemplan las dotaciones para la zona rural, específicamente para un nivel de servicio Iib en un clima frío, estableciendo una provisión de 75 litros por persona al día (L/hab·día). El diseño del sistema sanitario, garantizando que la infraestructura planificada satisfaga adecuadamente las futuras demandas de la población y se ajuste a las condiciones climáticas y geográficas de la zona de análisis.

Tabla 25*Resultados de las áreas de estudio*

ÁREAS	m ²	ha
1	3.291,06	0,3291
2	1.393,45	0,1393
3	859,893	0,0860
4	9888,199	0,9888
5	5483,506	0,5484
6	4714,313	0,4714
7	10609,588	1,0610
8	2180	0,2180
9	11696,551	1,1697
10	6920,000	0,6920

Análisis e interpretación

En la tabla 25, se desarrolla el estudio de las zonas analizadas muestra una variedad considerable en cuanto a sus dimensiones, que oscilan entre pequeñas parcelas y terrenos más extensos, lo que evidencia la heterogeneidad del área revisada. En términos generales, se distinguen zonas menores como el Área 3 que abarca 0,0860 hectáreas y el Área 2 que tiene 0,1393 hectáreas, a la vez que se encuentran superficies de tamaño intermedio como el Área 1 en donde 0,3291 hectáreas, el Área 6 en donde las 0,4714 hectáreas y el Área 10 en donde 0,6920 hectáreas. Asimismo, se observan zonas más amplias, siendo el Área 4 de 0,9888 hectáreas, el Área 7 de 1,0610 hectáreas y el Área 9 de 1,1697 hectáreas las que más destacan, convirtiéndose así en las secciones más relevantes en términos de área.

La comprensión de estas zonas es esencial para la evaluación del territorio y la formulación de estrategias de infraestructura, ya que facilita la comprensión de la relación entre el espacio disponible, la utilización del suelo y las demandas futuras del lugar analizado.

Tabla 26*Área de aportación del calculo*

ÁREAS DE APORTACIÓN					
TRAMOS	POZOS		ÁREAS		
TRAMO	POZO INICIAL	POZO FINAL	ÁREAS M2	ÁREAS (HA)	ÁREA ACUMULADA (HA)
1	PZ-1	PZ-2	3.291,06	0,329	0,329
2	PZ-2	PZ-3			0,329
3	PZ-3	PZ-4	1.393,45	0,139	0,468
4	PZ-4	PZ-5			0,468
5	PZ-5	PZ-6	10748,092	1,075	1,543

6	PZ-6	PZ-7			1,543
7	PZ-7	PZ-8			1,543
8	PZ-8	PZ-9			1,543
9	PZ-9	PZ-10	5483,506	0,548	2,092
10	PZ-10	PZ-11	4714,313	0,471	2,563
11	PZ-11	PZ-12	12789,588	1,279	3,842
12	PZ-12	PZ-13			3,842
13	PZ-13	PZ-14	11696,551	1,170	5,012
14	PZ-14	DESCARGA	6920,000	0,692	5,704

Análisis e interpretación

En la tabla 26, se puntualiza el estudio de las zonas de contribución por segmentos revela una acumulación gradual de superficie a lo largo del sistema, comenzando en el Segmento 1 (PZ-1 a PZ-2) y llegando hasta el punto de vertido final, con un total acumulado de 5,704 hectáreas. Al inicio, los segmentos presentan áreas pequeñas, comenzando con 0,329 hectáreas, a las que se añaden aportaciones puntuales en tramos específicos como el Segmento 3, que suma 0,139 hectáreas.

Se nota un notable aumento en el Segmento 5 (PZ-5 a PZ-6), donde se agregan 1,075 hectáreas, elevando el área acumulativa a 1,543 hectáreas. Desde este momento, varios segmentos intermedios no muestran nuevas aportaciones, manteniendo estable la superficie acumulada, hasta que en el Segmento 9 se incorporan 0,548 hectáreas y después el Segmento 10 con 0,471 hectáreas.

La mayor ampliación ocurre en el Segmento 11 (PZ-11 a PZ-12), con una adición de 1,279 hectáreas, seguida del Segmento 13, que suma 1,170 hectáreas, alcanzando un total de 5,012 hectáreas. Para concluir, en el Segmento 14, justo antes del vertido, se añaden 0,692 hectáreas, consolidando el total de área de contribución del sistema.

Tabla 27

Cálculo Caudales

CALCULO CAUDALES					
CAUDAL MEDIO AGUAS RESIDUALES	FACTOR ZONA RURAL	CAUDAL MEDIO HORARIO (L/s)	QIL l/s(HA)	QIF l/s(HA)	COEFICIENTE C
0,403816583	3	1,211449748	0,2	0,05	0,8

Análisis e interpretación

En la tabla 27, se calculó de los caudales en el sistema de aguas residuales de una zona rural se basa en un caudal promedio de aguas residuales de 0,4038 L/s, que representa la cantidad media generada por la población proyectada. Al aplicar el

factor de corrección específico para la zona rural (3), se obtiene un flujo medio por hora de 1,2114 L/s, que es crucial para el dimensionamiento hidráulico de la red. Además, se toman en cuenta los parámetros hidrológicos relacionados con la infiltración longitudinal ($QIL = 0,2 \text{ L/s}\cdot\text{ha}$) y la infiltración puntual ($QIF = 0,05 \text{ L/s}\cdot\text{ha}$), así como un coeficiente de escorrentía ($C = 0,8$), los cuales permiten una estimación global de los aportes adicionales al sistema. Juntos, estos valores forman la base técnica necesaria para el diseño y la verificación de la capacidad de transporte del sistema de alcantarillado sanitario, garantizando su operación eficaz y segura según las condiciones específicas del área rural en cuestión.

Tabla 28

Cálculo de los pozos y caudales

TR.	POZOS		CALCULO CAUDALES					
	POZO INICIAL	POZO FINAL	QMH (L/S)	QI(L/S)	QINF(L/S)	QIND(L/S)	QD(L/S)	QD(M3/S)
1	PZ-1	PZ-2	0,398695381	0,0658212	0,0164553	0	0,4810	0,0004810
2	PZ-2	PZ-3	0,398695381	0,0658212	0,0164553	0	0,4810	0,0004810
3	PZ-3	PZ-4	0,567505331	0,09369028	0,0234226	0	0,6846	0,0006846
4	PZ-4	PZ-5	0,567505331	0,09369028	0,0234226	0	0,6846	0,0006846
5	PZ-5	PZ-6	1,869582665	0,30865212	0,077163	0	2,2554	0,0022554
6	PZ-6	PZ-7	1,869582665	0,30865212	0,077163	0	2,2554	0,0022554
7	PZ-7	PZ-8	1,869582665	0,30865212	0,077163	0	2,2554	0,0022554
8	PZ-8	PZ-9	1,869582665	0,30865212	0,077163	0	2,2554	0,0022554
9	PZ-9	PZ-10	2,533881862	0,41832224	0,1045806	0	3,0568	0,0030568
10	PZ-10	PZ-11	3,104997192	0,5126085	0,1281521	0	3,7458	0,0037458
11	PZ-11	PZ-12	4,654391508	0,76840026	0,1921001	0	5,6149	0,0056149
12	PZ-12	PZ-13	4,654391508	0,76840026	0,1921001	0	5,6149	0,0056149
13	PZ-13	PZ-14	6,071369884	1,00233128	0,2505828	0	7,3243	0,0073243
14	PZ-14	DESCARGA	6,90969311	1,14073128	0,2851828	0	8,3356	0,008336

Análisis e interpretación

En la tabla 28, se detalla el análisis de los pozos y caudales muestra un aumento progresivo del caudal a lo largo de los tramos del sistema de alcantarillado, influenciado por la incorporación continua de áreas de aportación y el crecimiento del caudal medio horario. En los primeros tramos, desde PZ-1 hasta PZ-3, se observa un caudal medio horario (QMH) constante de 0,3987 L/s.

Al incluir los aportes por infiltración lineal (QI) y el caudal de infiltración (QINF), se obtiene un caudal de diseño (QD) de 0,4810 L/s. A medida que el sistema avanza, a partir del tramo 3 (PZ-3 a PZ-4), el caudal aumenta a 0,6846 L/s, lo que refleja la incorporación de nuevas áreas. Un aumento notable se presenta en el tramo 5 (PZ-5 a PZ-6), donde el QMH alcanza 1,8696 L/s y el QD se eleva a 2,2554 L/s,

manteniéndose este valor en varios tramos consecutivos debido a la falta de nuevas áreas de aportación.

A partir del tramo 9, el caudal vuelve a aumentar de manera constante, alcanzando 3,0568 L/s y 3,7458 L/s en los tramos siguientes. El mayor aporte se concentra en los tramos finales, destacando el tramo 13 (PZ-13 a PZ-14) con un QD de 7,3243 L/s, y finalmente en el tramo de descarga, donde el caudal de diseño máximo llega a 8,3356 L/s, lo que equivale a 0,008336 m³/s. Los resultados permiten identificar los puntos críticos del sistema y sirven como base técnica para el dimensionamiento hidráulico adecuado de los conductos y estructuras, asegurando un funcionamiento eficiente y seguro del sistema de alcantarillado proyectado.

Tabla 29

Cálculo de Pendientes

CALCULO PENDIENTE						
TRAMOS	POZOS		Datos para Pendiente			Pendiente
TRAMO	POZO INICIAL	POZO FINAL	Cota Mayor (msnm)	Cota Menor (msnm)	Longitud (m)	S (m/m)
1	PZ-1	PZ-2	2.717,04	2.711,36	63,20	0,0899
2	PZ-2	PZ-3	2.711,36	2.710,10	14,20	0,0887
3	PZ-3	PZ-4	2.710,10	2.708,30	22,00	0,0818
4	PZ-4	PZ-5	2.708,30	2.705,80	29,50	0,0847
5	PZ-5	PZ-6	2.705,80	2.704,40	27,60	0,0507
6	PZ-6	PZ-7	2.704,40	2.703,82	40,80	0,0142
7	PZ-7	PZ-8	2.703,82	2.703,10	61,00	0,0118
8	PZ-8	PZ-9	2.703,10	2.702,55	55,00	0,0100
9	PZ-9	PZ-10	2.702,55	2.702,06	50,10	0,0098
10	PZ-10	PZ-11	2.702,06	2.701,33	89,20	0,0082
11	PZ-11	PZ-12	2.701,33	2.700,74	100,00	0,0059
12	PZ-12	PZ-13	2.700,74	2.700,39	59,00	0,0059
13	PZ-13	PZ-14	2.700,39	2.699,91	100,00	0,0048
14	PZ-14	DESCARGA	2.699,91	2.699,50	104,1	0,0039

Análisis e interpretación

En la tabla 29, se análisis de las pendientes en los tramos del sistema de alcantarillado muestra una disminución progresiva a medida que el flujo avanza desde los tramos iniciales hasta el punto de descarga, lo cual se alinea con la topografía natural del terreno. En los primeros tramos, desde PZ-1 hasta PZ-5, se observan pendientes bastante elevadas, que varían entre 0,0899 m/m y 0,0818 m/m. Esto favorece una buena velocidad de arrastre y ayuda a reducir el riesgo de sedimentación. A partir del Tramo 5, la pendiente comienza a disminuir gradualmente, destacándose valores intermedios como 0,0507 m/m y 0,0142 m/m en los tramos PZ-5 a PZ-7, hasta llegar

a pendientes más bajas en los tramos finales del sistema. En los últimos tramos, especialmente desde PZ-11 hasta la descarga, las pendientes se encuentran entre 0,0059 m/m y 0,0039 m/m, cifras que requieren un diseño hidráulico cuidadoso para asegurar velocidades mínimas de autolimpieza. En resumen, la variación de pendientes observada permite ajustar el trazado del sistema a las condiciones topográficas existentes, garantizando la continuidad del flujo, el correcto funcionamiento hidráulico y la eficiencia del sistema de alcantarillado sanitario proyectado.

Tabla 30

Relaciones con parámetros hidráulicos

RELACIONES CON PARÁMETROS HIDRÁULICOS																
TRAMOS	Tipo de tubería	n	Diámetro de Tubería Calculado	Diámetro Comercial (mm)	D. Comer (m)	Relación de Caudales			Tabla de relaciones de parámetros Hidráulicos			Relación de Diámetros	Velocidad MANNIG	Relación de Velocidad	VELOCIDAD REAL	
			Diámetro T(m)	Diámetro (mm)	Interior	Exterior	Interior	Qo	Qd/Qo	V/Vo	Y/do	D/do	d(mm)	V(m/s)	v (m/s)	V(m/s)
1	PVC	0,009	0,024	23,70	183	200	0,183	0,28	0,002	0,292	0,041	0,092	16,836	0,000357885	0,000104502	1,05
2	PVC	0,009	0,024	23,76	183	200	0,183	0,28	0,002	0,292	0,041	0,092	16,836	0,000357885	0,000104502	1,05
3	PVC	0,009	0,028	27,54	183	200	0,183	0,27	0,003	0,292	0,041	0,092	16,836	0,000509415	0,000148749	1,13
4	PVC	0,009	0,027	27,36	183	200	0,183	0,27	0,002	0,292	0,041	0,092	16,836	0,000509415	0,000148749	1,07
5	PVC	0,009	0,047	47,10	183	200	0,183	0,21	0,01	0,427	0,102	0,165	30,195	0,001678212	0,000716596	1,16
6	PVC	0,009	0,060	59,79	183	200	0,183	0,11	0,02	0,148	0,398	0,102	18,666	0,001678212	0,000667928	0,79
7	PVC	0,009	0,062	61,91	183	200	0,183	0,10	0,02	0,148	0,398	0,102	18,666	0,001678212	0,000667928	0,82
8	PVC	0,009	0,064	63,86	183	200	0,183	0,09	0,02	0,148	0,398	0,102	18,666	0,001678212	0,000667928	0,77
9	PVC	0,009	0,072	71,87	183	200	0,183	0,09	0,03	0,148	0,398	0,102	18,666	0,002274513	0,000905256	0,84
10	PVC	0,009	0,080	80,20	183	200	0,183	0,09	0,04	0,148	0,398	0,102	18,666	0,002787169	0,001109293	0,84
11	PVC	0,009	0,099	99,25	183	200	0,183	0,07	0,08	0,148	0,398	0,102	18,666	0,004177967	0,001662831	0,84
12	PVC	0,009	0,099	99,15	183	200	0,183	0,07	0,08	0,148	0,398	0,102	18,666	0,004177967	0,001662831	0,84
13	PVC	0,009	0,114	113,98	183	200	0,183	0,07	0,11	0,148	0,398	0,102	18,666	0,005449903	0,002169061	0,84
14	PVC	0,009	0,124	124,17	183	200	0,183	0,06	0,14	0,148	0,398	0,102	18,666	0,006202415	0,002468561	0,8

Análisis e interpretación

En la tabla 30, se destaca el análisis de las relaciones con los parámetros hidráulicos en los diferentes tramos del sistema de alcantarillado revela un diseño progresivo y coherente que se adapta al aumento de caudales a lo largo de la red. En todos los tramos, se utiliza tubería de PVC con un coeficiente de rugosidad de Manning $n = 0,009$, que es ideal para sistemas sanitarios debido a su baja fricción y su excelente comportamiento hidráulico. Los diámetros calculados muestran un incremento gradual, comenzando desde cerca de 24 mm en los primeros tramos hasta alcanzar aproximadamente 124 mm en el tramo final antes de la descarga, lo que está directamente relacionado con el aumento del caudal de diseño (Qd)

acumulado. Sin embargo, por razones constructivas y normativas, se opta uniformemente por un diámetro comercial de 200 mm (0,183 m), asegurando así una capacidad adecuada y facilitando el mantenimiento.

Las relaciones de caudales (Q_d/Q_o) y las relaciones de diámetro (d/D_o) indican que el sistema opera mayormente en secciones parciales, una condición típica y aceptable en redes de alcantarillado sanitario, ya que permite una capacidad adicional ante posibles aumentos de caudal. Además, las velocidades reales, calculadas a partir de la ecuación de Manning, se mantienen dentro de rangos técnicamente adecuados, con valores que oscilan entre 0,77 m/s y 1,16 m/s, cumpliendo con los criterios de autolimpieza y evitando tanto la sedimentación como la erosión interna de las tuberías. En conjunto, estas relaciones hidráulicas confirman que el sistema diseñado presenta un comportamiento hidráulico eficiente y seguro, validando la elección de diámetros comerciales, pendientes y el material de tubería para el correcto funcionamiento del alcantarillado sanitario propuesto.

Tabla 31
Relaciones con parámetros hidráulicos

COTAS Y RELLENOS									
TRAMOS	POZOS		COTA TAPA		COTA INVERT		ALTURA CAMARA POZOS	COBERTURA	
TRAMO	POZO INICIAL	POZO FINAL	TAPA INICIAL	TAPA FINAL	INVERT INICIAL	INVERT FINAL	POZOS	ALTURA (m)	RELLENO (m)
1	PZ-1	PZ-2	2.718,24	2.712,56	2.717,04	2.711,36	PZ-1	1,20	1,00
2	PZ-2	PZ-3	2.712,56	2.711,30	2.711,36	2.710,10	PZ-2	1,20	1,00
3	PZ-3	PZ-4	2.711,30	2.709,50	2.710,10	2.708,30	PZ-3	1,20	1,00
4	PZ-4	PZ-5	2.709,50	2.708,19	2.708,30	2.705,80	PZ-4	1,20	1,00
5	PZ-5	PZ-6	2.708,19	2.705,60	2.705,80	2.704,40	PZ-5	2,39	2,19
6	PZ-6	PZ-7	2.705,60	2.706,50	2.704,40	2.703,82	PZ-7	1,20	1,00
7	PZ-7	PZ-8	2.706,50	2.707,40	2.703,82	2.703,10	PZ-8	2,68	2,48
8	PZ-8	PZ-9	2.707,40	2.706,30	2.703,10	2.702,55	PZ-9	4,30	4,10
9	PZ-9	PZ-10	2.706,30	2.705,03	2.702,55	2.702,06	PZ-10	3,75	3,55
10	PZ-10	PZ-11	2.705,03	2.703,41	2.702,06	2.701,33	PZ-11	2,97	2,77
11	PZ-11	PZ-12	2.703,41	2.704,08	2.701,33	2.700,74	PZ-12	2,08	1,88
12	PZ-12	PZ-13	2.704,08	2.704,51	2.700,74	2.700,39	PZ-13	3,34	3,14
13	PZ-13	PZ-14	2.704,51	2.704,00	2.700,39	2.699,91	PZ-14	4,12	3,92
14	PZ-14	DESCARGA	2.704,00	2.702,50	2.699,91	2.699,50	PZ-15	4,09	3,89

Análisis e interpretación

En la tabla 31, se recalca bajo el análisis de las cotas y rellenos del sistema de alcantarillado muestra una clara coherencia técnica entre las cotas de tapa, las cotas de invert y las alturas de las cámaras de los pozos. Esto asegura tanto la funcionalidad hidráulica como la seguridad estructural del sistema. A lo largo de los tramos, las cotas de tapa descienden de manera progresiva, comenzando en 2.718,24 msnm en el pozo inicial y llegando a 2.702,50 msnm en el punto de descarga, lo que se alinea con la topografía natural del terreno. Asimismo, las cotas de invert mantienen una pendiente constante y controlada, lo que permite que las aguas residuales fluyan adecuadamente sin interrupciones. Las alturas de los pozos varían considerablemente, desde un estándar de 1,20 m en los tramos iniciales hasta profundidades que superan los 4,00 m en los tramos finales, especialmente entre los pozos PZ-8 y PZ-15, donde el terreno requiere excavaciones más profundas. Como resultado, los rellenos varían entre 1,00 m y 4,10 m, reflejando las diferencias entre la rasante del terreno y la línea de conducción. En conjunto, estos hallazgos confirman que el diseño geométrico del sistema se adapta de manera efectiva a las condiciones topográficas existentes, garantizando estabilidad estructural, protección de la tubería y un funcionamiento hidráulico adecuado del alcantarillado sanitario proyectado.

5.3. Resultados del análisis de aguas pluvial

El diseño del sistema de drenaje de agua de lluvia es un elemento fundamental en la creación de la infraestructura hidráulica en entornos urbanos. Su objetivo principal es garantizar que las precipitaciones se recojan, se transporten y se descarguen apropiadamente. Los contribuye a minimizar los peligros de inundaciones, erosión y deterioro de las vías.

En este contexto, es esencial examinar los resultados obtenidos para verificar si las condiciones hidráulicas diseñadas responden de forma adecuada a los caudales previstos, a la configuración del terreno y a los estándares técnicos establecidos, asegurando así la operatividad, equilibrio y longevidad del sistema. Antes de proceder a un análisis más profundo, es vital examinar los parámetros obtenidos, tales como la inclinación longitudinal, el caudal total, la velocidad del flujo y la fuerza de tracción.

En el estudio los elementos son fundamentales para medir el desempeño hidráulico de la red. Los resultados no solo reflejan cómo se comporta el flujo a lo largo de las distintas secciones, sino que también facilitan la evaluación de si se satisfacen los requisitos de autolimpieza, control de sedimentos y estabilidad de las tuberías. Por lo tanto, el análisis de los valores obtenidos establece una base técnica robusta para corroborar la eficacia del diseño y evaluar su funcionamiento ante las condiciones hidrológicas pronosticadas.

Tabla 32

Resultados del análisis del agua pluvial

ID	Área (m2)	Área (km2)	Área (Ha)	Longitud(m)	Cota.T Inicial (m)	Cota.T Final (m)	S(m/m)	Tc(min)	Coeficiente escurrimient o	Intensidade		Caudales m3/s		OBSERVACIÓN
										Intensidad (mm/h) 25 años	Intensidad (mm/h) 50 años	Qd 25 años (M3/S)	Qd 50 años (M3/S)	
1	4682.41	0.0047	0.468	91.45	2721.00	2714.00	0.08	5.75	0.70	73.90	82.00	0.067	0.0747	CANAL IZQUIERDO
2	1874.998	0.0019	0.187	95	2714	2705	0.09	5.45	0.70	73.90	82.00	0.027	0.0299	CANAL IZQUIERDO
3	11426.18	0.0114	1.143	152	2718	2705	0.09	8.14	0.70	60	66.6	0.133	0.1481	CANAL DERECHA
4	5222.123	0.0052	0.522	183.5	2708	2705	0.02	17.80	0.70	48.7	54.1	0.049	0.0550	CANAL IZQUIERDO
5	4927.064	0.0049	0.493	108.505	2708	2705	0.03	9.70	0.70	60	66.6	0.058	0.0639	CANAL DERECHA
6	13084.11	0.0131	1.308	188.372	2708	2704	0.02	16.42	0.70	48.7	54.1	0.124	0.1377	CANAL IZQUIERDO
7	2634.139	0.0026	0.263	89.16	2706	2704	0.02	9.04	0.70	60	66.6	0.031	0.0341	CANAL DERECHA
8	12637.69	0.0126	1.264	144.47	2705	2703	0.01	15.78	0.70	48.7	54.1	0.120	0.1330	CANAL IZQUIERDO
9	8045.815	0.0080	0.805	114	2704	2703	0.01	15.68	0.70	48.7	54.1	0.076	0.0847	CANAL IZQUIERDO
10	5176.349	0.0052	0.518	73	2704	2702	0.03	7.17	0.70	60	66.6	0.060	0.0671	CANAL IZQUIERDO

Análisis e interpretación

Los hallazgos del diseño del sistema de drenaje pluvial revelan un análisis técnico exhaustivo basado en los parámetros hidrológicos y las características topográficas de cada subcuenca examinada. Las zonas de captación varían desde 0,0019 km² hasta 0,0131 km² de 0,187 a 1,308 hectáreas, lo que implica una considerable variabilidad en la cantidad de escorrentía producida en cada sector. Las pendientes longitudinales (S) se encuentran entre 0,01 y 0,09 m/m, lo que evidencia las condiciones topográficas que impactan directamente los tiempos de concentración, que fluctúan entre 5,45 y 17,80 minutos. Se ha observado que pendientes más suaves corresponden a tiempos de concentración más elevados y, por ende, a intensidades de precipitación más bajas, lo que resulta coherente con el comportamiento hidrológico anticipado.

El coeficiente de escurrimiento seleccionado ($C = 0,70$) indica que la superficie es en su mayoría impermeable o semipermeable, una característica típica en áreas urbanas, lo que aumenta el volumen de escorrentía superficial. Las intensidades de lluvia contempladas para períodos de retorno de 25 y 50 años varían de 48,7 mm/h a 82 mm/h, reflejando un aumento proporcional en el escenario de mayor recurrencia, lo cual influye directamente en los caudales de diseño.

Los caudales máximos calculados, estos se encuentran en un rango de 0,027 m³/s a 0,1481 m³/s para el período de 50 años, con las mayores contribuciones provenientes de las subcuencas con áreas superiores a 1 hectárea (IDs 3, 6 y 8). Es notable que el canal izquierdo concentra la mayor cantidad de tramos y caudales significativos, lo que indica una mayor necesidad hidráulica en esa región. En términos generales, el diseño presenta una coherencia técnica entre área, pendiente, tiempo de concentración e intensidad de lluvia, garantizando un dimensionamiento apropiado del sistema pluvial frente a eventos de precipitación de mediana y alta recurrencia, lo que disminuye el riesgo de inundaciones y asegura la estabilidad hidráulica del proyecto.

5.3.1. Cálculo del estudio del análisis de agua pluvial software (Hcanales)

- **ÁREA 1. C. IZQUIERDO**

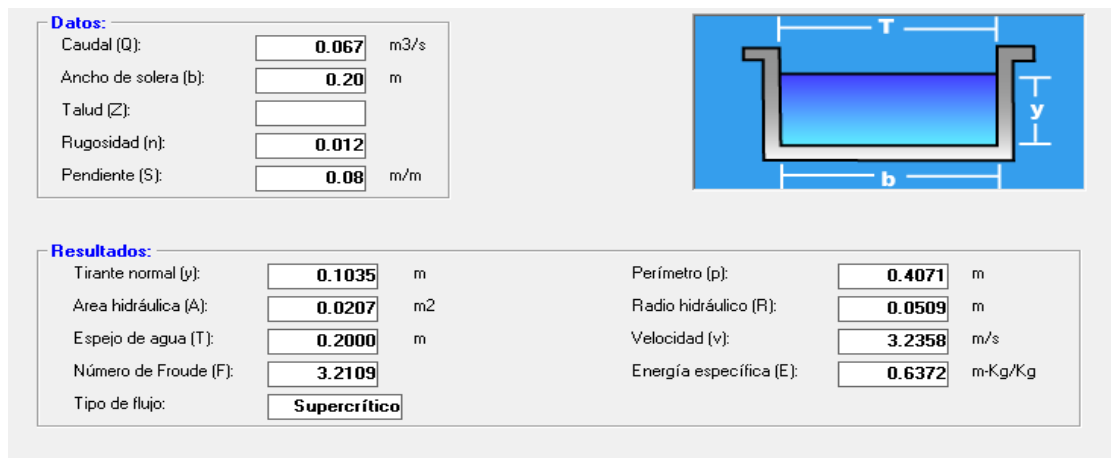


Gráfico 1 Evaluación del canal pluvial del área 1. izquierdo

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

En el gráfico 1, se identifica el Área 1 del canal izquierdo ilustra el funcionamiento inicial del sistema de drenaje pluvial en uno de sus tramos fundamentales. Al examinarla, se evidencia que esta zona actúa como un punto crucial de captación, donde el flujo comienza a concentrarse. Según la inclinación y la forma hidráulica que se presenta, podemos discernir si el caudal se mantiene dentro de los límites diseñados o si hay signos de acumulación o sobrecarga. Este tramo es vital, puesto que cualquier fallo en su capacidad de drenaje puede provocar represamientos que afecten las áreas adyacentes. Desde una perspectiva técnica, la imagen nos permite valorar la eficacia hidráulica inicial y la regularidad del flujo.

- **ÁREA 1+2 C. IZQUIERDO**

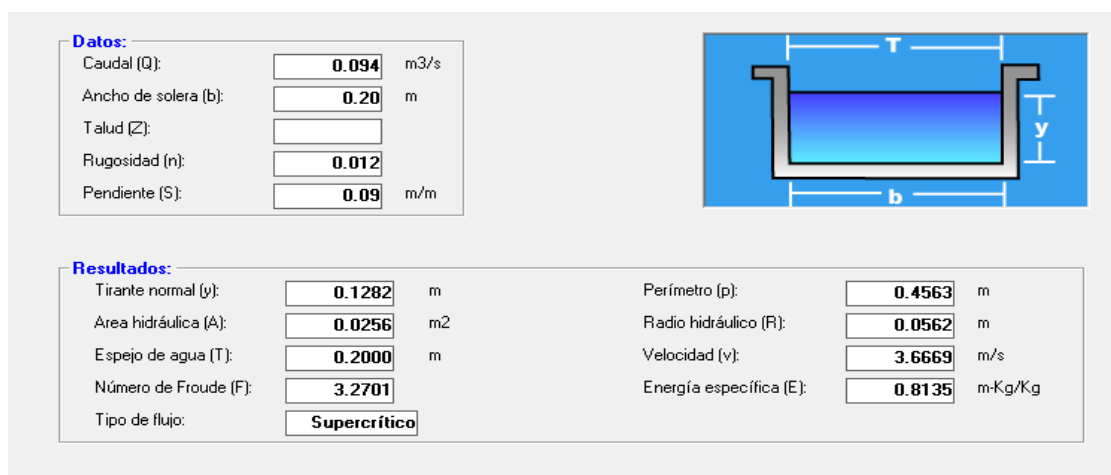


Gráfico 2 Evaluación del canal pluvial área 1 + 2 izquierdo

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

En la gráfica 2, se evidencia la visualización del área 1+2 revela un incremento en el volumen de escorrentía, debido a la adición de aportes superficiales extras. Al analizar esta dinámica, se puede observar cómo el sistema reacciona ante la combinación de caudales, lo que facilita identificar si la sección del canal preserva su capacidad hidráulica o si está alcanzando un nivel crítico. Si el gráfico muestra un aumento notable en las alturas o velocidades, podríamos considerarlo como una zona susceptible a la erosión o desbordamientos. Este tramo representa un punto de transición donde se examina la continuidad operativa del sistema pluvial.

- **ÁREA 3 C. DERECHA**

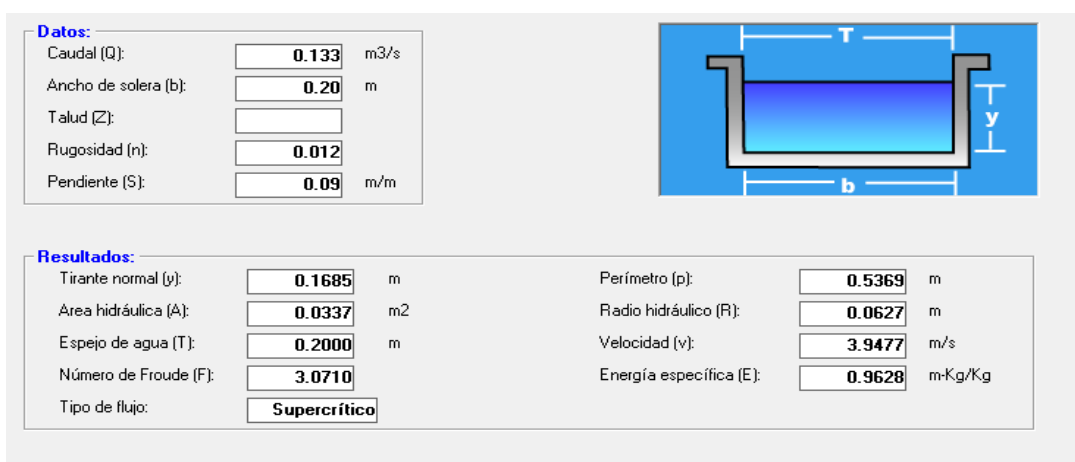


Gráfico 3 Evaluación del canal pluvial área 3 derecha
Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

En la gráfica 3, se observa el área 3 del canal derecho, la representación gráfica exhibe un comportamiento autónomo en comparación con el lado izquierdo, lo que nos brinda la oportunidad de notar simetrías o diferencias estructurales. El análisis indica que este sector podría estar recibiendo aportes distintos, lo que afecta el patrón de flujo. Si observamos cambios bruscos, estos podrían estar vinculados a alteraciones en la inclinación, bloqueos o modificaciones en la forma hidráulica. Este punto es crucial para evaluar el equilibrio operativo del sistema.

• ÁREA 4 C. IZQUIERDO

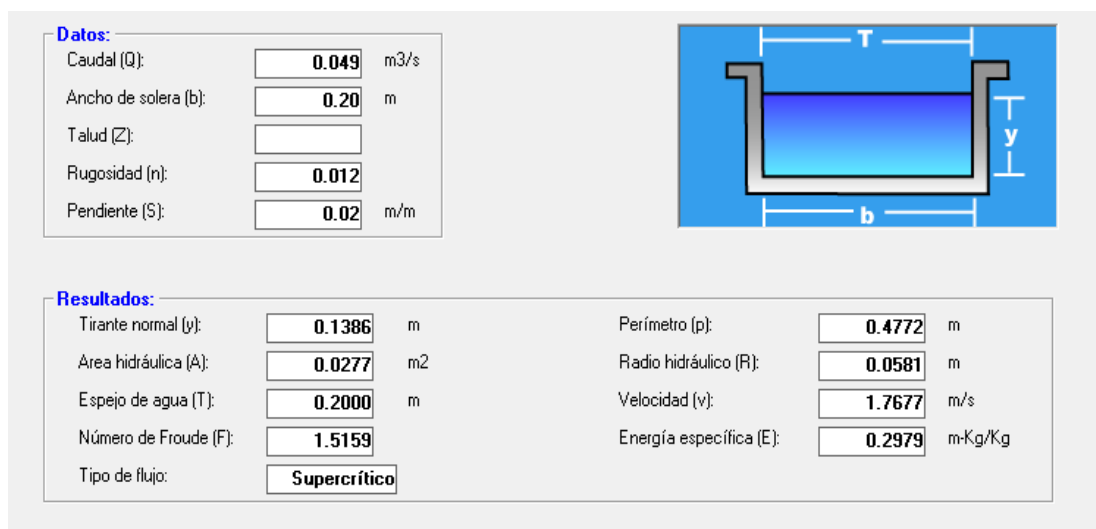


Gráfico 4 Evaluación del canal pluvial área 4. Izquierdo

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

En la gráfica 4, se observa la representación del área 4 muestra una parte intermedia del canal izquierdo, donde el sistema podría alcanzar una estabilización o un aumento progresivo en el caudal acumulado. Desde una perspectiva interpretativa, esta área nos ofrece la oportunidad de examinar la efectividad del drenaje bajo condiciones promedio del flujo hidráulico. Si las cifras presentadas permanecen constantes, eso sugeriría que la capacidad estructural es adecuada; en contraste, si se observan cambios significativos, podría indicar problemas en el diseño o en el mantenimiento.

• ÁREA 5 C. DERECHA

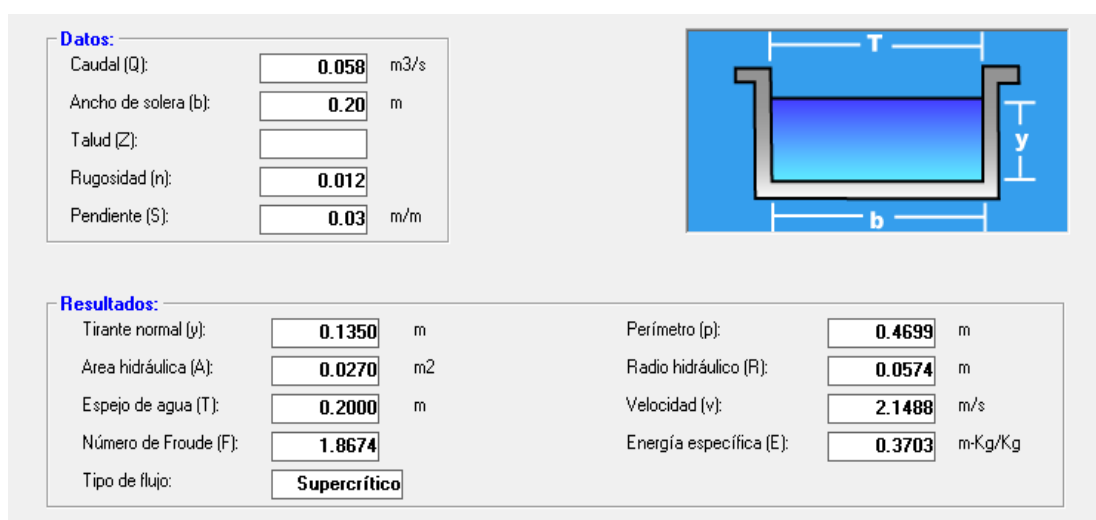


Gráfico 5 Evaluación del canal pluvial área 5 derecha

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

En la gráfica 5, se observa el área 5 del canal derecho presenta un segmento en el que el comportamiento hidráulico puede verse afectado por la geografía y el agua superficial acumulada. Este análisis facilita la identificación de si existe una alineación entre el diseño previsto y el rendimiento real del sistema. Este aspecto es fundamental para determinar si son necesarias ampliaciones o mejoras estructurales.

- **ÁREA 6 C. IZQUIERDO**

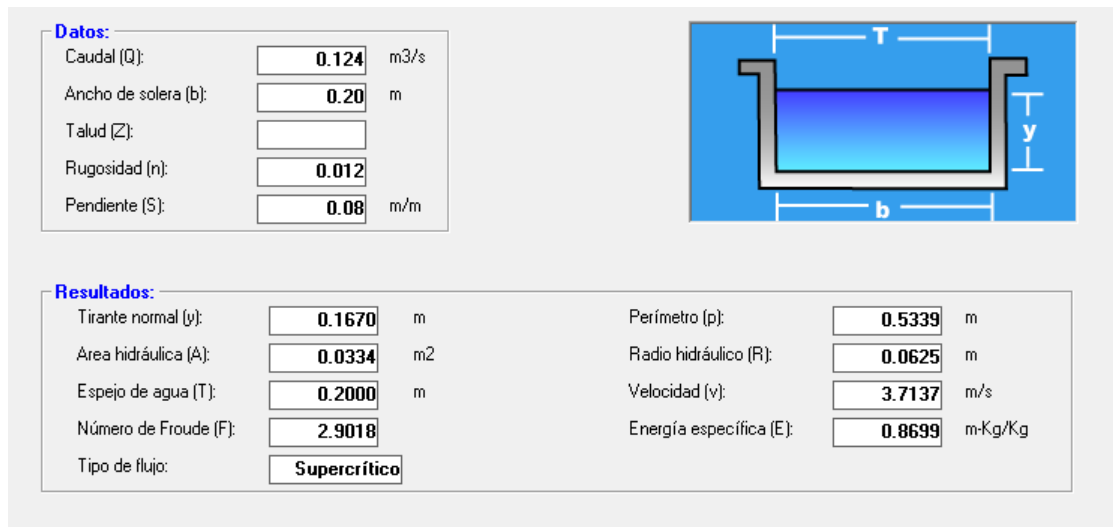


Gráfico 6 Evaluación del canal pluvial área 6 izquierdo

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

En la gráfica 6, se evidencia el área 6 del canal izquierdo, la gráfica muestra la evolución del flujo en un tramo avanzado del sistema. Desde un enfoque analítico, esta sección permite evaluar la habilidad del canal para mantener la estabilidad hidráulica tras recibir múltiples aportes. Si las cifras representadas alcanzan niveles críticos, podría considerarse como un punto débil frente a eventos de lluvias intensas.

- **ÁREA 5+ 7 C. DERECHA**

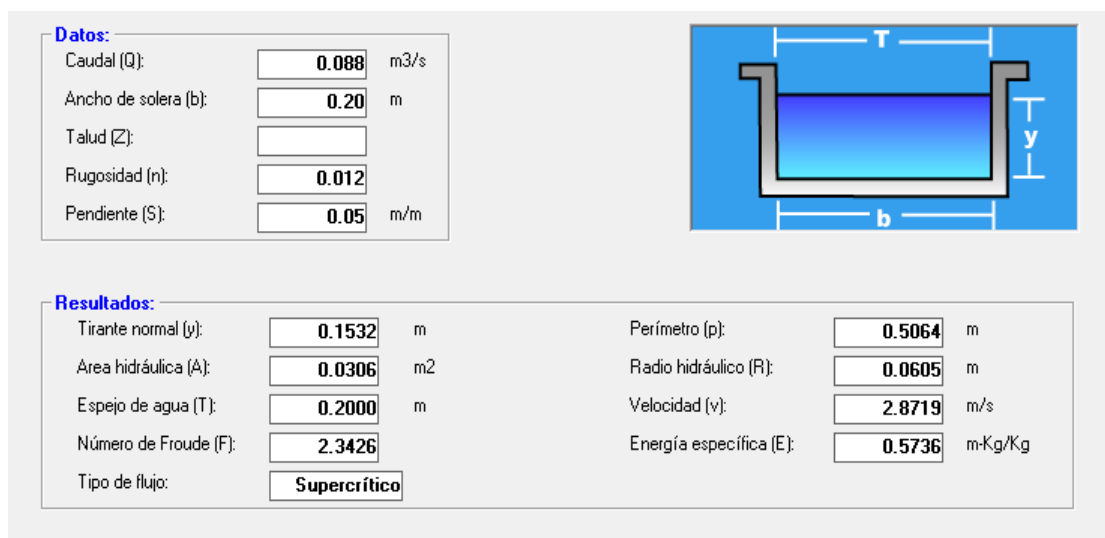


Gráfico 7 Evaluación del canal pluvial área 5 +7 derecha

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

En la gráfica 7, se observa la fusión de las áreas 5 y 7 en el canal derecho ilustra un punto de confluencia de los caudales. Desde el análisis hidráulico, esta gráfica nos ayuda a examinar cómo interactúa el flujo combinado y a determinar si la sección del canal puede manejar adecuadamente el volumen resultante. Este tipo de conexión es esencial en sistemas de drenaje pluvial, ya que a menudo se convierte en áreas vulnerables a la saturación o a un incremento de velocidad que puede afectar la estabilidad estructural.

- **ÁREA 6+ 8 C. IZQUIERDO**

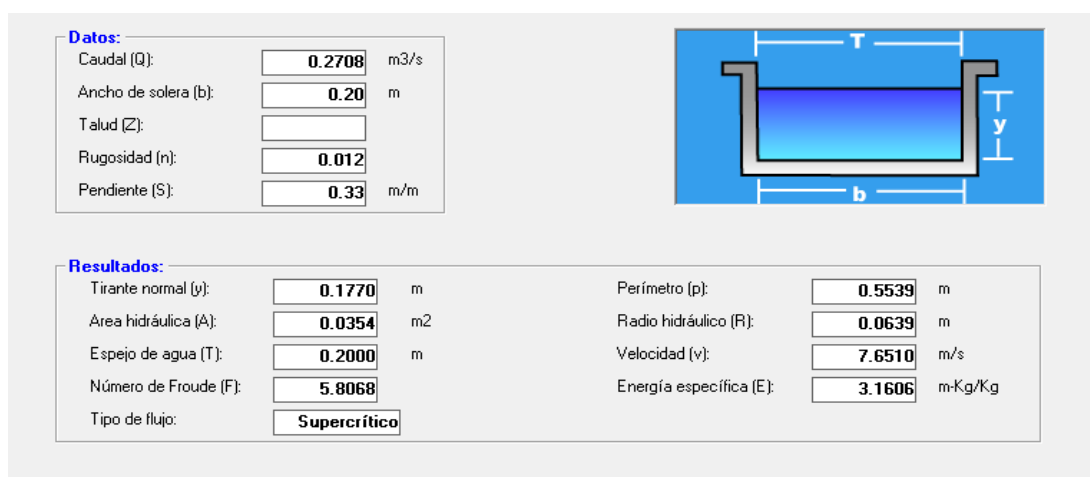


Gráfico 8 Evaluación del canal pluvial área 6+8 Izquierdo

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

La representación a la gráfica 8, se observa que abarca las áreas 6 y 8 indica un incremento en el flujo del canal izquierdo. Desde una perspectiva interpretativa, este

momento señala una etapa avanzada en el proceso hidráulico, donde se pone a prueba la efectividad del diseño ante volúmenes de agua más altos. El examen permite determinar si el sistema sostiene un funcionamiento subcrítico estable o si comienza a encontrar condiciones de sobrecargo.

- **ÁREA 6+ 8+9 C. IZQUIERDO**

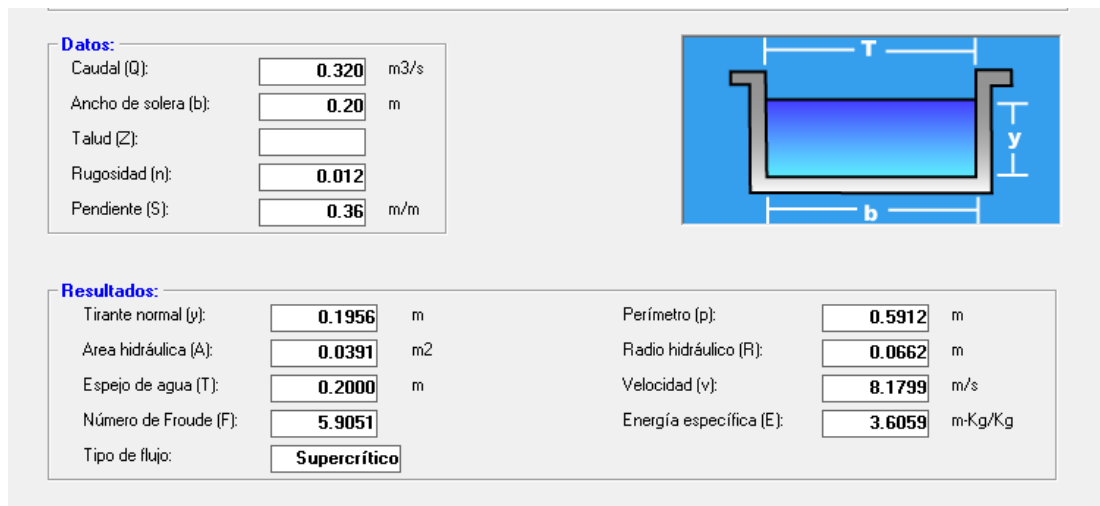


Gráfico 9 Evaluación del canal pluvial áreas 6 +8 +9 izquierdo

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

En el gráfico 9, se identifica que combina las áreas 6, 8 y 9 muestra el comportamiento general de la sección final del canal izquierdo, en donde el aspecto es clave para analizar la capacidad total del sistema justo antes de la descarga final. Si los datos presentados se mantienen dentro de los límites normativos y de diseño hidráulico, se puede concluir que el sistema está efectivamente evacuando. Sin embargo, aumentos notables podrían señalar la necesidad de redimensionar o de poner en marcha medidas adicionales para el control del agua de lluvia.

5.3. Modelación alcantarillado sanitario software (SEWERCAD)

El estudio de los resultados obtenidos a través del modelado hidráulico utilizando el programa SEWERCAD nos brinda la oportunidad de analizar el comportamiento técnico y operativo de las secciones de la red de alcantarillado sanitario que van desde el PZ-2 hasta el punto de descarga final. La simulación considera diversos factores, como las elevaciones de la tapa y del invertido, la longitud de los segmentos, la inclinación, el flujo, la velocidad, la fuerza centrífuga, el diámetro, el material y el coeficiente de rugosidad de Manning. Todo esto nos proporciona una evaluación exhaustiva del rendimiento del sistema que se está diseñando.

Tabla 33*Evaluación de los tramos de la tubería*

Pozo Final	Cota Tapa Inicial (m)	Cota Tapa Final (m)	Cota Invert Inicial (m)	Cota Invert Final (m)	Longitud (m)	Pendiente (%)	Caudal (L/s)	Traccion Tractiva (kg/m²)	Material	Diametro (mm)	Manning's n	Velocidad (m/s)	Relleno (m)
PZ-2	2718,24	2712,56	2717,04	2711,36	63,2	8,993	0,481	0,496	PVC	200	0,009	1,05	1
PZ-3	2712,56	2711,3	2711,36	2710,1	14,2	8,907	0,481	0,492	PVC	200	0,009	1,05	1
PZ-4	2711,3	2709,5	2710,1	2708,3	21,7	8,269	0,685	0,55	PVC	200	0,009	1,13	1
PZ-5	2709,5	2708,19	2708,3	2705,8	35,4	7,064	0,685	0,487	PVC	200	0,009	1,07	1,59
PZ-6	2708,19	2705,6	2705,8	2704,4	35,4	3,96	2,255	0,535	PVC	200	0,009	1,25	1,59
PZ-7	2705,6	2706,5	2704,4	2703,82	43,7	1,326	2,255	0,229	PVC	200	0,009	0,85	1,74
PZ-8	2706,5	2707,4	2703,82	2703,1	61,2	1,177	2,255	0,208	PVC	200	0,009	0,82	3,29
PZ-9	2707,4	2706,3	2703,1	2702,55	55	0,992	2,255	0,183	PVC	200	0,009	0,77	3,82
PZ-10	2706,3	2705,03	2702,55	2702,06	50,1	0,979	3,057	0,207	PVC	200	0,009	0,84	3,16
PZ-11	2705,03	2703,41	2702,06	2701,33	89,2	0,825	3,746	0,198	PVC	200	0,009	0,84	2,32
PZ-12	2703,41	2704,08	2701,33	2700,74	100	0,592	5,615	0,183	PVC	200	0,009	0,84	2,51
PZ-13	2704,08	2704,51	2700,74	2700,39	59	0,592	5,615	0,183	PVC	200	0,009	0,84	3,53
PZ-14	2704,51	2704	2700,39	2699,91	100	0,479	7,324	0,173	PVC	200	0,009	0,84	3,91
DESCARGA	2704	2702,5	2699,91	2699,5	91,5	0,444	8,336	0,172	PVC	200	0,009	0,85	3,35

Analís e interpretación

En la tabla 33, conlleva analizar evaluación de los tramos de la tubería en donde los resultados del diseño del sistema de drenaje pluvial evidencian un comportamiento hidráulico que se manifiesta tanto de manera estable como en un progreso constante a lo largo de los 14 tramos evaluados. La utilización de tuberías de PVC de 200 mm, con un coeficiente de rugosidad de Manning $n = 0,009$, ha facilitado la consecución de velocidades que oscilan entre 0,77 m/s y 1,25 m/s, cumpliendo así con los criterios de autolimpieza y monitoreo de sedimentación. Por otro lado, las pendientes longitudinales, que varían desde un 8,993% en los primeros tramos hasta un 0,444% en el punto de descarga, evidencian una adecuada adaptación a la topografía natural, lo que garantiza un transporte eficiente del caudal, sin ocasionar erosión ni generar situaciones de flujo crítico incontroladas.

La modificación permitió que las velocidades se mantuvieran dentro de un rango adecuado de 0,77 m/s a 1,25 m/s, asegurando condiciones idóneas para la autolimpieza sin poner en peligro la erosión interna de la tubería. La continuidad de la velocidad en las secciones intermedias y finales indica que el sistema es capaz de dispersar la energía hidráulica de forma progresiva, evitando situaciones críticas.

En lo que respecta a la capacidad hidráulica, el sistema demuestra una adecuada conducción del caudal, que incrementa de 0,481 L/s a 8,336 L/s en el tramo de descarga, conservando tracciones compatibles con la estabilidad del material y la estructura de la tubería. La relación equilibrada entre la pendiente, la velocidad y el esfuerzo cortante valida que el diseño cumple con los parámetros técnicos fundamentales para un sistema pluvial que sea operativo, eficiente y sostenible, asegurando un drenaje eficaz, reduciendo el riesgo de inundaciones y garantizando un rendimiento adecuado a largo plazo.

El equilibrio entre la inclinación, el flujo, la velocidad y el esfuerzo hidráulico apoya la efectividad del diseño sugerido, garantizando un funcionamiento estable y sustentable frente a los eventos de lluvia considerados en el análisis.

Tabla 34*Evaluación métricas de los pozos*

Pozos	Cota Tapa (m)	Cota Invert (m)	Altura del Pozo (m)	Caudal Total (L/s)	X (m)	Y (m)	Z(m)
PZ-1	2718,24	2717,04	1,2	0,465	765308,22	9888192,21	2718,24
PZ-2	2712,56	2711,36	1,2	0,481	765245,68	9888201	2712,56
PZ-3	2711,3	2710,1	1,2	0,678	765237,42	9888212,56	2711,3
PZ-4	2709,5	2708,3	1,2	0,685	765242,85	9888233,57	2709,5
PZ-5	2708,19	2705,8	2,39	2,202	765266,38	9888260,01	2708,19
PZ-6	2705,6	2704,4	1,2	2,255	765277,22	9888293,66	2705,6
PZ-7	2706,5	2703,82	2,68	2,255	765310,57	9888321,97	2706,5
PZ-8	2707,4	2703,1	4,3	2,255	765344,21	9888373,04	2707,4
PZ-9	2706,3	2702,55	3,75	3,029	765367,22	9888423	2706,3
PZ-10	2705,03	2702,06	2,97	3,722	765379,72	9888471,55	2705,03
PZ-11	2703,41	2701,33	2,08	5,551	765378,96	9888560,79	2703,41
PZ-12	2704,08	2700,74	3,34	5,615	765340,45	9888653,07	2704,08
PZ-13	2704,51	2700,39	4,12	7,266	765310,53	9888703,93	2704,51
PZ-14	2704	2699,91	4,09	8,301	765251,08	9888784,34	2704
Descarga	2702,5	2699,5	3	8,33	765197,57	9888858,58	2702,5

Análisis e interpretación

En la tabla 34, se identifica que el estudio de los pozos dentro del sistema de drenaje pluvial nos proporciona una visión completa sobre el comportamiento hidráulico de la red y su adaptación a la forma del terreno. Se observa una caída constante en la cota invertida, que desciende de 2717,04 m en el PZ-1 a 2699,50 m en el punto de descarga, lo que indica una pendiente que sigue el curso natural del agua.

Las altitudes de las tapas están vinculadas directamente a la elevación del terreno (Z), lo que respalda la armonía entre el diseño hidráulico y la configuración del paisaje, en donde las conexiones garantizan el funcionamiento del sistema gracias a la gravedad, evitando presiones excesivas y asegurando un flujo continuo entre las diferentes estructuras.

Respecto a la profundidad de los pozos, hay notables diferencias a lo largo del recorrido, con profundidades que varían desde 1,20 m en los primeros tramos hasta más de 4,00 m en las zonas intermedias y finales (PZ-8, PZ-13 y PZ-14). En donde las mayores profundidades son fundamentales para mantener la pendiente hidráulica adecuada y gestionar el aumento progresivo de los caudales, que oscilan desde 0,465 L/s al principio hasta 8,33 L/s en la descarga.

El aumento gradual del caudal total indica que los aportes superficiales están siendo correctamente integrados en cada segmento, mientras que la disposición espacial de las coordenadas X-Y, evidencia una alineación uniforme del eje del colector, evitando alteraciones drásticas que podrían poner en riesgo la estabilidad estructural. En resumen, los datos analizados muestran una correspondencia entre la elevación, la profundidad y la capacidad hidráulica, validando de manera técnica el diseño del sistema y su operatividad frente a los caudales de diseño requeridos.

- **Topografía**

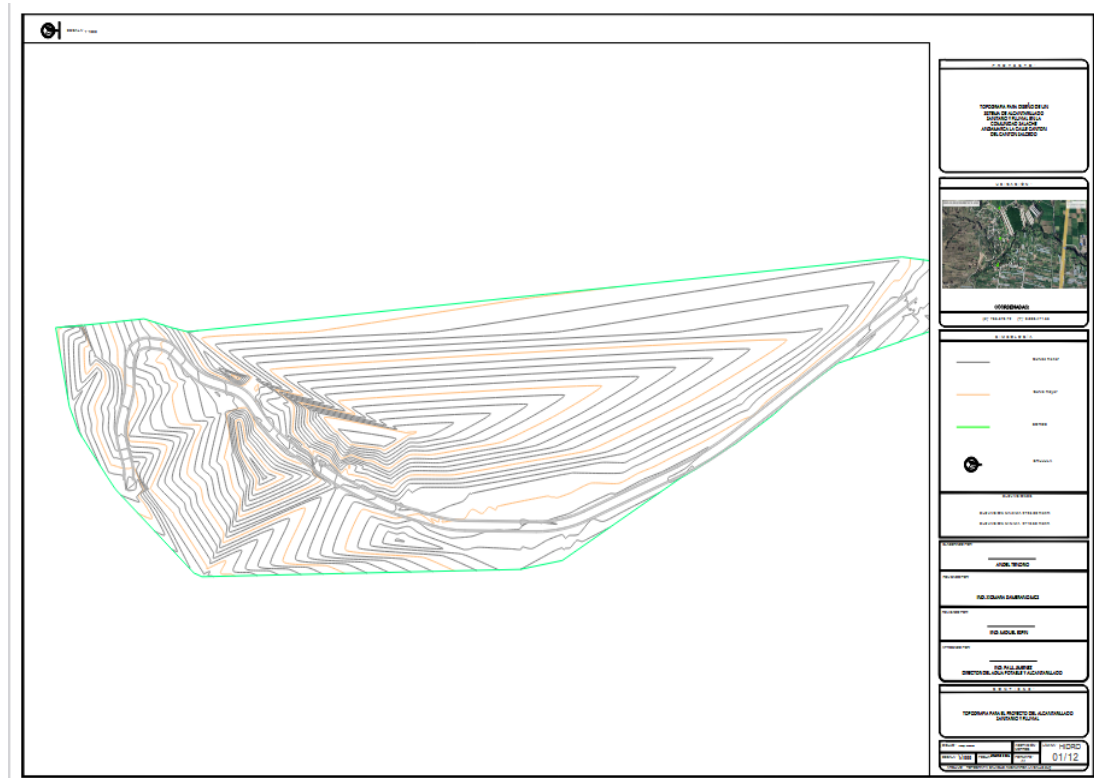


Figura 13. Desarrollo de la topografía en el programa

En la figura 13 de topografía representa la base geométrica empleada para estructurar la modelación hidráulica del sistema de drenaje sanitario. Esta figura permite, de manera analítica, entender los cambios de elevación, las inclinaciones naturales del terreno y las posibles áreas depresivas que afectan el diseño de las tuberías. Integrar la topografía de manera adecuada en SEWERCAD garantiza que el flujo se desplace por gravedad, optimizando las pendientes mínimas y evitando retrocesos. Este gráfico es una herramienta técnica fundamental para comprobar que las líneas piezométricas y las rasantes hidráulicas coincidan con la realidad del terreno.

- **Área de aportación para el alcantarillado sanitario**

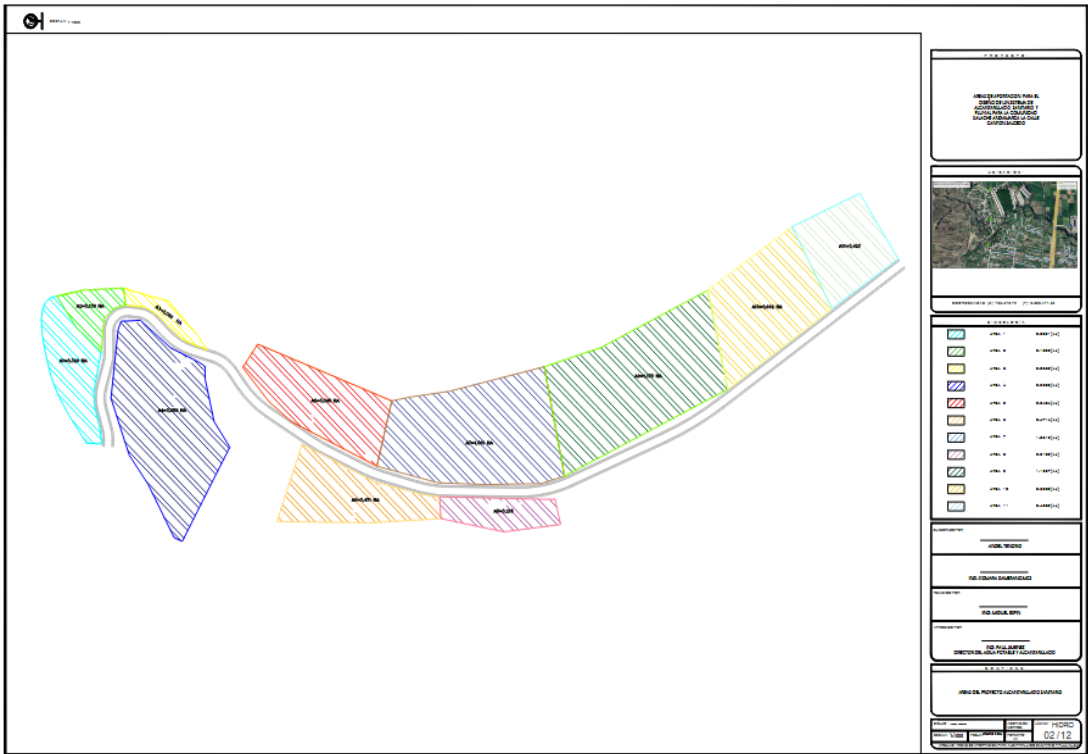


Figura 14. Área de aportación para el alcantarillado sanitario y pluvial

En la figura 14, se visualiza las áreas de aportación donde se muestra las superficies que alimentan el sistema sanitario y pluvial. Desde un punto de vista técnico, este gráfico es crucial para establecer los caudales de diseño, ya que considera aspectos como la densidad de la población, las dotaciones y los coeficientes de escorrentía. Una correcta interpretación de estas áreas asegura que la estimación del caudal máximo por hora sea consistente con las condiciones del proyecto. Además, ayuda a identificar regiones críticas donde se produce un mayor volumen de aguas residuales y posibles sobrecargas en situaciones combinadas.

- **Red de alcantarillado sanitario**

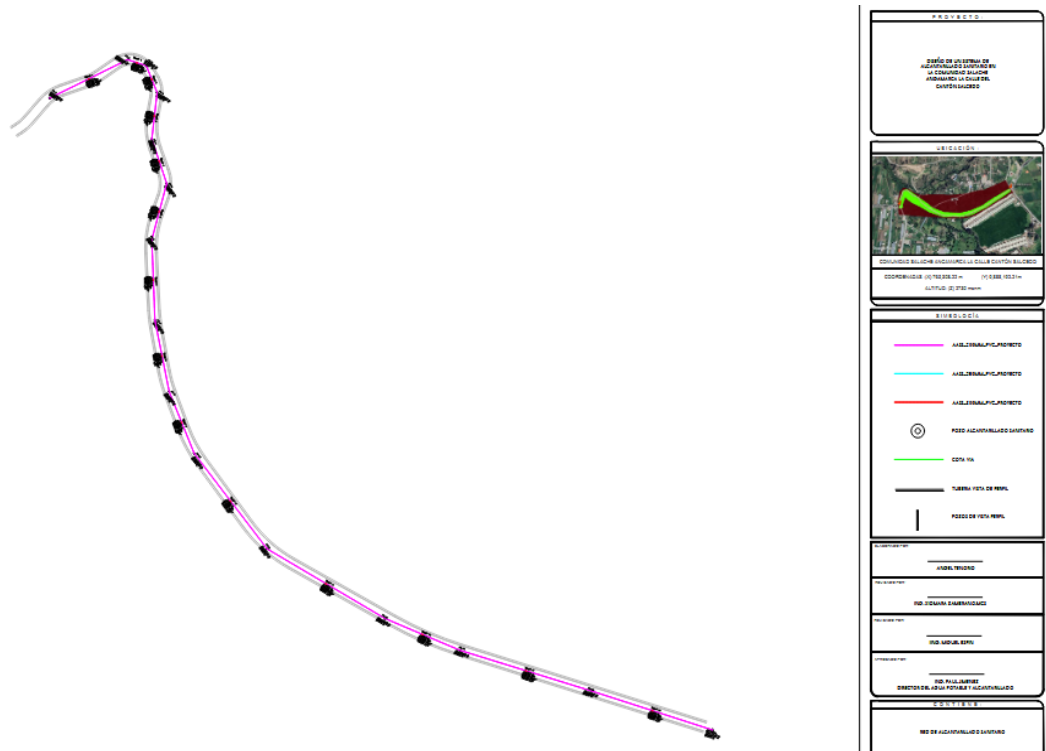


Figura 15. Desarrollo de la red de alcantarillado sanitario

En la figura 15, muestra la disposición general de la red modelada, incluidas las intersecciones, los pozos de inspección y las secciones de tubería. Desde un análisis, permite evaluar la conectividad del sistema, la priorización de los colectores principales y secundarios, y la dirección del flujo. Su análisis facilita la verificación de que el diseño respete criterios técnicos como las pendientes mínimas, las profundidades adecuadas y la continuidad hidráulica. También ayuda a identificar lugares clave donde podría haber acumulación o un aumento de presión interna.

- Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 1 al tramo 4

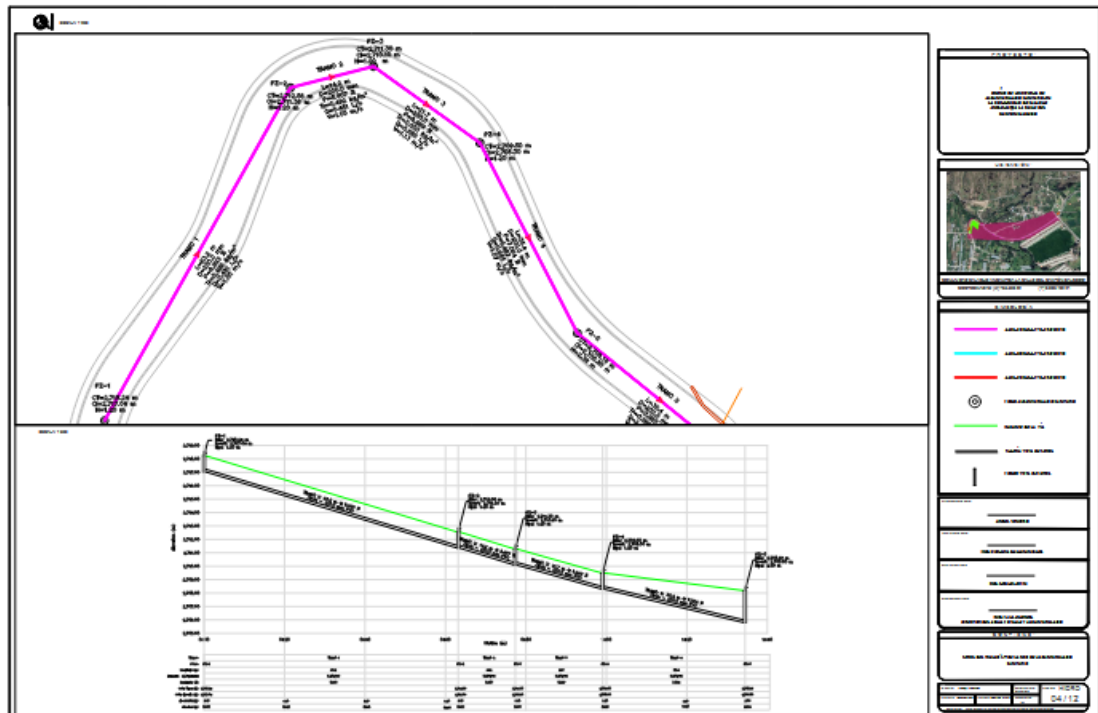


Figura 16. Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 1 al tramo 4

En la figura 16, se evidencia el primer grupo de tramos, se analiza el comportamiento del flujo en la parte superior de la red, en donde del punto de vista interpretativo, estos tramos reciben aportes primarios, lo que implica que los caudales suelen ser menores en comparación con las secciones que están más abajo. En el estudio permite validar que las velocidades permanecen en rangos auto limpiantes, previniendo así la acumulación de sedimentos, con referencia al aspecto del segmento es vital para asegurar el funcionamiento eficiente del sistema desde su inicio.

- Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 5 al tramo 6.

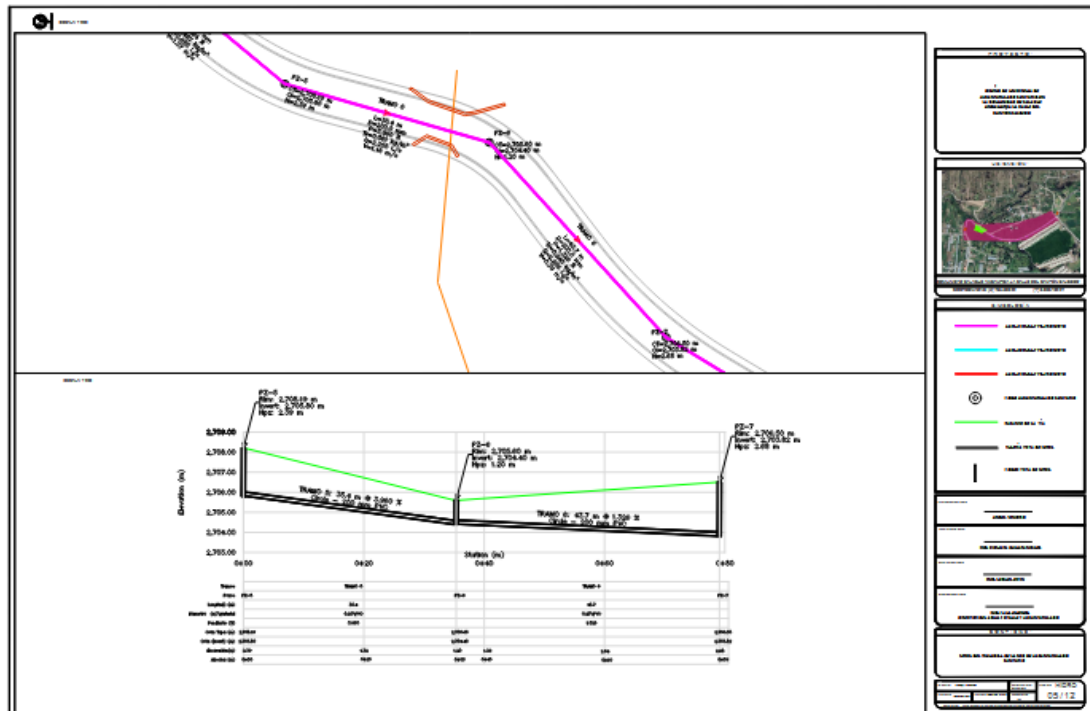


Figura 17. Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 5 al tramo 6

En la figura 17, se observa la sección intermedia, se aprecia un aumento gradual en el caudal debido a la incorporación de nuevas conexiones residenciales. Desde un análisis gráfico, se observa la evolución del tirante hidráulico, lo cual permite confirmar que la relación entre el diámetro y el caudal es la apropiada. Si el modelo señala niveles cercanos a la parte máxima de la tubería, podría considerarse como una situación de saturación parcial que requeriría modificaciones en el diseño.

- Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 7

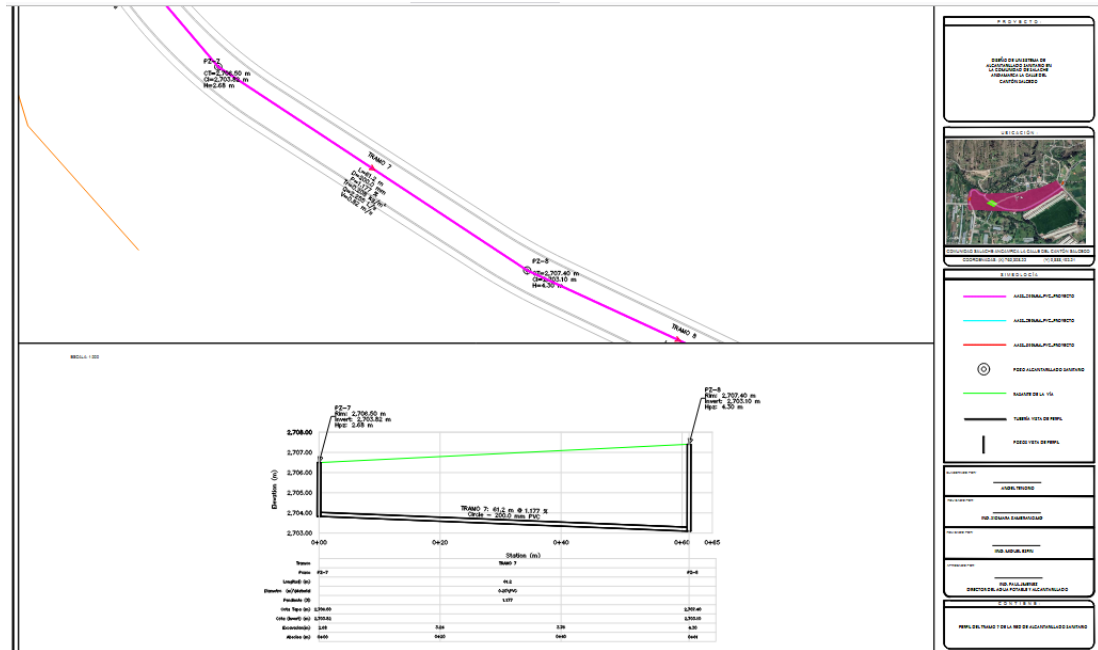


Figura 18. Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 7

En la figura 18, se indica el tramo de la zona de transición en el comportamiento hidráulico donde el sistema comienza a recibir mayores aportes. La interpretación técnica permite analizar la estabilidad del régimen de flujo (subcrítico en sistemas por gravedad) y asegurar que no existan pérdidas de carga excesivas. Además, el análisis verifica la consistencia entre la pendiente hidráulica y la topográfica.

- Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 8 al tramo 9

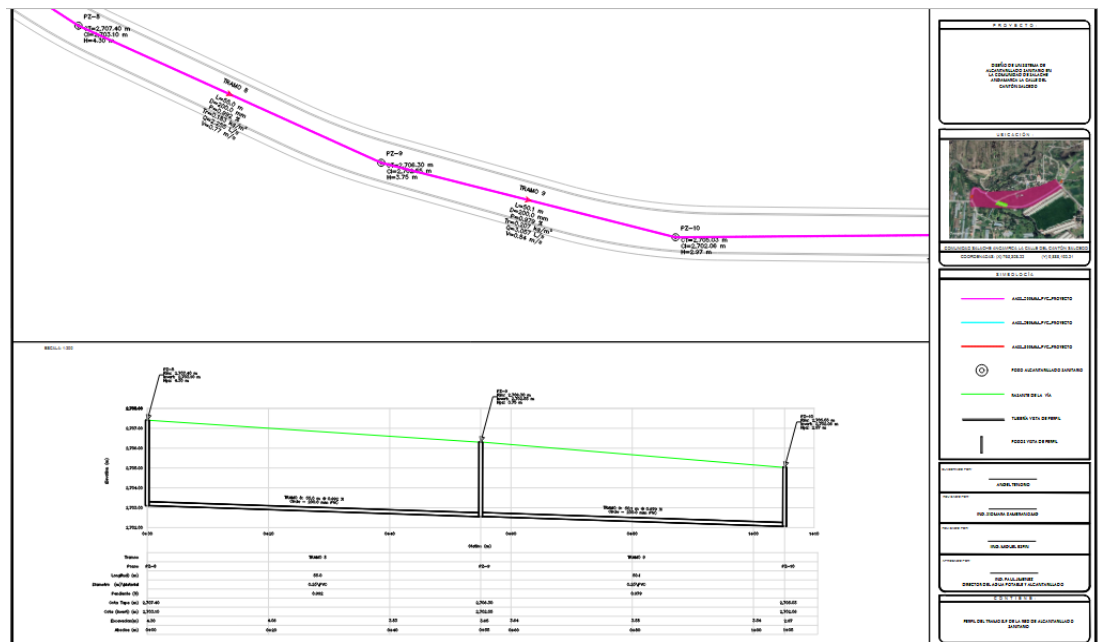


Figura 19. Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 8 al tramo 9

En la figura 19, se observa el segmento bajo el aumento considerable en el caudal total, característico de los colectores secundarios que se dirigen hacia un colector principal. Desde un punto de vista analítico, la gráfica ayuda a determinar si el sistema posee suficiente capacidad o si se aproxima a condiciones de flujo lleno. Este tramo es esencial para asegurar la seguridad hidráulica del sistema.

- **Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 10**

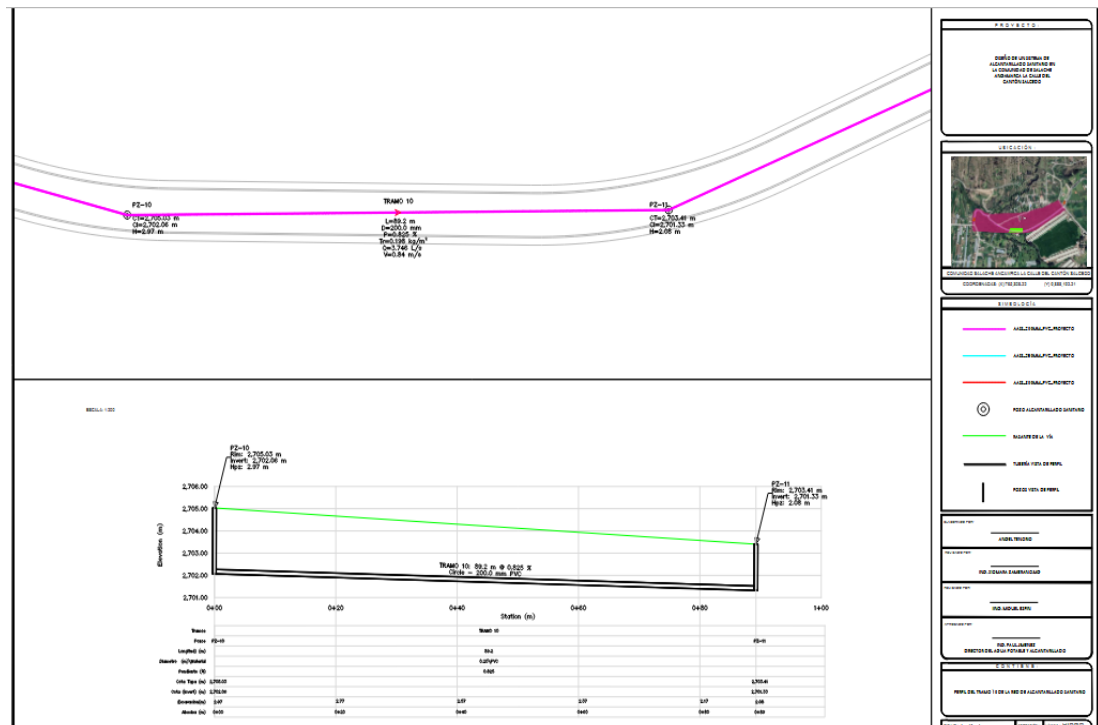


Figura 20. Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 10

En la figura 20, se establece un momento, de establecer el sistema ha alcanzado un nivel avanzado en la acumulación de aportes. Desde una perspectiva interpretativa, se examina la línea hidráulica y el comportamiento de los niveles en los pozos de inspección. La gráfica facilita la evaluación de la eficiencia estructural de este segmento y permite comprobar que no hay sobrepresiones o retrocesos en el flujo.

- Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 11

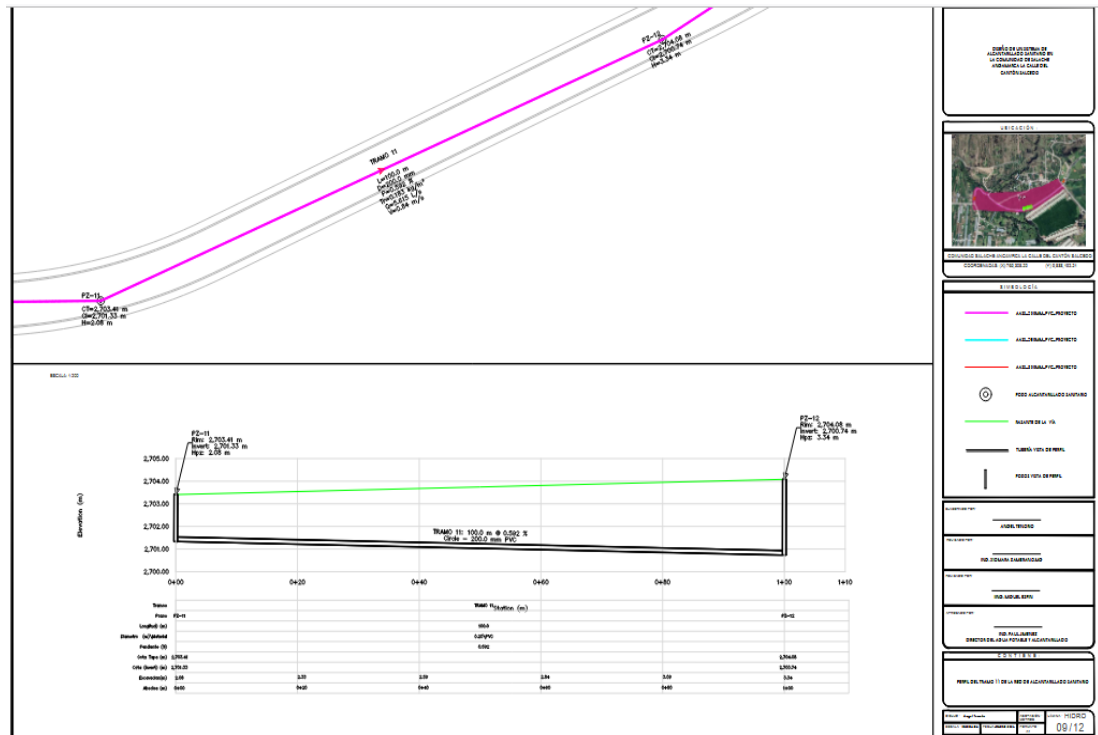


Figura 21. Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 11.

En la figura 21, en donde se indica en el segmento actúa como un colector cercano al final del sistema. El análisis verifica que el diámetro elegido pueda manejar el caudal máximo planificado, teniendo en cuenta el crecimiento de la población. Si los resultados de la modelación muestran estabilidad en las velocidades y niveles, se reafirma la capacidad adecuada para el transporte.

- Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 12

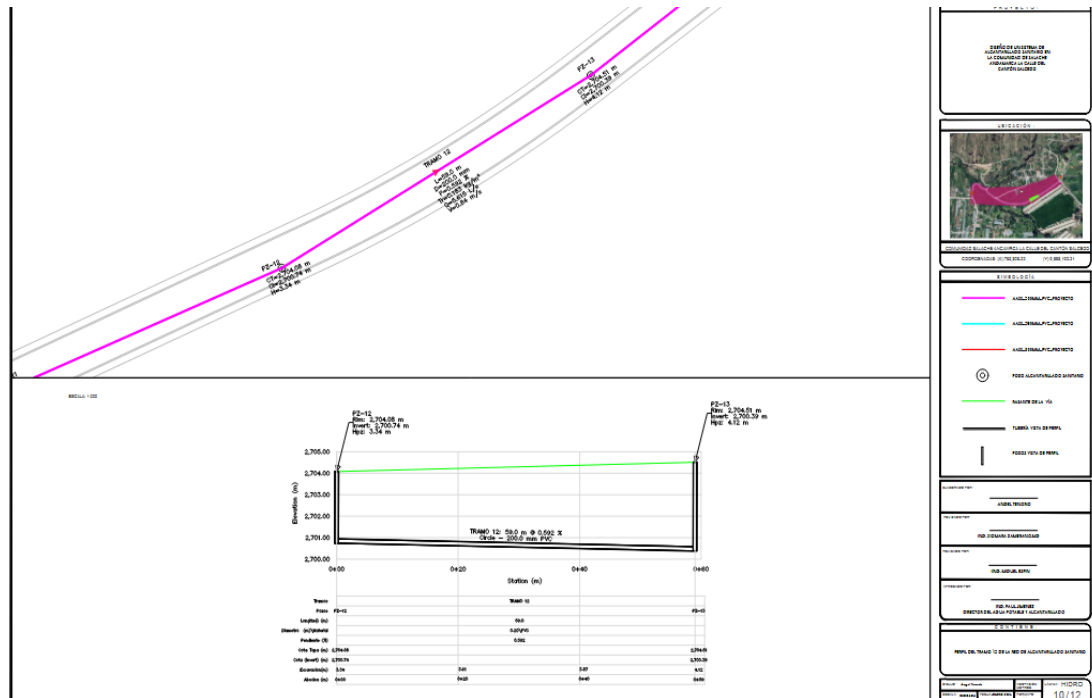


Figura 22. Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 12

En la figura 22, se establece en los tramos se integra casi todo el caudal del sistema de saneamiento, en donde la interpretación técnica se enfoca en comprobar la capacidad hidráulica final antes de llegar al punto de descarga o unión a un colector mayor. Es clave examinar las pérdidas de energía, la profundidad del flujo y la seguridad estructural.

- Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 13

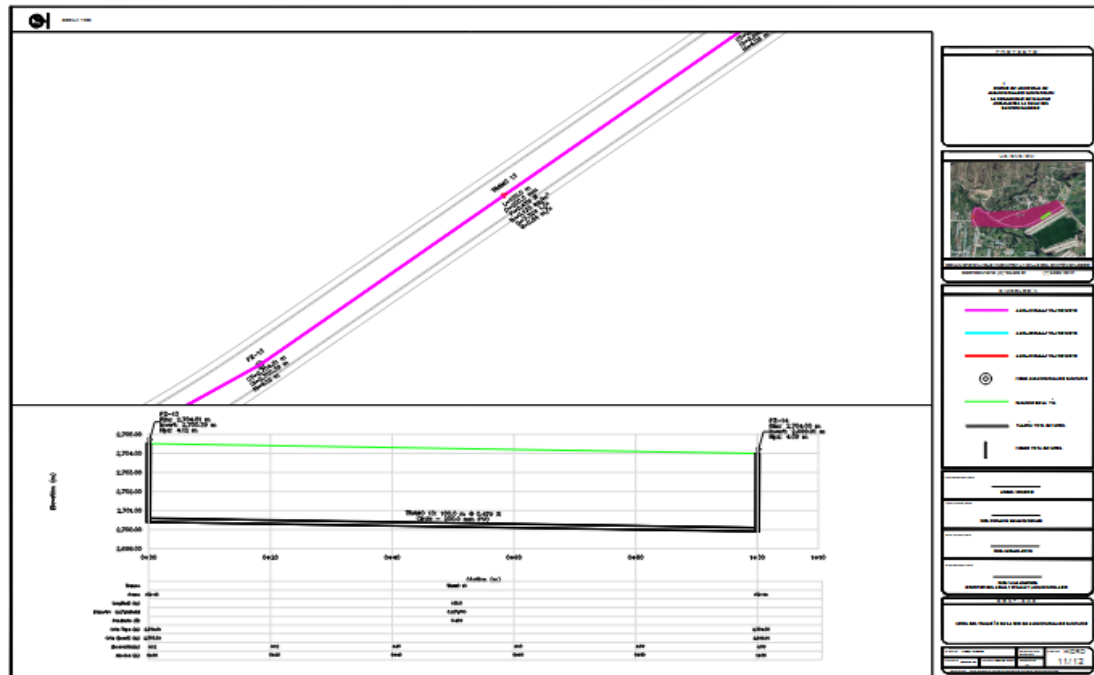


Figura 23. Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 13

En la figura 4.23, se destaca en los procesos del segmento puede considerarse como parte del colector principal o el tramo previo a la descarga final. Desde un análisis gráfico, se valida que el sistema no esté funcionando bajo condiciones de sobrecarga, y que el flujo se mantenga dentro de los parámetros normativos establecidos para el diseño de saneamiento.

- Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 14

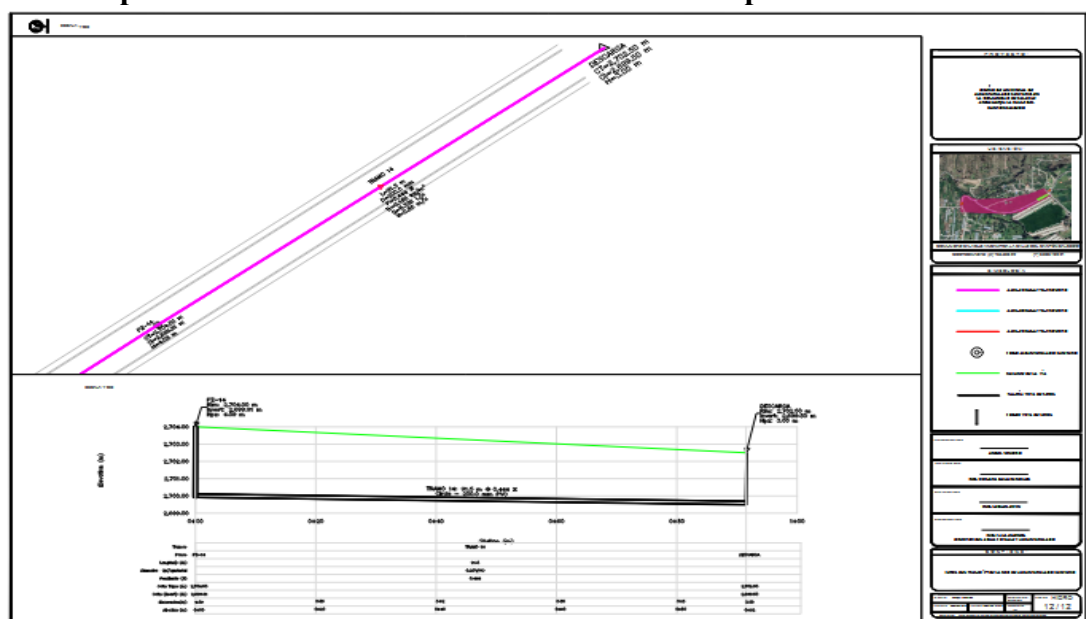


Figura 24. Aplicación de la red de alcantarillado sanitario por tramo 14

En la figura 24, se conlleva analizar el tramo 14 marca el punto final del sistema modelado, en donde las funciones del estudio analítico conllevan a ser esencial para evaluar la capacidad total del sistema de alcantarillado frente al caudal máximo horario y futuros escenarios. Si los resultados indican estabilidad hidráulica y ausencia de presiones críticas internas, se puede concluir que el diseño está alineado con los criterios técnicos de eficiencia, seguridad y sostenibilidad operativa.

5.4. Áreas de aportación de alcantarillado fluvial con el análisis de los caudales (AutoCAD Civil 3D)

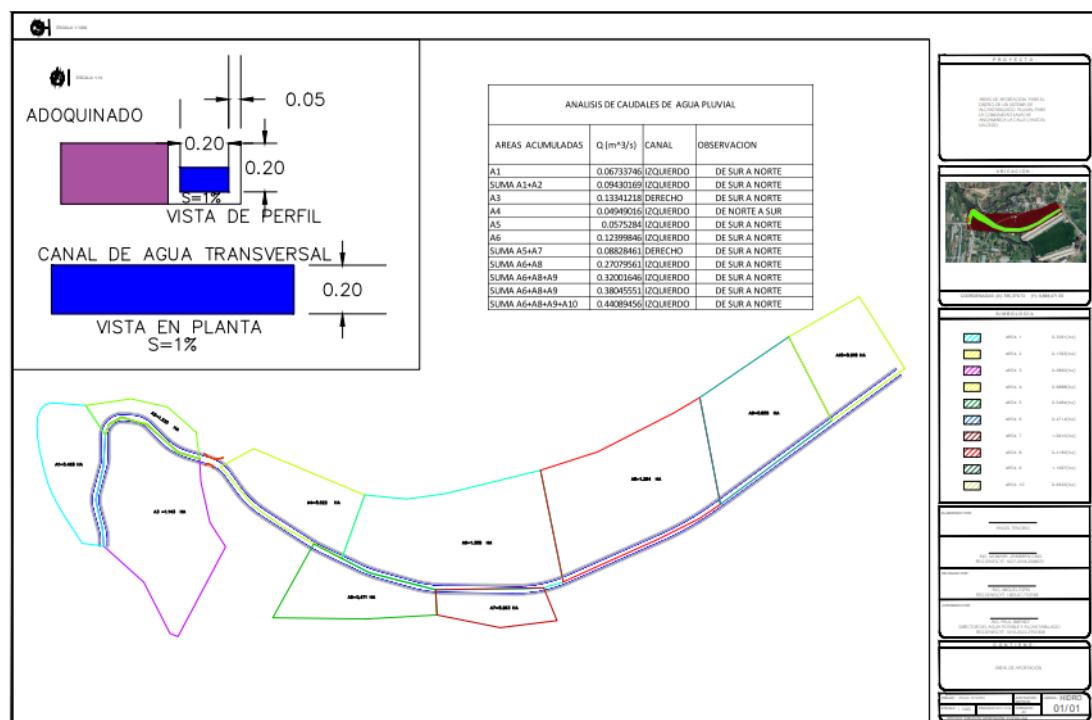


Figura 25. Áreas de aportación de alcantarillado fluvial con el análisis de los caudales

La Figura 25, ilustra cómo se definen las zonas que contribuyen al sistema de drenaje pluvial, así como un estudio de los caudales generados. Este es un elemento fundamental para comprender el funcionamiento del drenaje superficial que se ha diseñado. En la imagen, se observan las subcuencas en donde A1, A2, A3... A10; cada una resaltada en distintos colores, lo que facilita la visualización de su aporte, tanto individual como total, hacia el canal principal de recolección. En donde la segmentación ayuda a calcular los caudales de forma progresiva, considerando la dirección principal del flujo, que es de sur a norte.

En la parte superior central, hay una tabla que evalúa los caudales de agua de lluvia, donde se especifican los valores parciales y totales en m^3/s y se señala el canal receptor. Se observa un incremento gradual en el caudal a medida que se suman nuevas áreas de aporte, lo que evidencia el principio de acumulación hidráulica característico de los sistemas de drenaje superficial.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- El estudio logró realizar de forma completa el objetivo principal de desarrollar un sistema de drenaje sanitario y de lluvia para el cantón Salcedo, en la parroquia San Miguel, específicamente en la localidad de Salache Angamarca La Calle, con ello se concretó utilizando software SEWERCAD y Hcanales, mismos que son especializado en hidráulica, lo que dio lugar a una propuesta viable desde el punto de vista técnico que optimiza la recolección, transporte y disposición final de aguas residuales y de lluvia. Los hallazgos indican que el sistema diseñado se adapta adecuadamente al crecimiento poblacional proyectado (Pa) es de 402 habitantes durante el periodo de diseño, asegurando suficiente capacidad y un funcionamiento por gravedad, lo que mejora la eficiencia hidráulica y minimiza los costos operativos futuros.
- Se recopiló y examinó información sobre la demografía, hidrología e infraestructura existente en la zona de estudio, lo que permitió determinar la población futura para el diseño considerando el crecimiento poblacional (r) que se establece en 1,56 %, y con ello se utiliza el valor de $e = 2,7182818$, una constante matemática adimensional para un periodo de los 25 años además se identificar los caudales tanto sanitarios como pluviales y fijar parámetros técnicos esenciales para el dimensionamiento del sistema, a lo que se refiera a la base técnica facilitó la creación de un diseño que se alinea con las condiciones reales del entorno por ende se indica que el caudal sanitario fue calculado considerando la población futura de diseño 581 habitantes, una dotación de 75 L/hab·día y el respectivo coeficiente de aporte al sistema.
- Se realizó un levantamiento topográfico mediante técnicas geodésicas y herramientas de GPS, lo que permitió establecer con precisión las pendientes, elevaciones y trazados de las redes. En donde el estudio de la forma del territorio reveló que la altitud más elevada del terreno natural, ubicada en la zona alta del recorrido se encuentra sobre los 2.825 metros sobre el nivel del mar, mientras la altitud más baja, que se relaciona con el área de descarga, se encuentra en 2.795 metros sobre el nivel del mar. Esta variación en altitudes produce un desnivel total de cerca de 25 a 30 metros a lo largo de todo el

proyecto, lo que se convirtió en una ventaja técnica para el diseño del sistema de drenaje por ende de este modo, la estructura topográfica del área fue esencial para la eficiencia hidráulica, la operatividad efectiva y la viabilidad económica del sistema planificado.

- El diseño del sistema de drenaje sanitario y pluvial se estableció a través del uso de software hidráulico especializado, que facilitó modelar y verificar el comportamiento hidráulico de la red en donde la modelación del software se obtienen los resultados del modelamiento hidráulico, el caudal máximo acumulado en el tramo final de la red alcanza aproximadamente 8,33 L/s, valor que incluye aportes progresivos a lo largo de la red. Los resultados verificaron que los diámetros elegidos, las pendientes establecidas y las condiciones de descarga cumplen con los parámetros normativos, asegurando un flujo continuo, la ausencia de sobrecargas y la factibilidad técnica del proyecto.

6.2. Recomendaciones

- Es aconsejable realizar una introducción progresiva del sistema diseñado, comenzando por las áreas más críticas donde se presentan mayores inconvenientes en la evacuación de aguas residuales y de lluvia, donde se permitirá lograr un efecto positivo inmediato en la salud y el entorno de la comunidad.
- Es fundamental crear un plan de operación y mantenimiento preventivo que contemple limpieza periódica, revisión de pozos de inspección y supervisión de las conexiones de hogares, en donde se asegurará la longevidad del sistema y prevendrá problemas como bloqueos o filtraciones.
- Asimismo, se recomienda actualizar regularmente la información sobre la población y el crecimiento urbano de la zona para considerar posibles expansiones futuras, sobre todo si el aumento poblacional excede las estimaciones utilizadas en el diseño.
- Además, es aconsejable hacer una coordinación con el Gobierno Autónomo Descentralizado pertinente para garantizar que el sistema se incorpore de manera efectiva en la planificación del territorio y el medio ambiente del cantón Salcedo, fomentando la sostenibilidad, el control de vertidos y la protección de los cuerpos de agua.

- Se sugiere reforzar las acciones de educación comunitaria acerca del uso correcto del sistema de alcantarillado sanitario y la gestión apropiada de los residuos sólidos. Esto tiene como meta mantener la eficiencia hidráulica del sistema y contribuir a mejorar la calidad de vida de los residentes de Salache Angamarca La Calle.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] V. A. Molina, M. Pozo y J. C. Serrano, «AGUA, SANEAMIENTO e HIGIENE: Medición de los ODS en Ecuador,» ©UNICEF/ECU/2016/Arcos, 2018.
- [2] Unicef, «Acceso a Agua, Saneamiento e Higiene,» 12 Octubre 2024. [En línea]. Available: <https://www.unicef.org/ecuador/acceso-agua-saneamiento-e-higiene>. [Último acceso: 12 Diciembre 2025].
- [3] R. P. I. Chuico y R. G. I. Calle, «Diseño de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial de la urbanización privada Las Piñas ubicada en el cantón Milagro, sector Las Piñas»,» ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL , Guayaquil, 2019.
- [4] C. Terán, J. Argüello y C. Cando, «Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales,» de *Boletín Técnico No 05-2021-GAD Municipales*, Quito, Gestión de Agua Potable y Saneamiento, 2022, p. 230.
- [5] A. M. Lescano, «Ecuador es pródigo en ríos, pero los infecta con aguas no tratadas,» Youtopia, 14 Marzo 2025. [En línea]. Available: <https://youtopiaecuador.com/agua-residual-no-tratada-contaminacion-rios-ecuador/>. [Último acceso: 05 Diciembre 2025].
- [6] L. J. S. Ayala y V. J. P. Núñez, «Innovación Hídrica: tratamiento sostenible de aguas residuales para zonas rurales,» *Revista Siembra*, vol. 12, nº 4, pp. 1-14, 2025.
- [7] R. C. A. Castillo y R. T. V. Bustamante, DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PARA EL RECINTO CAJAPE, UBICADO EN EL CANTÓN

PALESTINA, Guayaquil-Ecuador: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, 2024.

- [8] J. N. Landín, «Ecuador: 50% del agua de las zonas rurales está contaminada,» 30 Julio 2024. [En línea]. Available: <https://www.vistazo.com/estilo-de-vida/sostenibilidad/ecuador-50-del-agua-de-las-zonas-rurales-esta-contaminada-GX7761484>.
- [9] G. E. C. Casco, E. J. A. Vargas and N. L. E. Guerrero, "Análisis de los Hechos Relevantes de Contaminación del Agua en Ecuador," *Sapiens Studies Journal (SSJ)*, vol. 2, no. 2, pp. 1-10, 2025.
- [10] E. G. Ibañez, «“ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA SUB CUENCA DEL RÍO SAN PABLO EN EL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI”,» Latacunga, Universidad Técnica de Cotopaxi, 2022.
- [11] S. E. A. Carrillo, «Fragmentaciones, manejo mancomunado, privatización, oligarquías, despojo a campesinos y fractalidades en un territorio semidesértico,» UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA, 2025.
- [12] «Impacto de las lluvias intensas en el sistema de drenaje urbano,» 07 Octubre 2025. [En línea]. Available: <https://teamb.com.mx/2025/10/07/impacto-de-las-lluvias-intensas-en-el-sistema-de-drenaje-urbano/>. [Último acceso: 11 Diciembre 2025].
- [13] ACI Corporation , «La solución a los problemas de drenaje de agua e inundaciones en la ciudad,» 11 Septiembre 2025. [En línea]. Available: <https://acicorporation.com/espanol/la-solucion-a-los-problemas-de-drenaje-de-agua-e-inundaciones-en-la-ciudad/>. [Último acceso: 11 Diciembre 2025].
- [14] B. Telwesa, «El impacto ambiental de las aguas residuales,» 13 Septiembre 2023. [En línea]. Available: <https://telwesa.com/impacto-ambiental-aguas-residuales/>. [Último acceso: 11 Diciembre 2025].
- [15] C. D. G. Murillo y A. D. M. Nieto, «Diseño del sistema depurador de la Urbanización “Vista al Parque”, kilómetro 8.5 vía Guayaquil-Samborondón,» Guayaquil, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2024, p. 123.

- [16] Secretaría del Agua, «NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL,» de *NORMA CO 10.7 - 602 - REVISIÓN*, 2019, p. 123.
- [17] UNESCO, «Unos 2500 millones de personas no tienen acceso a servicios de saneamiento adecuados,» 09 Junio 2015. [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/2015/06/unos-2500-millones-de-personas-no-tienen-acceso-a-servicios-de-saneamiento-adecuados/>.
- [18] UNICEF, «Costos asociados a servicios inadecuados de agua, saneamiento e higiene en el área rural del Ecuador,» 16 Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://www.unicef.org/ecuador/informes/costos-asociados-servicios-inadecuados-de-agua-saneamiento-e-higiene-en-el-%C3%A1rea-rural-del>.
- [19] P. R. A. Carreño, M. K. Castro y V. C. D. Salas, «Estudio y diseño de alcantarillado sanitario y pluvial en la comunidad las gradas, cantón Guaranda,» Espol, Guayaquil , 2021.
- [20] A. J. J. Martínez, «DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL PARA EL BARRIO OCTAVIO GARCÍA DEL CANTÓN SHUSHUFINDI PROVINCIA DE SUCUMBÍOS",» UTPL, Ecuador , 2024.
- [21] S. A. R. Zúñiga y C. N. R. Peralta, «Diseño del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, para mejorar la calidad de vida de la comunidad Vinchoa Central, parroquia Veintimilla, cantón Guaranda, provincia Bolívar,» Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil, Ambato, 2021.
- [22] Organización Mundial de la Salud (OMS), «Saneamiento,» 22 Marzo 2024. [En línea]. Available: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>.
- [23] Organización de las Naciones Unidas , «Objetivo 6: Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos,» 11 Octubre 2023. [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and->

sanitation/#:~:text=%C2%BFPor%20qu%C3%A9,cooperaci%C3%B3n%20transfronteriza%20sobre%20el%20agua..

- [24] UNICEF, «COSTOS ASOCIADOS A SERVICIOS INADECUADOS DE AGUA, SANEAMIENTO E HIGIENE EN EL ÁREA RURAL DEL ECUADOR,» MINISTERIO DEL AMBIENTE, AGUA Y TRANSICIÓN, 12 Enero 2020. [En línea]. Available: https://www.unicef.org/ecuador/media/11621/file/Ecuador_saneamiento_higiene.pdf.pdf?utm_source.
- [25] L. Hulatt y G. Freitas, «Funcionamiento del Alcantarillado Sanitario,» Studys Marter, 04 Septiembre 2024. [En línea]. Available: <https://www.studysmarter.es/resumenes/ingenieria/ingenieria-civil/alcantarillado-sanitario/>.
- [26] A. M. Estrada, «Drenajes sanitarios: conoce los diferentes tipos y su importancia en el saneamiento,» 6 Enero 2026. [En línea]. Available: <https://bibliotecaescolardigital.es/tipos-de-drenajes-sanitarios/>.
- [27] Y. E. Cabrera y L. R. A. Rubo, «DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL SECTOR PLAYAS DEL CARMEN DE LA PARROQUIA SININCAY DEL CANTÓN CUENCA,» n° UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, 2024.
- [28] Inlocrobotics, «Revoluciona la gestión de tu red de alcantarillado,» INLOC Robotics, 07 Julio 2025. [En línea]. Available: <https://sewdef.com/es/inicio>.
- [29] M. A. Rosen, «Sistemas hídricos sostenibles para la ciudad del mañana: un marco conceptual,» *Desarrollo Urbano Sostenible*, vol. 7, n° 9, pp. 12071-12105, 2015.
- [30] F. Calle y J. Calo, «NORMA TÉCNICA DE DRENAJE PLUVIAL, ALCANTARILLADO SANITARIO Y SEPARACIÓN DE CAUDALES PARA EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO,» *Gerencia Técnica de Infraestructura*, vol. 2, n° 1, p. 223, 2023.
- [31] V. M. J. Vera, M. J. M. Giler y A. K. A. Patiño, «Calidad del agua potable y funcionamiento de su red de distribución: un análisis de caso en Ecuador,» *Revista Ciencia UNEMI*, vol. 17, n° 46, pp. 34-59, 2024.

- [32] R. M. P., «Caudales muy variables en un sistema de alcantarillado,» *Modelación de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible*, 05 Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://www.iagua.es/noticias/flovac/caudales-muy-variables-sistema-alcantarillado>.
- [33] C. Coello, «Estudio de Impacto Ambiental del Tratamiento de aguas residuales de pozos sépticos, recolección transporte de y aguas residuales a Nivel Nacional.,» *FACILIDADES TÉCNICAS S.C.*, 2024, p. 88.
- [34] M. M. Flores, «Conceptos básicos del ciclo sobre el manejo de aguas residuales y pluviales: alcantarillado, captación, conducción, bombeo y tratamiento,» *Medio Ambiente de México*, 2022.
- [35] UNESCO, «Aqua-LAC: revista del Programa Hidrológico Internacional para América Latina y Caribe,» 05 Febrero 2024. [En línea]. Available: https://aqua-lac.org/index_php/Aqua-LAC/issue/view/33.
- [36] E. M. Alvarez, *Memoria Técnica Hidrosanitaria*, 23: Ingedwinortiz, 2023.
- [37] L. K. L. Torres, B. V. B. González, P. J. F. Montes and L. M. F. Peñaherrera, "Técnicas e Instrumentos de Evaluación como Herramienta para el Cumplimiento," *Polo del Conocimiento*, vol. 6, no. 12, pp. 776-785, 2021.
- [38] D. T. C. Orozco, «DISEÑO DE UN ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL PARA EL CENTRO PARROQUIAL QUIMIAG»,» *Riobamba - Ecuador*, UNACH, 2017, p. 123.
- [39] S. Bastida, «Qué es la topografía y para qué sirve- Definición y usos esenciales,» 17 Diciembre 2024. [En línea]. Available: <https://referentsolutions.com/que-es-topografia-para-que-sirve/>.
- [40] I. Rivera, C. León y D. Naverrido, «MANUAL DE DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO - MA-OED-003,» de *Interagua*, Guayaquil , Interagua, 2015, p. 234.
- [41] SANECOR, «Saneamiento, salud y protección del medioambiente,» *Connecting Waterpeople*, 12 Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://www.iagua.es/noticias/molecor/saneamiento-salud-y-proteccion-medioambiente>.

- [42] E. M. Arcos, «Tuberías para alcantarillado: la guía para tu proyecto de saneamiento,» *Plumbing and Sanitary Items used in Building Construction*, vol. 3, nº 1, p. 231, 2021.
- [43] R. D. V. Álvarez, «Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Latapamba, comunidad de Minas, de la parroquia Baños del cantón Cuenca,» vol. 11, Quito, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, 2024, p. 123.
- [44] E. Macías, «Tuberías de PVC para Agua: Características, Usos y Ventajas,» Quito , Mahecsa, 2025, p. 124.
- [45] Organización Panamericana de la Salud (OPS), GUÍAS PARA EL DISEÑO DE TECNOLOGÍAS DE ALCANTARILLADO, Lima: UNATSABAR, 2005.
- [46] M. A. Carión, «Guías Técnicas para el Diseño de Alcantarillado Sanitario y Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales»,» SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO , 2004, p. 123.
- [47] M. J. D. Palacios y D. J. A. Gutiérrez, «DISEÑO DE RED DE ALCANTARILLADO TIPO CONDOMINIAL DE TRES BARRIOS DEL DISTRITO SEIS DE MANAGUA,» Managua,, UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA, 2020.
- [48] R. D. Cacero, «Saneamiento y Alcantarillado/Gestión de Aguas Residuales.,» Escuela de la Organización Industrial , 2017.
- [49] EMASESA, «INSTRUCCIONES TÉCNICAS PARA REDES DE SANEAMIENTO,» Aprobado por el Consejo de Administración de EMASESA, 2017.
- [50] R. V. A. López y G. J. C. Medina, «ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLANTA DE TRATAMIENTO, EN LA CABECERA PARROQUIAL DE CACHA DEL CANTÓN RIOBAMBA PROVINCIA DE CHIMBORAZO»,» UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA , Quito , 2021.
- [51] Secretaria del Agua , «NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL,» Quito , 2016.

- [52] R. Czachorski, «Ecuación de Manning: Los detalles detrás de esta fórmula sumamente versátil,» 28 Marzo 2018. [En línea]. Available: https://h2ometrics-com.translate.google/manning-equation/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc.
- [53] GAD MUNICIPAL PICHINCHA,, «ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO,» 05 Noviembre 2024. [En línea]. Available: <https://www.compraspublicas.gob.ec/ProcesoContratacion/app/webroot/compr>.
- [54] Á. Rodríguez y D. Vinicio, «Diseño del sistema de alcantarillado sanitario para el barrio Latapamba, comunidad de Minas, de la parroquia Baños del cantón Cuenca,» vol. 4, n° 1, p. 123, 2024.
- [55] D. Neill and L. Cortez, Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica, MACHLA: Universidad técnica de machala, 2018.
- [56] F. Hurtado, Fundamentos Metodológicos de la Investigación: El Génesis del Nuevo Conocimiento, Instituto Universitario de las Américas y el Caribe, 2019.
- [57] C. Godoy, "Lo básico que hay que saber acerca de la Investigación Descriptiva," 13 Agosto 2022. [Online]. Available: <https://tesisdeceroa100.com/lo-basico-que-hay-que-saber-acerca-de-la-investigacion-descriptiva/>.
- [58] E. Londo, «Nuestro trabajo final será una ENTREVISTA, así que vamos a ver primero qué características tiene este género textual.,» <https://sites.google.com/site/entrevistaconelexperto/-que-es-una-entrevista>, 2021, p. 156.

8. ANEXOS

1. Número de personas en la vivienda

Tabla 35

Número de personas en la vivienda

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1	4	4,4	4,4	4,4
	2	10	11,0	11,0	15,4
	3	14	15,4	15,4	30,8
	4	28	30,8	30,8	61,5
	5	4	4,4	4,4	65,9
	6	17	18,7	18,7	84,6
	7	10	11,0	11,0	95,6
	8	4	4,4	4,4	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

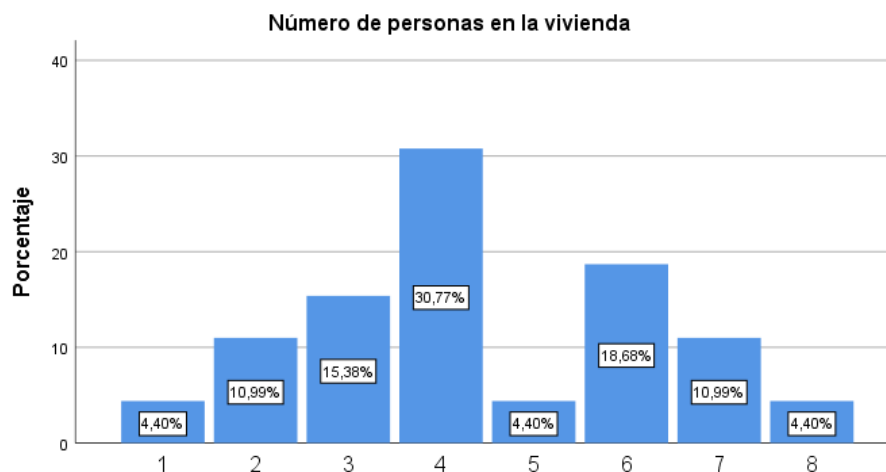


Gráfico 10 Número de personas en la vivienda

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El examen de la cantidad de individuos que residen en las casas del estudio revela una destacada concentración de familias compuestas por cuatro miembros, que constituyen el 30,8% del total, convirtiéndose en el grupo más numeroso. Seguidamente, se encuentran los hogares de seis personas, que representan un 18,7%, y los de tres miembros, con un 15,4%. En donde indica una tendencia hacia familias de tamaño intermedio a un poco más grande. Asimismo, las viviendas con dos y siete miembros tienen cada una un 11,0%, mientras que las casas unipersonales, junto con aquellas que albergan cinco y ocho personas, presentan una representación menor, con un 4,4%

en cada caso. En conjunto, estos hallazgos sugieren que la mayoría de los hogares analizados tienen entre cuatro y seis habitantes, lo cual es importante para comprender las dinámicas familiares y las condiciones socio habitacionales del entorno examinado.

2. Tiempo de permanencia en el Barrio

Tabla 36

Tiempo de permanencia en el Barrio

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1-5 años	23	25,3	25,3	25,3
	6-10 años	3	3,3	3,3	28,6
	10-20 años	13	14,3	14,3	42,9
	20-30 años	32	35,2	35,2	78,0
	30-60 años	20	22,0	22,0	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

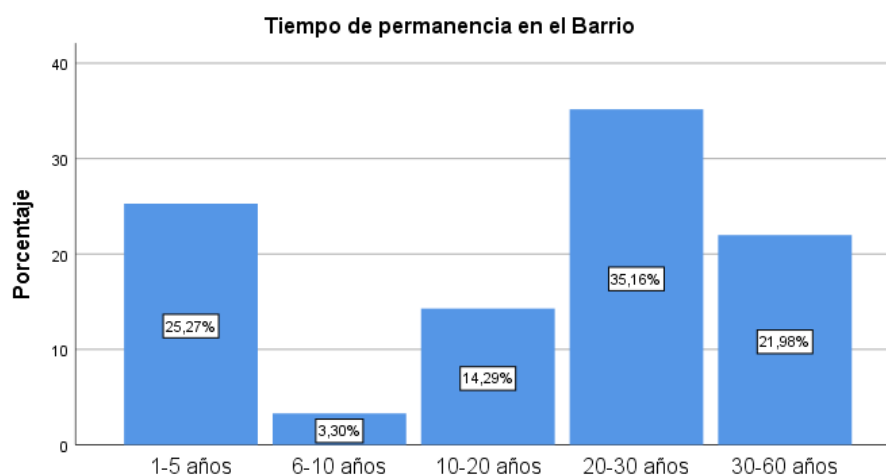


Gráfico 11 Tiempo de permanencia en el Barrio

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El estudio sobre el tiempo que las personas han estado en el vecindario revela que la mayoría de los residentes son jóvenes, en particular aquellos con edades entre 20 y 30 años, que constituyen un 35,2% del total. Esto sugiere un intenso sentido de pertenencia hacia la comunidad. En segundo lugar, se encuentran los individuos que han vivido aquí entre 30 y 60 años, quienes representan un 22,0%, lo que apoya la idea de que hay una buena cantidad de personas que han permanecido en el área durante mucho tiempo. También, un 25,3% de los encuestados indica que reside en el barrio desde hace entre 1 y 5 años, lo que implica la existencia de un grupo considerable de

nuevos vecinos. En menor proporción, vemos a aquellos que han vivido aquí entre 10 y 20 años 14,3% y entre 6 y 10 años 3,3 %. En conclusión, estos datos muestran una comunidad en su mayoría estable, donde la convivencia ha perdurado con el tiempo, aunque también se observa una incorporación gradual de nuevos habitantes.

3. Edades de los usuarios

Tabla 37

Edades de los usuarios

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Entre 5 y 10 años	7	7,7	7,7	7,7
	Entre 11 y 15 años	3	3,3	3,3	11,0
	Entre 16 y 20 años	43	47,3	47,3	58,2
	> 20	38	41,8	41,8	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

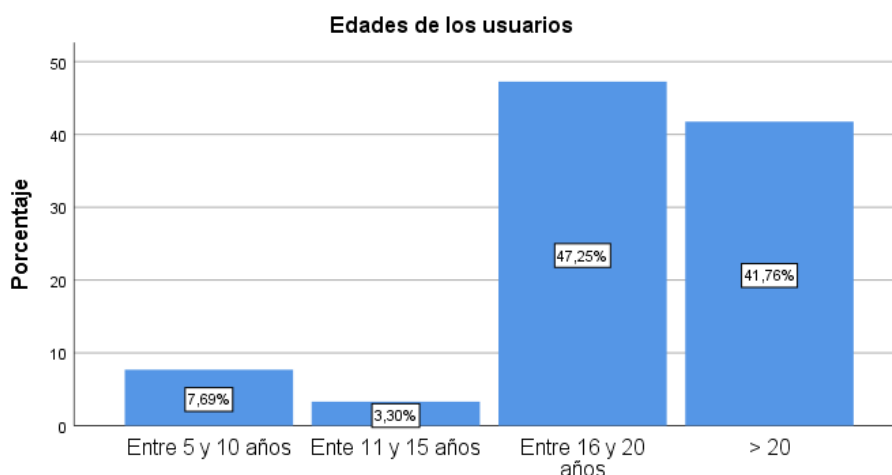


Gráfico 12 Edades de los usuarios

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El examen de las edades de los usuarios indica que la mayor parte se encuentra en las categorías de edad más elevadas, resaltando especialmente el grupo de 16 a 20 años, que abarca un 47,3% del total. Les siguen los usuarios que superan los 20 años, que representan un 41,8%, lo que evidencia una predominancia de jóvenes y adultos jóvenes en el contexto analizado. Por otro lado, los grupos de menor edad tienen una representación bastante baja: los usuarios de entre 5 y 10 años solo forman el 7,7%, mientras que los que están en el rango de 11 a 15 años apenas llegan al 3,3%. En

conjunto, estos hallazgos sugieren que el estudio se centra principalmente en adolescentes y jóvenes, lo cual es un aspecto esencial para comprender las dinámicas sociales y desarrollar estrategias que se adapten a sus características de edad.

4. Familiares con alguna discapacidad

Tabla 38

Familiares con alguna discapacidad

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	10	11,0	11,0	11,0
	No	81	89,0	89,0	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

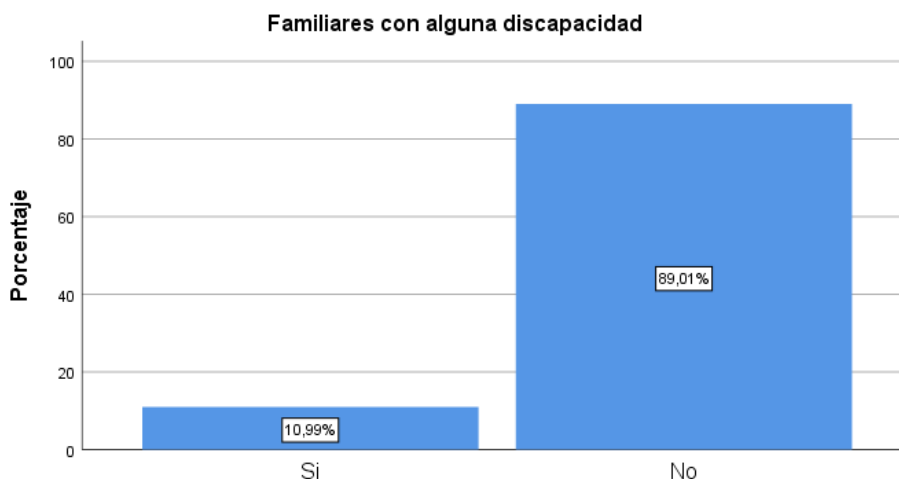


Gráfico 13 Familias con alguna discapacidad

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El examen de la existencia de familiares que padecen alguna discapacidad en los hogares consultados muestra que la mayoría de los encuestados, un 89,0%, afirmó no tener ningún familiar en esta condición. Esto implica que la frecuencia de discapacidad en el círculo familiar cercano del grupo examinado es relativamente baja. En donde, un 11,0% de los participantes indicó que hay al menos un familiar con discapacidad en su casa. Aunque este porcentaje es pequeño, resulta relevante para comprender las necesidades de apoyo y sociales que podrían aparecer en la comunidad estudiada.

5. Posesión de vivienda

Tabla 39

Posesión de vivienda

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Propia	69	75,8	75,8	75,8
	Alquilada	14	15,4	15,4	91,2
	Otro	8	8,8	8,8	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

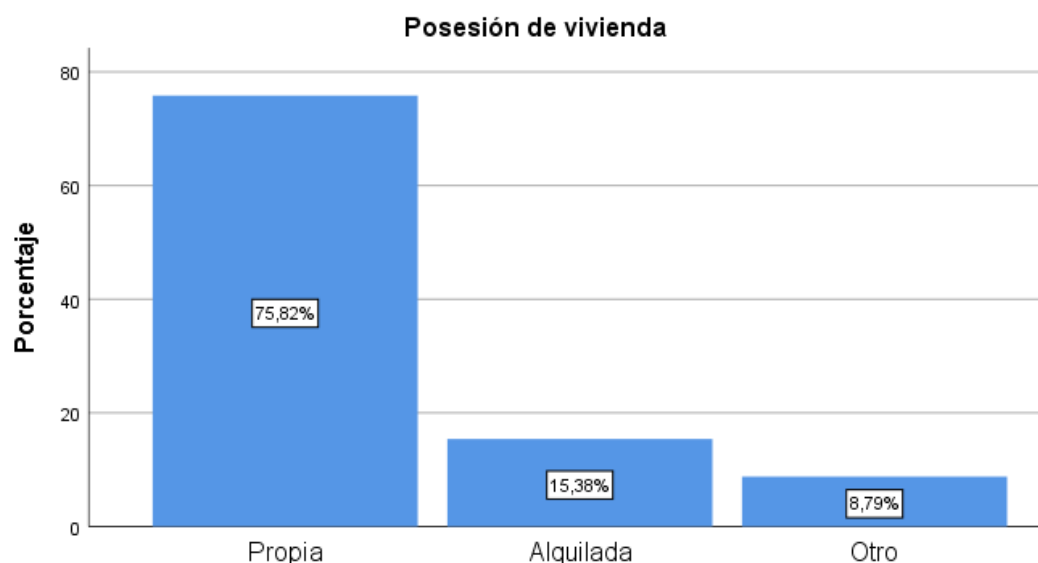


Gráfico 14 Posesión de vivienda

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El estudio sobre la tenencia de viviendas muestra que un 75,8% de los hogares que participaron en la encuesta son propietarios de sus residencias, lo que refleja un alto grado de estabilidad en la vivienda entre la población analizada. En contraste, un 15,4% de los encuestados reside en viviendas arrendadas, mientras que un 8,8% encaja en la categoría de otro, que podría abarcar diversas formas de ocupación. En conjunto, los resultados resaltan la preeminencia de la propiedad de viviendas, un factor fundamental para comprender las condiciones socioeconómicas y el nivel de integración de los hogares en el entorno estudiado.

6. Número de pisos

Tabla 40

Número de pisos

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1= de 1 piso	54	59,3	59,3	59,3
	2=de 2 pisos	34	37,4	37,4	96,7
	3= de 3 pisos	3	3,3	3,3	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

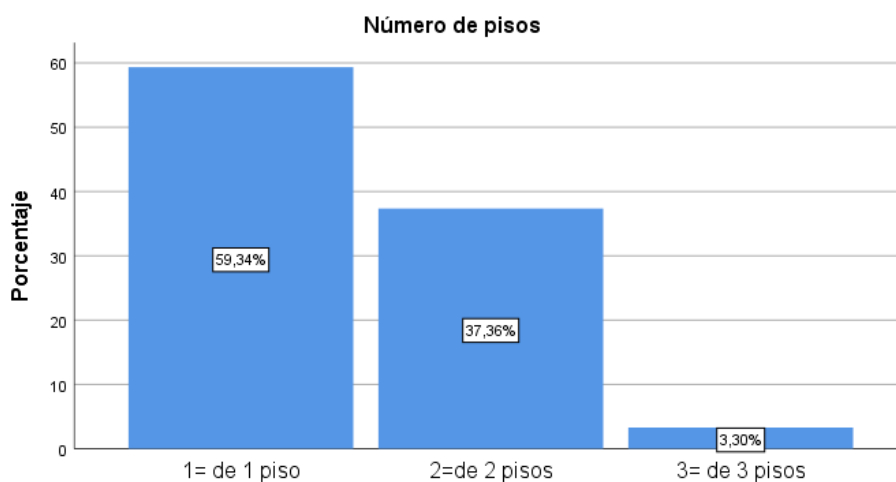


Gráfico 15 Número de pisos

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El estudio sobre la cantidad de niveles en las casas revela que la gran mayoría son estructuras de un solo nivel, representando el 59,3% del total, mostrando así un tipo de vivienda principalmente horizontal. En segundo lugar, se encuentran las casas de dos niveles, que constituyen el 37,4%, señalando una presencia notable de edificaciones de altura moderada. En contraste, las casas de tres niveles tienen una participación muy baja, llegando solo al 3,3%. En conjunto, estos hallazgos sugieren que la zona residencial evaluada se caracteriza fundamentalmente por viviendas de poca altura, lo que es coherente con un entorno urbano de densidad media a baja.

7. Estructura

Tabla 41

Estructura

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1=Hierro	25	27,5	27,5	27,5
	2=Ladrillo	8	8,8	8,8	36,3
	3=Bloque	55	60,4	60,4	96,7
	4=Mixto	3	3,3	3,3	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

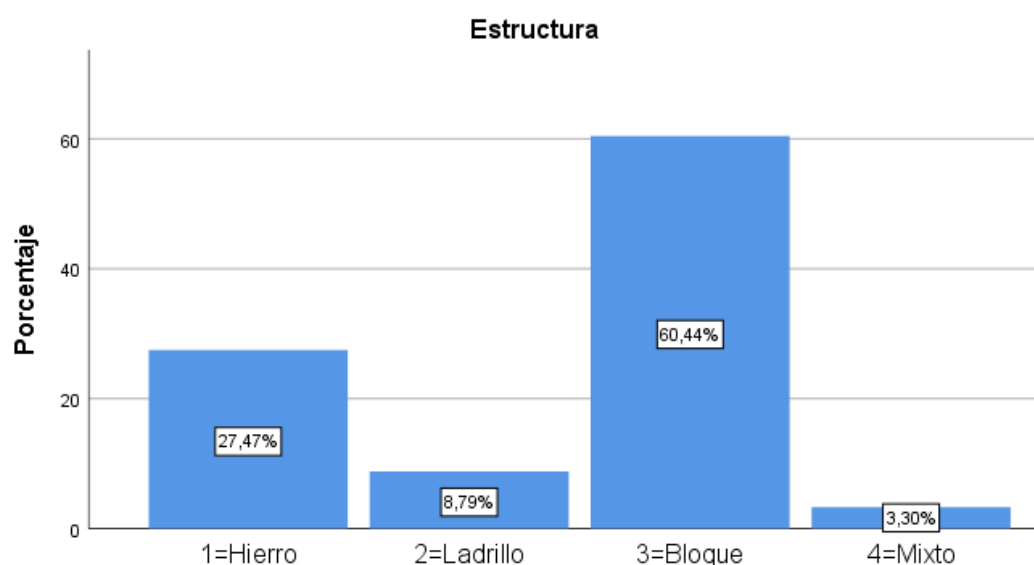


Gráfico 16 Estructura

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El estudio de la composición constructiva de las casas revela que el bloque es el material más común, utilizado en el 60,4% de los casos, lo que indica un estándar de construcción que está relacionado con una mayor durabilidad y resistencia. En segundo lugar, se hallan las viviendas con estructura de hierro, que constituyen el 27,5%, lo que refleja un uso significativo de materiales metálicos en las viviendas. En cuanto a las construcciones de ladrillo, estas alcanzan un 8,8%, mientras que los diseños mixtos tienen una representación más baja del 3,3%. En general, estos datos muestran una fuerte inclinación hacia materiales sólidos en la construcción de las viviendas, un elemento fundamental para valorar las condiciones de habitabilidad y la seguridad estructural de la zona analizada.

8. Paredes

Tabla 42

Paredes

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1=Hierro	9	9,9	9,9	9,9
	2=Ladrillo	5	5,5	5,5	15,4
	3=Bloque	72	79,1	79,1	94,5
	4=Mixto	5	5,5	5,5	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

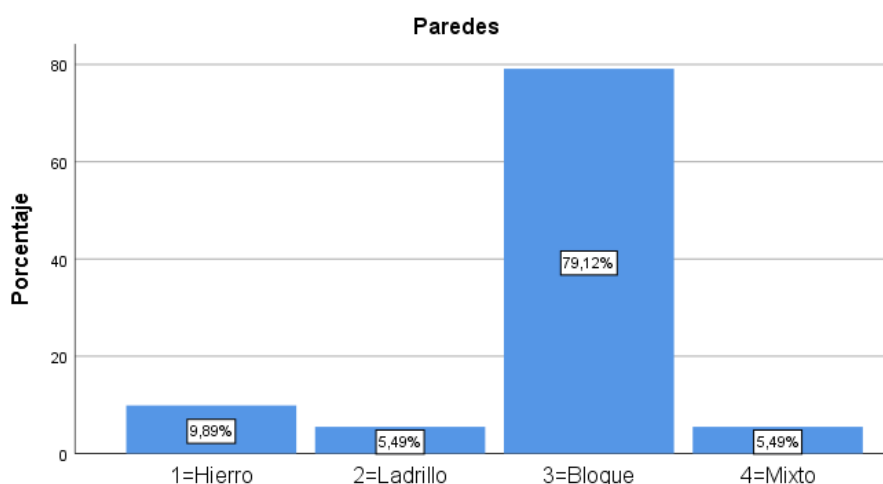


Gráfico 17 Paredes

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El examen de los materiales utilizados en las paredes de las casas revela que el bloque es el más común, presente en el 79,1% de los hogares analizados. Esto sugiere que las construcciones son, en su mayoría, robustas y estables. Por otro lado, se encontraron viviendas con paredes de hierro, que constituyen el 9,9%, mientras que los materiales de ladrillo y una mezcla de materiales tienen cada uno un 5,5%. En general, estos hallazgos indican que la mayor parte de las casas en el área cuenta con paredes hechas de materiales duraderos, lo cual es un signo importante de la calidad de la vivienda y del desarrollo urbano en la zona evaluada.

9. Pisos de hogares

Tabla 43

Pisos de la vivienda

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1=Tierra	19	20,9	20,9	20,9
	2=Madera	15	16,5	16,5	37,4
	3=Cemento	49	53,8	53,8	91,2
	4=Baldosa	5	5,5	5,5	96,7
	5=Mixto	3	3,3	3,3	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

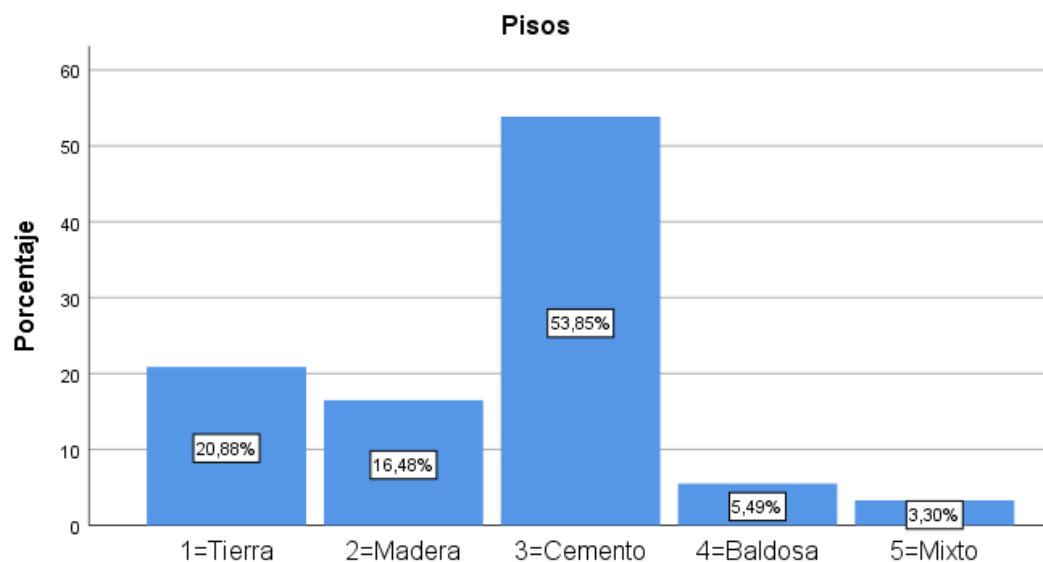


Gráfico 18 Pisos de la vivienda

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El estudio sobre los tipos de pisos en los hogares revela que el material más común es el cemento, presente en el 53,8% de las viviendas entrevistadas, lo que indica un estándar básico de estabilidad y funcionalidad en la vivienda. Sin embargo, un 20,9% de los hogares todavía tiene pisos de tierra, lo que muestra situaciones de mayor vulnerabilidad tanto estructural como sanitaria en parte del sector. En cuanto a los pisos de madera, estos constituyen el 16,5%, mientras que los acabados de baldosa representan el 5,5% y los pisos mixtos llegan al 3,3%. En conjunto, estos hallazgos permiten reconocer la existencia de diferentes niveles de calidad en la construcción de los hogares, un aspecto significativo para caracterizar el contexto socio habitacional analizado.

10. Cubierta del hogar

Tabla 44
Cubierta del hogar

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1=Zinc	41	45,1	45,1	45,1
	2=Losa	12	13,2	13,2	58,2
	3=Mixto	31	34,1	34,1	92,3
	4=Otro	7	7,7	7,7	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

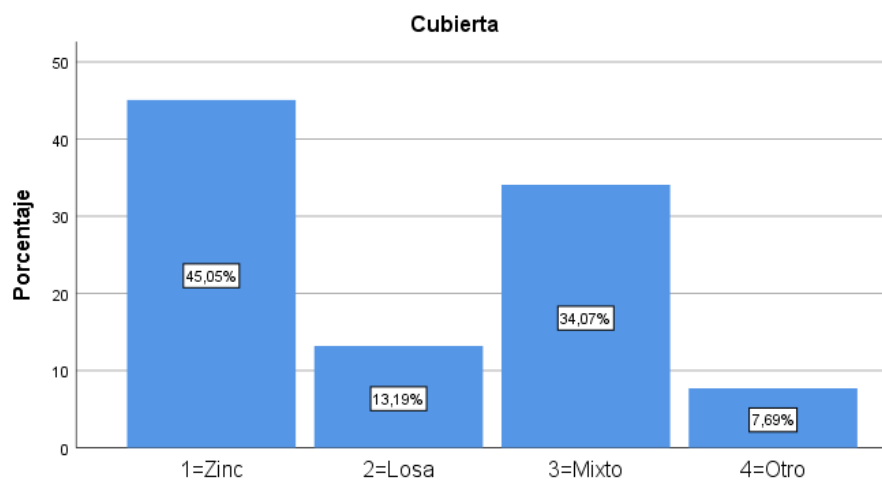


Gráfico 19 Cubierta del hogar

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El estudio de los techos en las casas revela que el material más utilizado es el zinc, que se encuentra en el 45,1% de los hogares. En donde sugiere una preferencia marcada por soluciones de construcción que son livianas y de rápida instalación. En el segundo lugar, tenemos las techadas mixtas, que constituyen el 34,1%, lo que indica que un gran número de hogares prefiere combinar varios tipos de materiales. Las cubiertas de losa alcanzan un 13,2%, mientras que la categoría otros, suma un 7,7%. En conclusión, estos datos muestran una diversidad en los tipos de techos utilizados, lo cual está vinculado con distintos grados de consolidación en la construcción y las circunstancias socioeconómicas de la población estudiada.

11. Estado de los hogares

Tabla 45

Estado de los hogares

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1=Bueno	66	72,5	72,5	72,5
	2=Malo	10	11,0	11,0	83,5
	3=Regular	15	16,5	16,5	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

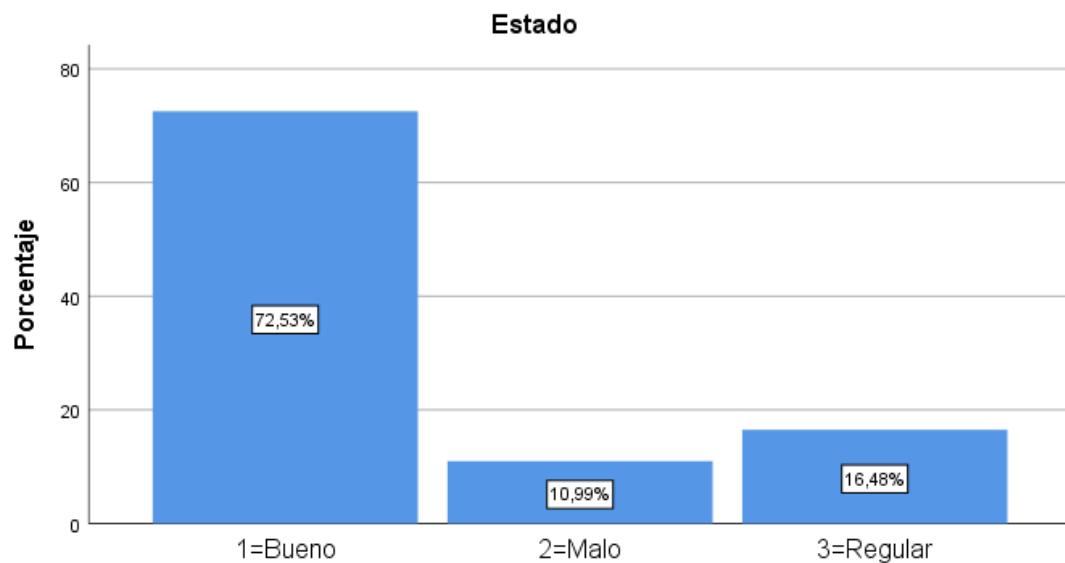


Gráfico 20 Estado de los hogares

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El examen de la situación de las viviendas indica que la mayoría se encuentra en condiciones favorables, representando un 72,5% del total. Esto indica que hay un adecuado nivel de cuidado y habitabilidad en el área analizada. No obstante, un 16,5% de los hogares está en condiciones regulares, lo que señala ciertas limitaciones estructurales o de conservación. Por otro lado, un 11,0% se encuentra en condiciones deficientes, lo que sugiere situaciones de deterioro que podrían perjudicar la calidad de vida de quienes habitan allí. En general, estos datos revelan una tendencia positiva respecto al estado de las viviendas, aunque también hay un número considerable que requiere atención y mejoras en sus condiciones de vivienda.

12. Uso de vivienda

Tabla 46

Uso de vivienda

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1=Vivienda	79	86,8	86,8	86,8
	2=Negocio	7	7,7	7,7	94,5
	3=Bodega	3	3,3	3,3	97,8
	4=Mixto	2	2,2	2,2	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

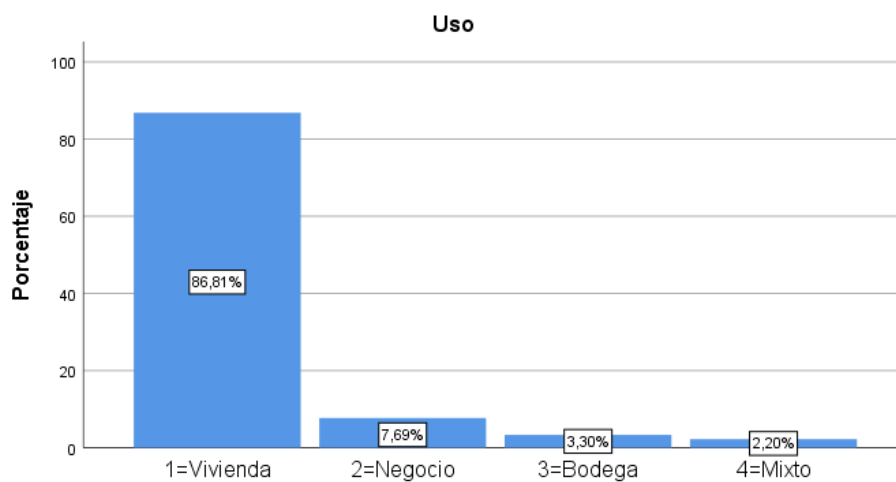


Gráfico 21 Uso de vivienda

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El estudio sobre el destino de las viviendas muestra que la abrumadora mayoría, un notable 86,8 %, se utiliza únicamente como residencias, lo que enfatiza el enfoque mayormente habitacional del sector examinado. Con una proporción menor, el 7,7 % de las viviendas se emplea para fines comerciales, lo que señala que las actividades económicas dentro del hogar son bastante restringidas. Asimismo, el uso destinado a almacenamiento abarca el 3,3 %, mientras que el uso mixto (vivienda y otra función) representa un 2,2 %. En general, estos resultados indican que la región estudiada está principalmente orientada a ser un lugar de vivienda, con una integración baja pero significativa de usos productivos y de almacenamiento.

13. Agua potable con medidor de caudal

Tabla 47

Agua potable con medidor de caudal

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	68	74,7	74,7	74,7
	No	23	25,3	25,3	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

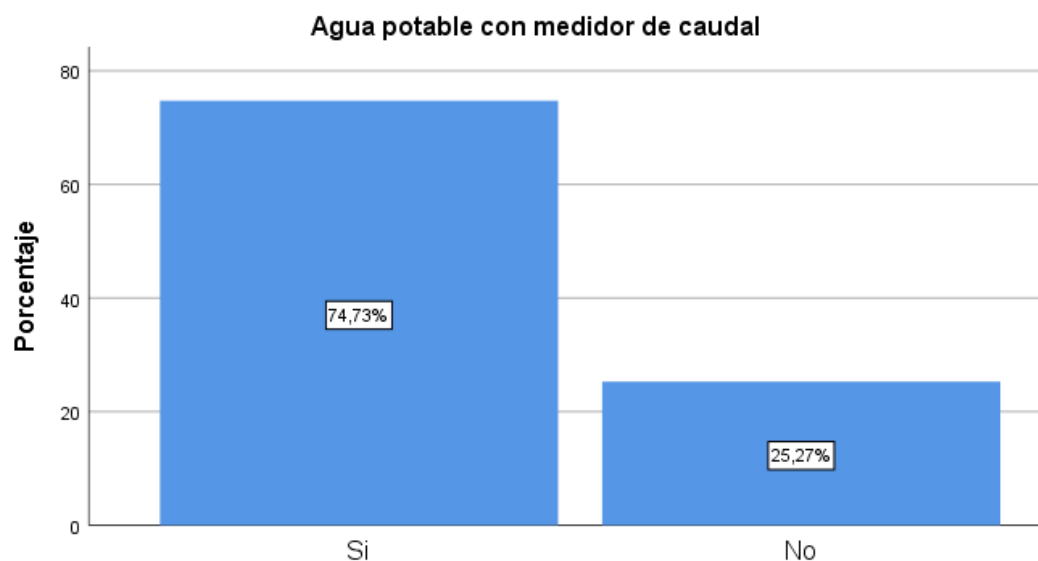


Gráfico 22 Agua potable con medidor de caudal

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El estudio sobre el acceso al agua potable a través de medidores de caudal revela que un 74,7% de los hogares encuestados dispone de este servicio, lo cual indica un grado considerable de formalización y supervisión en la distribución de agua potable. Sin embargo, un 25,3% de las residencias informó que no cuentan con medidor de caudal, lo que podría llevar a un uso menos eficaz del recurso y complicaciones en la gestión y facturación del servicio. En donde los hallazgos demuestran progresos significativos en la provisión de infraestructura básica, aunque todavía existen brechas que necesitan atención para asegurar un acceso justo y regulado al agua potable.

14. Obtención del agua

Tabla 48
Obtención del agua

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Carro repartidor	7	7,7	7,7	7,7
	Agua Pozo	32	35,2	35,2	42,9
	Agua entubada	47	51,6	51,6	94,5
	Otro	5	5,5	5,5	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

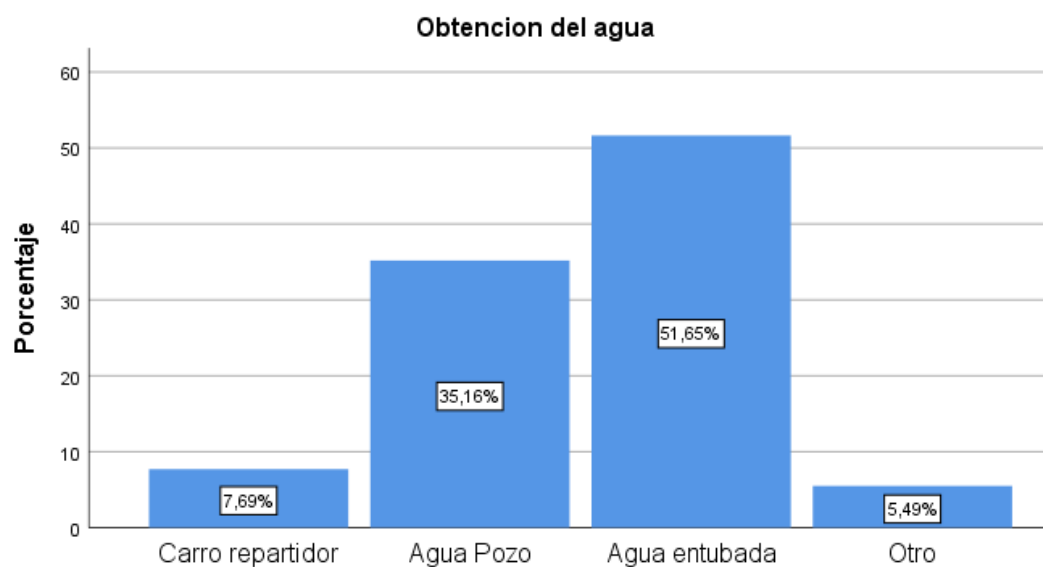


Gráfico 23 Obtención del agua

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El estudio sobre cómo se consigue el agua en los hogares investigados revela que la principal fuente es el agua de tuberías, utilizada por el 51,6% de la población, lo que sugiere que la mayoría tiene acceso a sistemas de suministro oficiales. No obstante, un 35,2% de los hogares accede al agua mediante pozos, lo que indica una notable dependencia de fuentes alternativas. En una menor medida, el 7,7% utiliza camionetas de reparto, mientras que el 5,5 % obtiene agua de otras fuentes. En conjunto, estos hallazgos evidencian la existencia de sistemas de provisión de agua tanto formales como informales, un aspecto importante para evaluar la calidad, continuidad y seguridad del recurso hídrico en el área analizada.

15. Servicios comunicación

Tabla 49
Servicios comunicación

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Telefonía fija	7	7,7	7,7	7,7
	Telefonía móvil	84	92,3	92,3	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

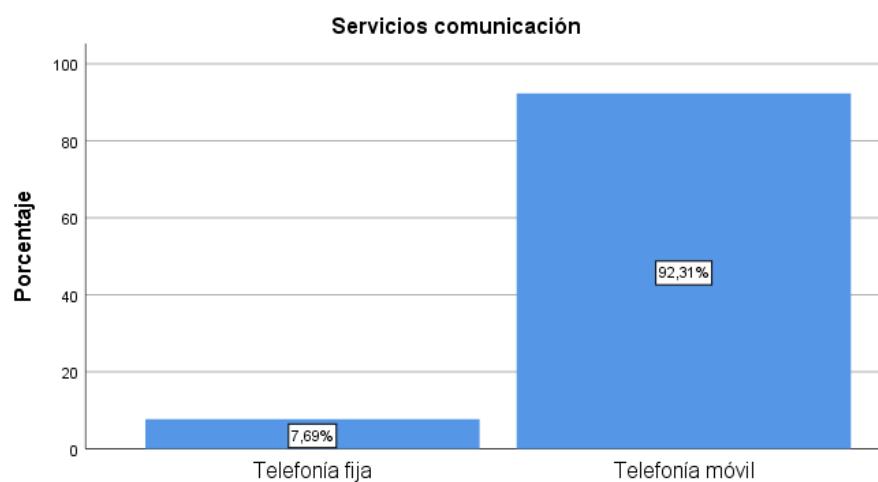


Gráfico 24 Servicios comunicación

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El estudio de los recursos de comunicación disponibles en los hogares muestra una clara superioridad de la telefonía móvil, empleada por el 92,3% de los encuestados, lo que evidencia su extensa cobertura y relevancia como el principal medio de comunicación en el ámbito. Por otro lado, la telefonía fija tiene una presencia limitada, alcanzando solo el 7,7%, lo que sugiere un cambio progresivo de este servicio frente a las tecnologías móviles. En conjunto, estos hallazgos reflejan una notable dependencia de la comunicación móvil, un aspecto fundamental para entender las dinámicas de conectividad y acceso a la información de la población analizada.

16. Servicios Sanitario

Tabla 50
Servicios Sanitario

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Alcantarillado Sanitario	54	59,3	59,3	59,3
	Pozo ciego	37	40,7	40,7	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

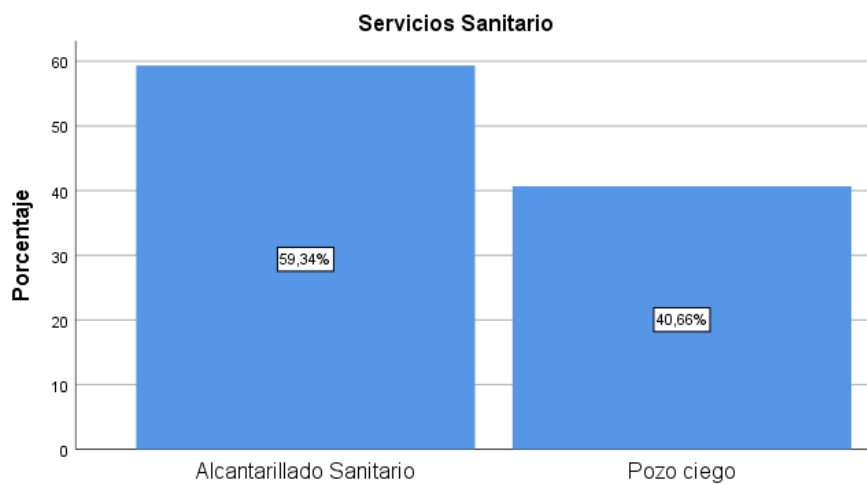


Gráfico 25 Servicios Sanitario

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El estudio de los servicios de salud en los hogares indica que el 59,3% de las viviendas dispone de sistemas de alcantarillado, lo cual demuestra un acceso mayoritario a métodos formales para la eliminación de aguas residuales. Sin embargo, un 40,7% de los hogares todavía emplea letrinas, lo que pone de manifiesto la continuidad de soluciones sanitarias alternativas que pueden conllevar riesgos para la salud pública y el medio ambiente. Los datos revelan avances notables en la disponibilidad de servicios de saneamiento, aunque también muestran diferencias significativas que necesitan ser abordadas para mejorar las condiciones sanitarias de la población analizada.

17. Forma de eliminación de basura

Tabla 51

Forma de eliminación de basura

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Carro Recolector de basura	73	80,2	80,2	80,2
	Incinerera	13	14,3	14,3	94,5
	Bota al terreno baldío / río	5	5,5	5,5	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

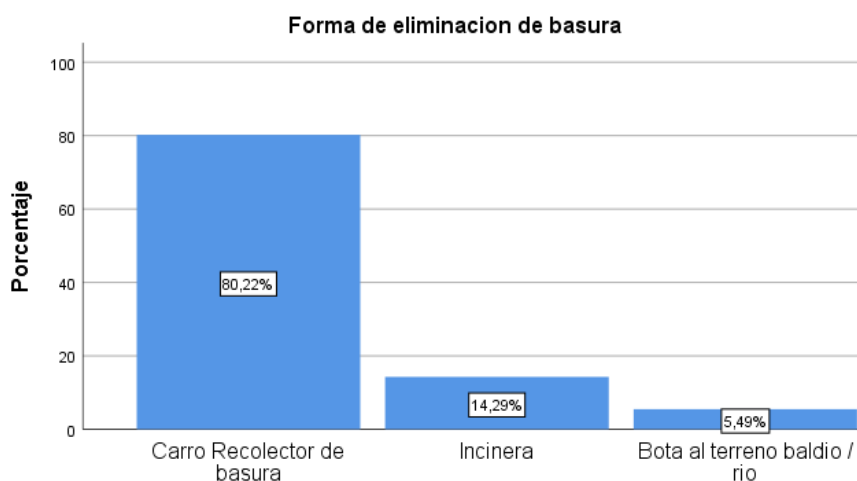


Gráfico 26 Forma de eliminación de basura

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El estudio sobre cómo se deshacen de la basura revela que la mayor parte de las viviendas, específicamente un 80,2%, cuenta con un servicio de recolección de residuos, lo cual indica que el sistema oficial de gestión de basura tiene una cobertura apropiada. No obstante, un 14,3% de los participantes en la encuesta mencionó que quema sus desechos, una actividad que puede tener repercusiones perjudiciales para la salud y el medio ambiente. Además, un 5,5% señaló que arroja sus desechos en terrenos vacíos o ríos, lo cual representa un riesgo considerable de contaminación del entorno. En conjunto, estos hallazgos reflejan una inclinación predominante hacia métodos formales de manejo de residuos, aunque aún persisten prácticas inadecuadas que demandan intervenciones de control y concienciación en la comunidad.

18. Con que frecuencia experimenta problemas de suministro de agua

Tabla 52

Con que frecuencia experimenta problemas de suministro de agua

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Siempre	41	45,1	45,1	45,1
	Casi siempre	29	31,9	31,9	76,9
	Nunca	21	23,1	23,1	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

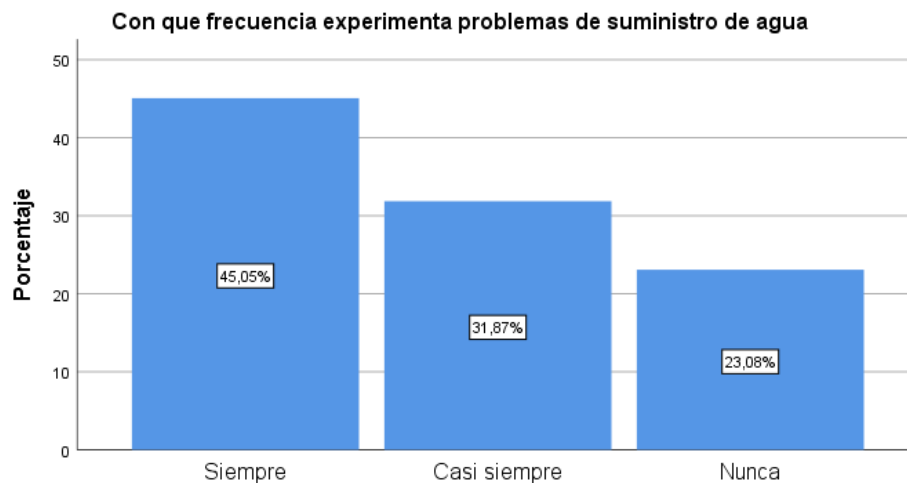


Gráfico 27 Con que frecuencia experimenta problemas de suministro de agua

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El estudio sobre la frecuencia con la que las familias enfrentan problemas con el acceso al agua muestra que una parte significativa de la población tiene dificultades constantes. Un 45,1% de los encuestados aseguró que siempre tienen problemas, mientras que el 31,9% manifestó que estos suceden casi siempre. En comparación, solo el 23,1% afirmó que nunca tiene inconvenientes con el suministro. En conjunto, estos hallazgos indican una situación alarmante respecto a la continuidad del abastecimiento de agua potable, que impacta a más de tres cuartas partes de las familias, lo que se convierte en un elemento importante para analizar las condiciones de vida y la administración de los servicios básicos en la zona estudiada.

19. Presión del agua

Tabla 53
Presión del agua

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1= Buena	70	76,9	76,9	76,9
	2= Mala	6	6,6	6,6	83,5
	3= No se tiene Presión	15	16,5	16,5	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

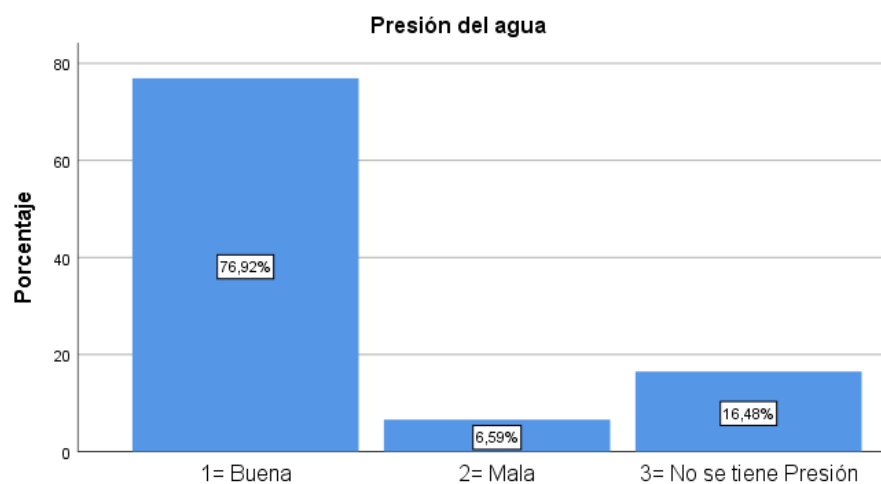


Gráfico 28 Presión del agua

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El estudio sobre la presión del agua en los hogares revela que la mayoría de los participantes, un 76,9%, considera que la presión del servicio es buena, lo que indica que el sistema de distribución funciona adecuadamente en una parte importante del área. Sin embargo, un 16,5% expresó que no tiene suficiente presión de agua, lo que muestra fallas significativas en el suministro, mientras que un 6,6% la clasificó como mala. En conjunto, estos hallazgos demuestran que, aunque existe una percepción mayormente positiva sobre la presión del agua, hay un número considerable de hogares que sufren inconvenientes en la calidad del servicio, lo que demanda atención de las autoridades competentes.

20. Distribución del agua

Tabla 54

Distribución del agua

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1= Satisfecho	54	59,3	59,3	59,3
	2= Medianamente Satisfecho	26	28,6	28,6	87,9
	3= Insatisfecho	11	12,1	12,1	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

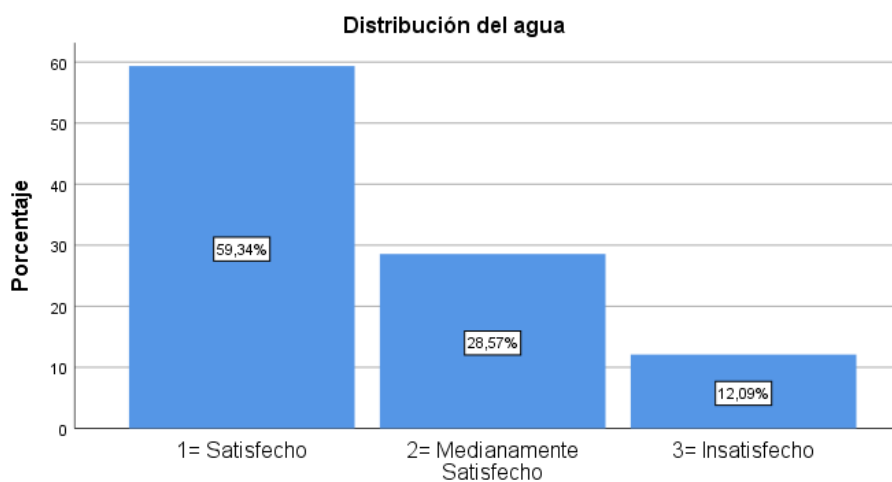


Gráfico 29 Distribución del agua

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El estudio sobre la percepción de la distribución del agua revela que la mayoría de las familias se sienten contentas, alcanzando un 59,3% del total, en donde se indica que, en líneas generales, la calidad del servicio es apreciada positivamente respecto a su distribución. De igual forma el 28,6% de los participantes se considera moderadamente satisfecho, lo que sugiere que existen ciertas limitaciones en la frecuencia o cobertura del suministro. Por otro lado, un 12,1% manifestó su descontento, lo que resalta problemas más visibles en la distribución del agua. En conclusión, estos hallazgos reflejan una percepción en su mayoría positiva, aunque hay un porcentaje significativo de la población que solicita mejoras en la efectividad y equidad del servicio.

21. Cuántas veces a la semana abastecen de agua

Tabla 55

Cuántas veces a la semana abastecen de agua

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Una vez a la semana.	26	28,6	28,6	28,6
	Dos veces por semana	33	36,3	36,3	64,8
	Tres veces por semana	19	20,9	20,9	85,7
	Ninguna vez a la semana	13	14,3	14,3	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

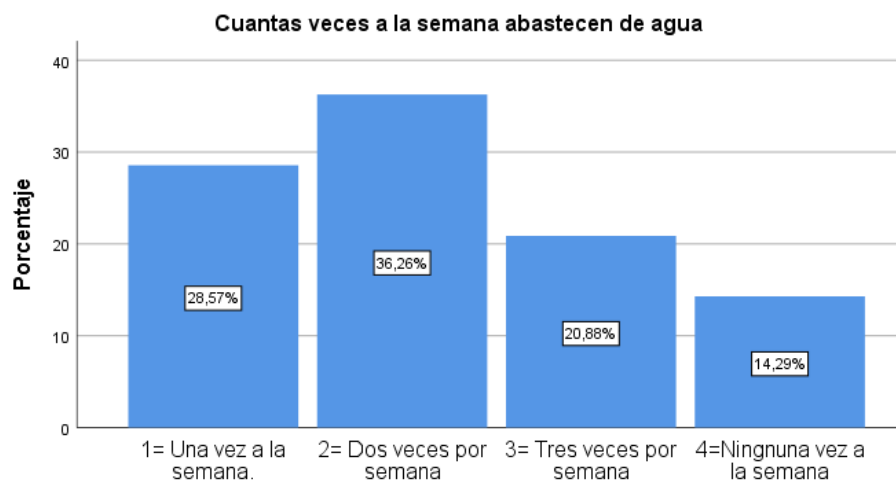


Gráfico 30 Cuántas veces a la semana abastecen de agua

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El estudio sobre la frecuencia semanal de la entrega de agua muestra que la mayoría de las familias, un 36,3%, solo recibe el suministro dos veces en la semana, lo que indica que hay una disponibilidad irregular de este recurso fundamental. Asimismo, un 28,6 % de los encuestados señala que les llega agua una vez a la semana, mientras que un 20,9% afirmó que la reciben tres veces a la semana, lo que refleja una variación en la frecuencia del abastecimiento. Es relevante mencionar que un 14,3% de los hogares indicó que no obtienen agua en toda la semana, lo que resalta una situación alarmante en términos de acceso. En general, estos resultados ponen de manifiesto una distribución desigual del servicio de agua, lo que afecta directamente las condiciones de vida y la gestión cotidiana de este recurso por parte de la población analizada.

22. Cuantas horas al día se abastecen de agua

Tabla 56

Cuantas horas al día se abastecen de agua

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	1= Media hora	31	34,1	34,1	34,1
	2= Una a dos horas	33	36,3	36,3	70,3
	3= Tres a cuatro horas	27	29,7	29,7	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

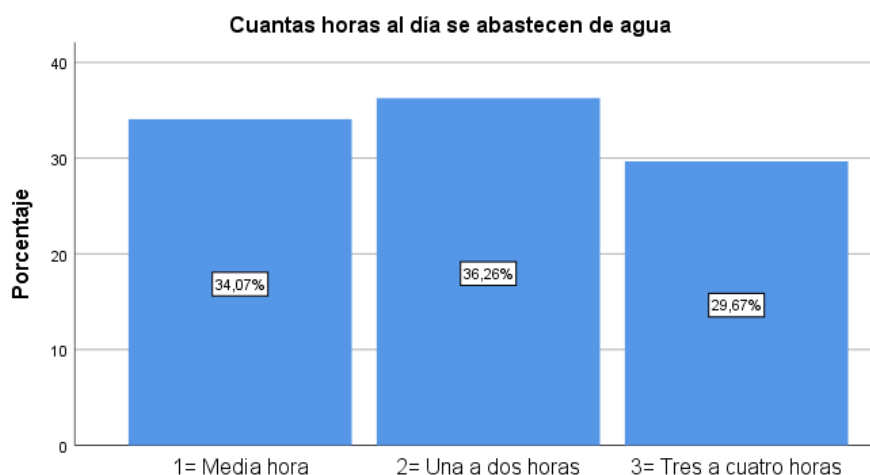


Gráfico 31 Cuantas horas al día se abastecen de agua

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

De los encuestados, la cantidad de horas diarias de suministro de agua revela que la mayoría de los hogares recibe el servicio durante una a dos horas diarias, lo que equivale al 36,3 % del total, lo que demuestra un acceso limitado y breve. De manera parecida, un 34,1 % de los encuestados señaló que el suministro se realiza solo por media hora, mientras que el 29,7 % indicó que dispone de agua durante tres a cuatro horas al día. En conjunto, estos hallazgos muestran que el acceso al agua se define por una disponibilidad limitada en el tiempo, lo que obliga a las familias a implementar estrategias para almacenar y utilizar el recurso de manera eficiente para satisfacer sus necesidades diarias.

23. Está de acuerdo con la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial.

Tabla 57

La construcción de un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	82	90,1	90,1	90,1
	No	9	9,9	9,9	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

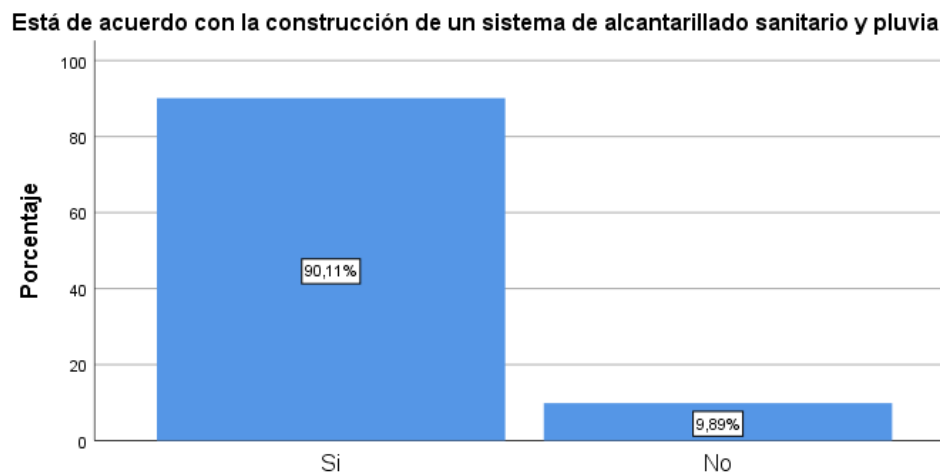


Gráfico 32 La construcción de un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial.

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

El estudio de las opiniones de la comunidad acerca de la edificación de un sistema de drenaje sanitario y de aguas pluviales revela un notable nivel de apoyo. En efecto, el 90,1 % de los participantes en la encuesta manifestó su apoyo para llevar a cabo este proyecto, lo que refleja una clara percepción de necesidad y ventajas para la comunidad. En contraposición, únicamente el 9,9 % mostró su desacuerdo, una cifra bastante reducida en relación al acuerdo general. En conclusión, estos hallazgos demuestran un fuerte respaldo social hacia la creación de un sistema de drenaje sanitario y de aguas pluviales, lo que se convierte en un elemento esencial para la toma de decisiones y la justificación técnica y social del proyecto propuesto.

24. Estaría dispuesto a contribuir financieramente para mejorar la red de alcantarillado.

Tabla 58

Estaría dispuesto a contribuir financieramente para mejorar la red de alcantarillado

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	Si	64	70,3	70,3	70,3
	No	27	29,7	29,7	100,0
	Total	91	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

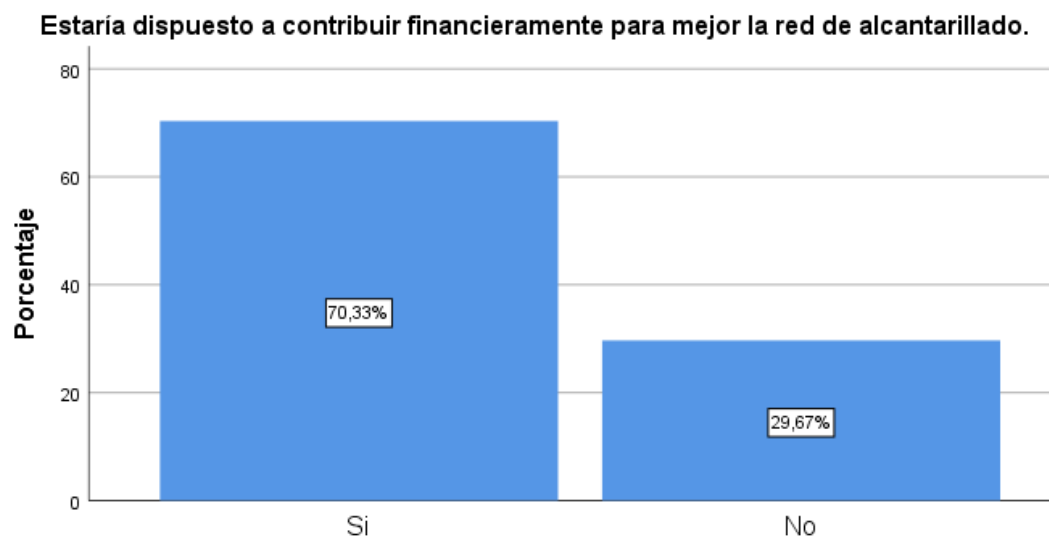


Gráfico 33 Estaría dispuesto a contribuir financieramente para mejorar la red de alcantarillado

Fuente: A partir de los datos estadísticos de la investigación de campo

Análisis e interpretación

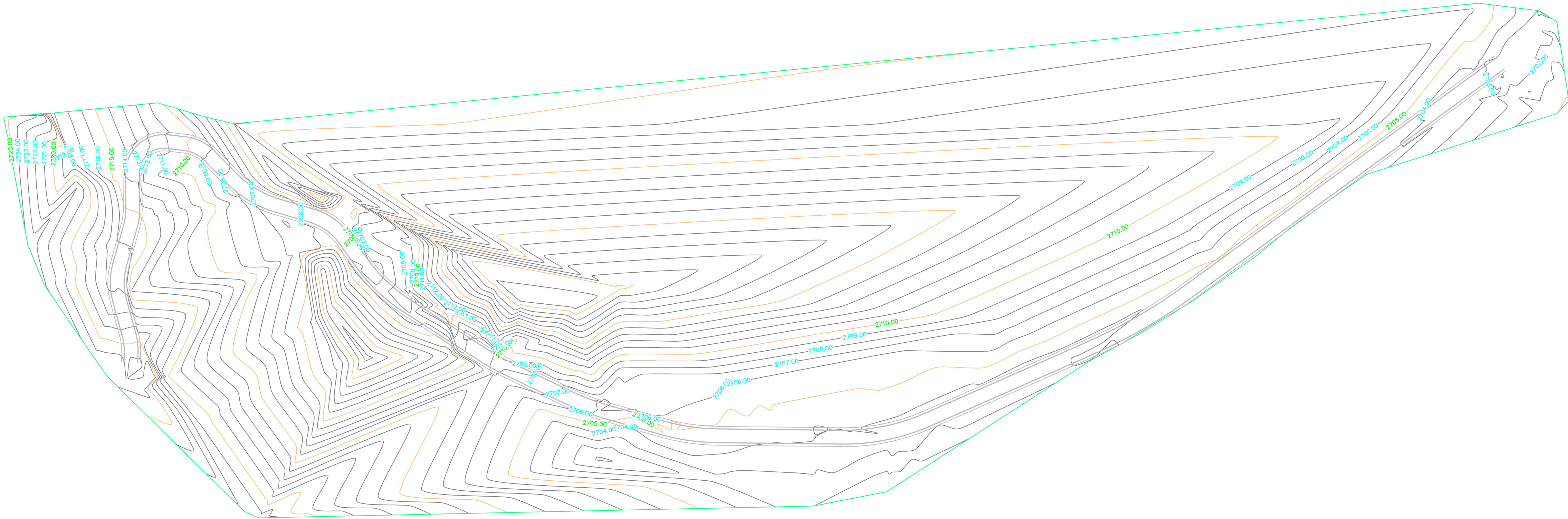
De los encuestados, basados en las opiniones de la comunidad sobre la creación de un sistema de desagüe sanitario y de aguas pluviales muestra un gran nivel de apoyo, ya que el 90,1% de los participantes en la encuesta indicó estar a favor de la realización de esta obra, lo que demuestra una clara percepción de necesidad y utilidad para la población. En contraste, solo el 9,9% manifestó estar en desacuerdo, una cifra minoritaria en comparación con el consenso general. En resumen, estos hallazgos destacan el fuerte apoyo social predominante hacia la implementación de un sistema de desagüe, lo que se convierte en un aspecto fundamental para la toma de decisiones y la justificación técnica y social del proyecto propuesto.

Fotográfica





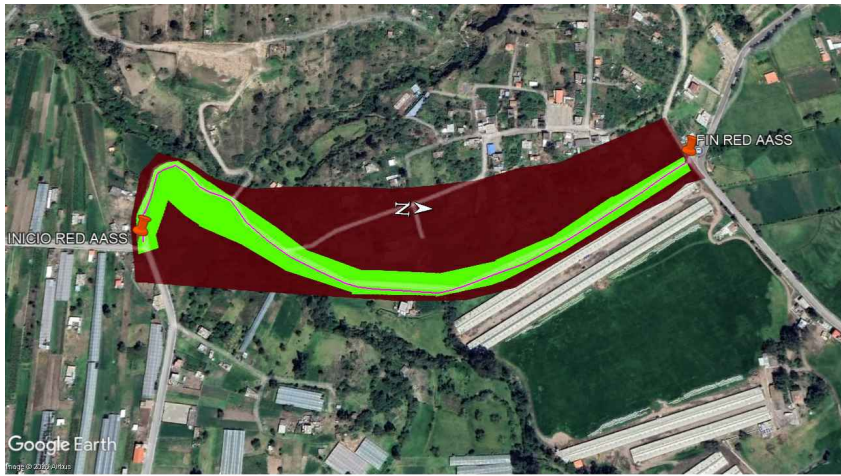
ESCALA: 1:1250



PROYECTO :

TOPOGRAFIA PARA DISEÑO DE UN
SISTEMA DE ALCANTARILLADO
SANITARIO EN LA COMUNIDAD
SALACHE ANGAMARCA LA CALLE
DEL CANTÓN SALCEDO

UBICACIÓN :



COMUNIDAD SALACHE ANGAMARCA
LA CALLE CANTÓN SALCEDO
COORDENADAS:

(X): 765,379.72 (Y): 9,888,471.55

SIMBOLOGÍA

- Curvas menor
- Curva mayor
- BORDE
- BRUJULA

ELEVACIONES

ELEVACION MAXIMA 2725.00 msnm
ELEVACION MINIMA 2719.60 msnm

ELABORADO POR:

ANGEL TENORIO

REVISADO POR:

ING. XIOMARA -ZAMBRANO.MG
REG.SENESCYT: 1027-2018-2008031

REVISADO POR:

ING. MIGUEL ESPIN
REG.SENESCYT: 1005-07-753748

APROBADO POR:

ING. PAUL JIMENEZ
DIRECTOR DEL AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
"GAD SALCEDO"
REG.SENESCYT: 1010-2022-2554308

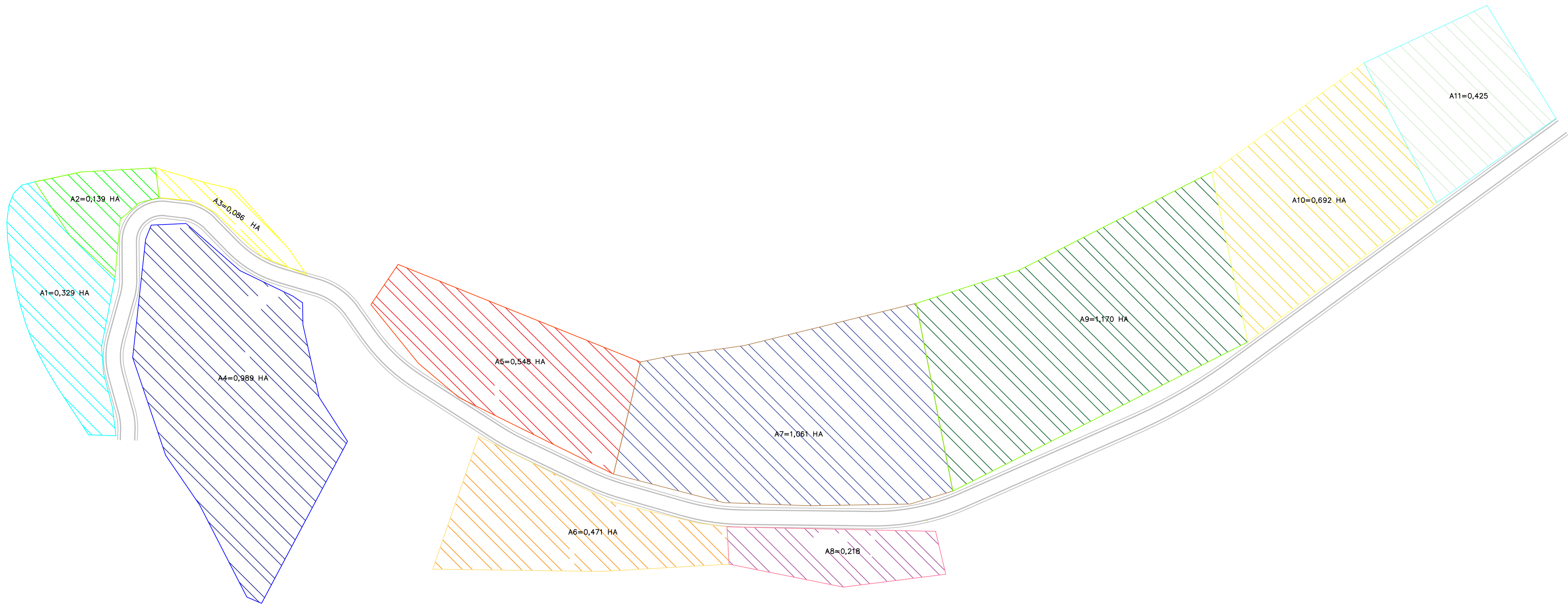
CONTIENE :

TOPOGRAFÍA PARA EL PROYECTO DEL ALCANTARILLADO
SANITARIO Y PLUVIAL

DIBUJO : Angel Tenorio	ACOTACIÓN : METROS	LÁMINA : HIDRO
ESCALA : 1:1250	FECHA: MARZO 2028	FORMATO : A1
ARCHIVO : TOPOGRAFIA SALACHE ANGAMARCA LA CALLE.dwg		01/13



ESCALA: 1:1250



PROYECTO :

ÁREAS DE APORTACIÓN PARA EL
DISEÑO DE UN SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO Y
PARA LA COMUNIDAD SALACHE
ANGAMARCA LA CALLE DEL
CANTÓN SALCEDO

UBICACIÓN :



COMUNIDAD SALACHE ANGAMARCA LA CALLE DEL CANTÓN SALCEDO

COORDENADAS: (X): 765,379.72 (Y): 9,888,471.55

SIMBOLOGÍA

	AREA 1	0.3291(ha)
	AREA 2	0.1393(ha)
	AREA 3	0.0860(ha)
	AREA 4	0.9888(ha)
	AREA 5	0.5484(ha)
	AREA 6	0.4714(ha)
	AREA 7	1.0610(ha)
	AREA 8	0.2180(ha)
	AREA 9	1.1697(ha)
	AREA 10	0.6920(ha)
	AREA 11	0.4250(ha)

ELABORADO POR:

ANGEL TENORIO

ING. Xiomara Zambrano MG
REG.SENESCYT: 1027-2018-2008031

REVISADO POR:

ING. MIGUEL ESPIN
REG.SENESCYT: 1005-07-753748

APROBADO POR:

ING. PAUL JIMENEZ
DIRECTOR DEL AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
"GAD SALCEDO"
REG.SENESCYT: 1010-2022-2554308

CONTIENE :

ÁREAS DEL PROYECTO ALCANTARILLADO SANITARIO

DIBUJO : Angel Tenorio

ACOTACIÓN :

LÁMINA : HIDRO

ESCALA : 1:1250

FECHA MARZO 2026

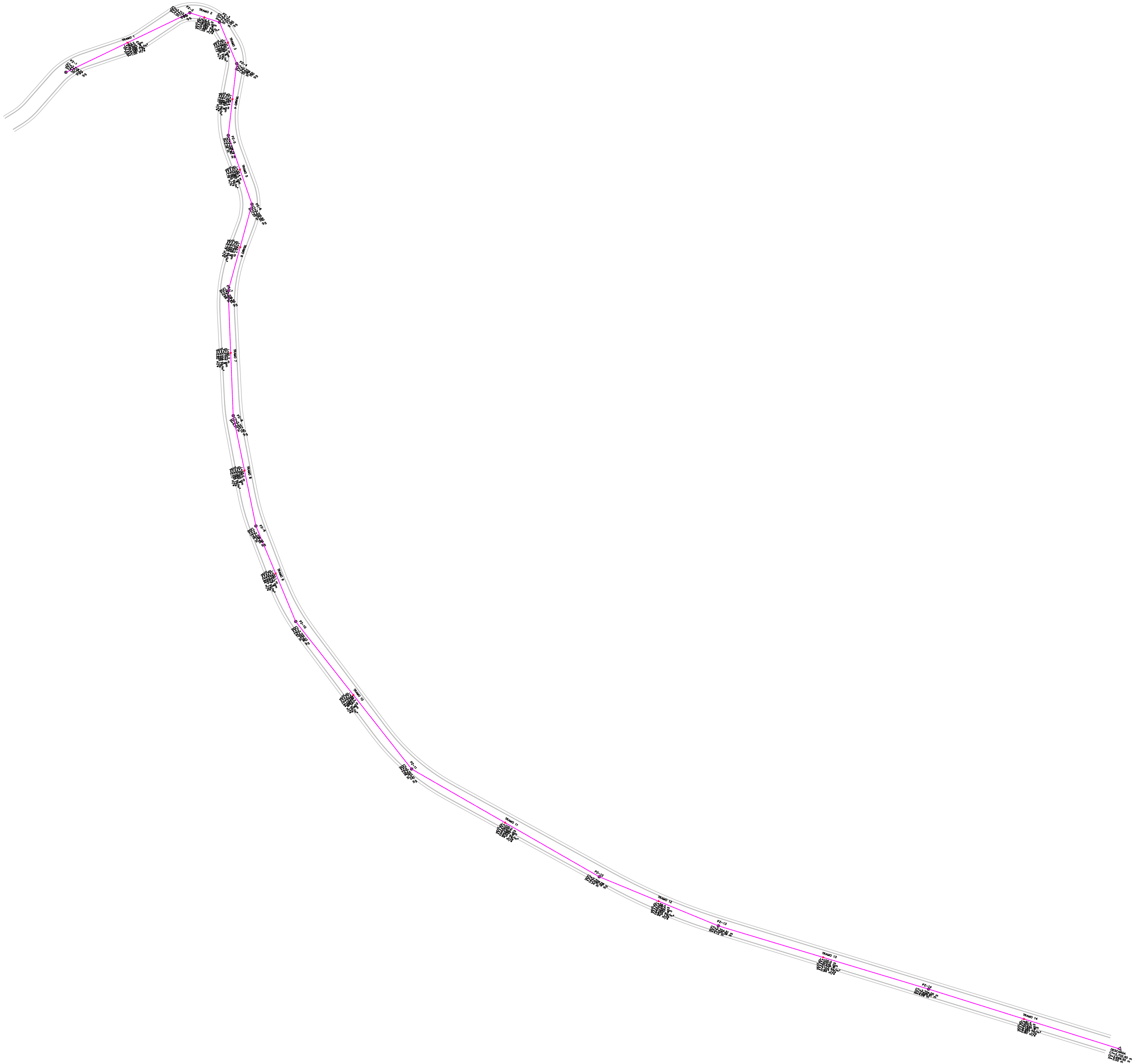
FORMATO :

02/13

ARCHIVO :ÁREAS DE APORTACION PARA ALCATARILLADO SANITARIO.dwg



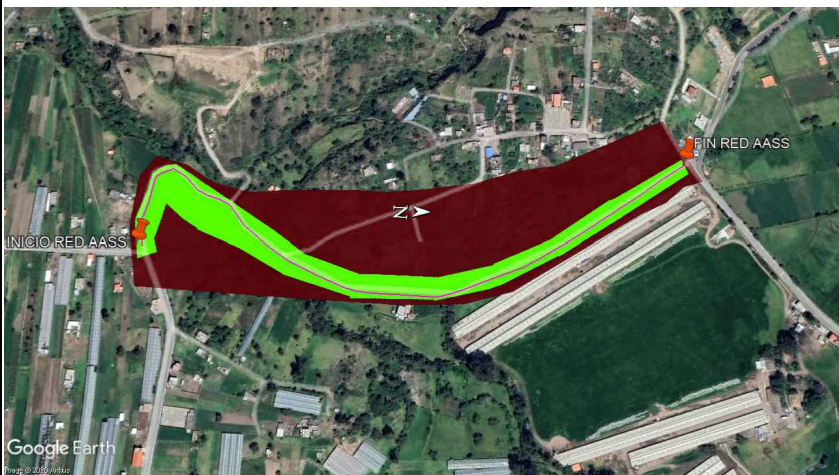
ESCALA: 1:1000



PROYECTO :

DISEÑO DE UN SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO EN
LA COMUNIDAD SALACHE
ANGAMARCA LA CALLE DEL
CANTÓN SALCEDO

UBICACIÓN :



COMUNIDAD SALACHE ANGAMARCA LA CALLE CANTÓN SALCEDO

COORDENADAS : (X):765,308.22 m (Y) 9,888,192.21m

ALTITUD: (Z) 2730 msnm

SIMBOLOGÍA

AASS_200MM_PVC_PROYECTO

AASS_250MM_PVC_PROYECTO

AASS_300MM_PVC_PROYECTO

POZO ALCANTARILLADO SANITARIO

COTA VIA

TUBERIA VISTA DE PERFIL

POZOS DE VISTA PERFIL

ELABORADO POR:

ANGEL TENORIO

REVISADO POR:

ING. XIOMARA ZAMBRANO MG
REG.SENESCYT: 1027-2018-2008031

REVISADO POR:

ING. MIGUEL ESPIN
REG.SENESCYT: 1005-07-753748

APROBADO POR:

ING. PAUL JIMENEZ
DIRECTOR DEL AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
"GAD SALCEDO"
REG.SENESCYT: 1010-2022-2554308

CONTIENE :

RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

DIBUJO : Angel Tenorio

ACOTACIÓN : METROS

LÁMINA : HIDRO

ESCALA : Detallado

FECHA: MARZO 2026

FORMATO : A1

03/13

ARCHIVO : DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO SALACHE ANGAMARCA.dwg



ESCALA: 1:250

PROYECTO :

DISEÑO DE UN SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO EN
'LA COMUNIDAD DE SALACHE
ANGAMARCA LA CALLE' DEL
CANTÓN SALCEDO

UBICACIÓN :



COMUNIDAD SALACHE ANGAMRCA LA CALLE DEL CANTÓN SALCEDO

COORDENADAS: (X):765,308.22 (Y) 9,888,192.21

SIMBOLOGÍA

- AASS_200MM_PVC_PROYECTO
- AASS_250MM_PVC_PROYECTO
- AASS_300MM_PVC_PROYECTO
- POZO ALCANTARILLADO SANITARIO
- RASANTE DE LA VÍA
- TUBERÍA VISTA DE PERFIL
- POZOS VISTA DE PERFIL
- DESCARGA

ELABORADO POR:

ANGEL TENORIO

REVISADO POR:

ING. XIOMARA ZAMBRANO MG
REG.SENESCYT: 1027-2018-2008031

REVISADO POR:

ING. MIGUEL ESPIN
REG.SENESCYT: 1005-07-753748

APROBADO POR:

ING. PAUL JIMENEZ
DIRECTOR DEL AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
'GAD SALCEDO'
REG.SENESCYT: 1010-2022-2554308

CONTIENE :

PERFIL DEL TRAMO 1-4 DE LA RED DE ALCANTARILLADO
SANITARIO

DIBUJO : ANGEL TENORIO

ESCALA : INDICADA

FECHA MARZO 2026

ACOTACIÓN :

METROS

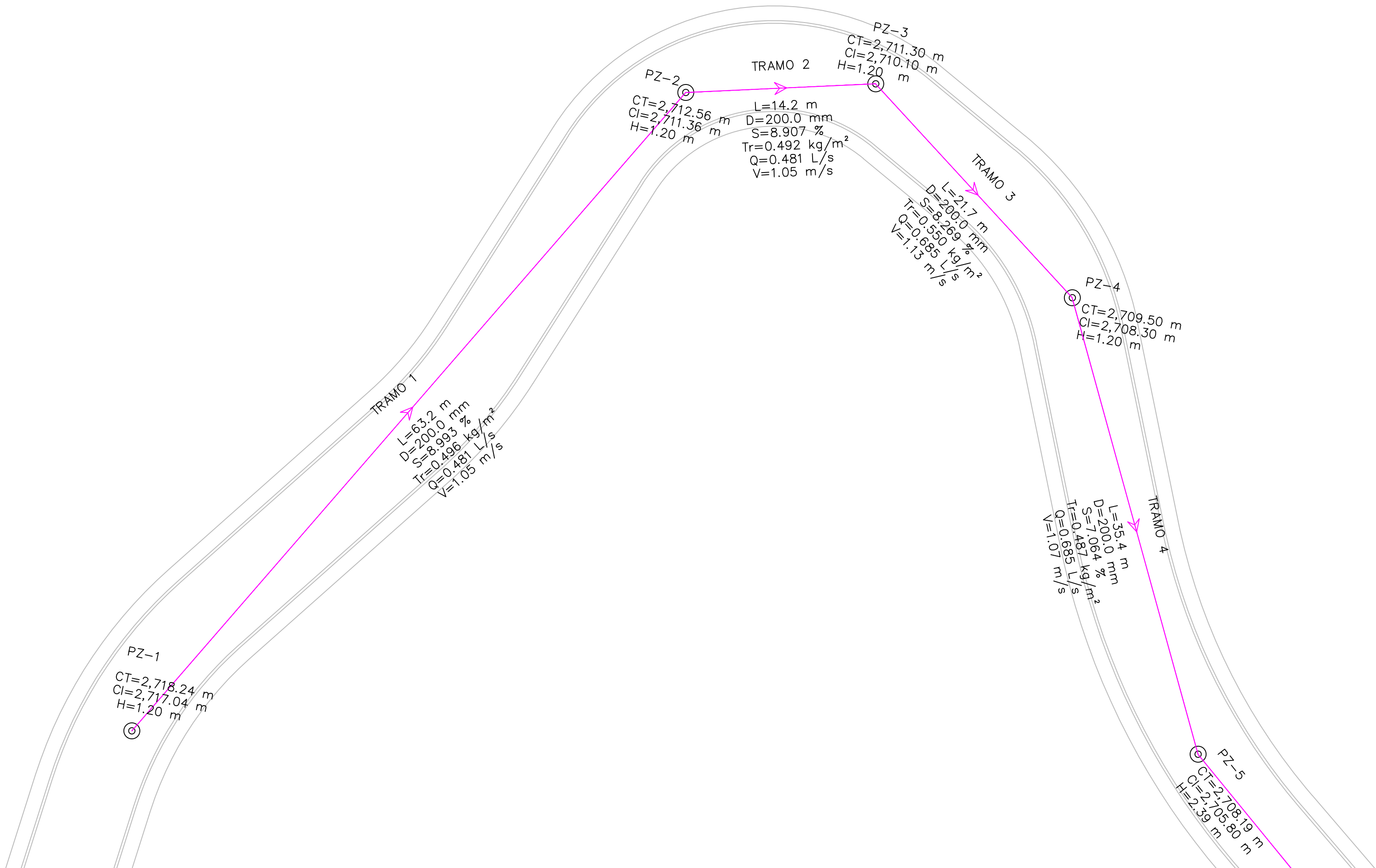
FORMATO :

A1

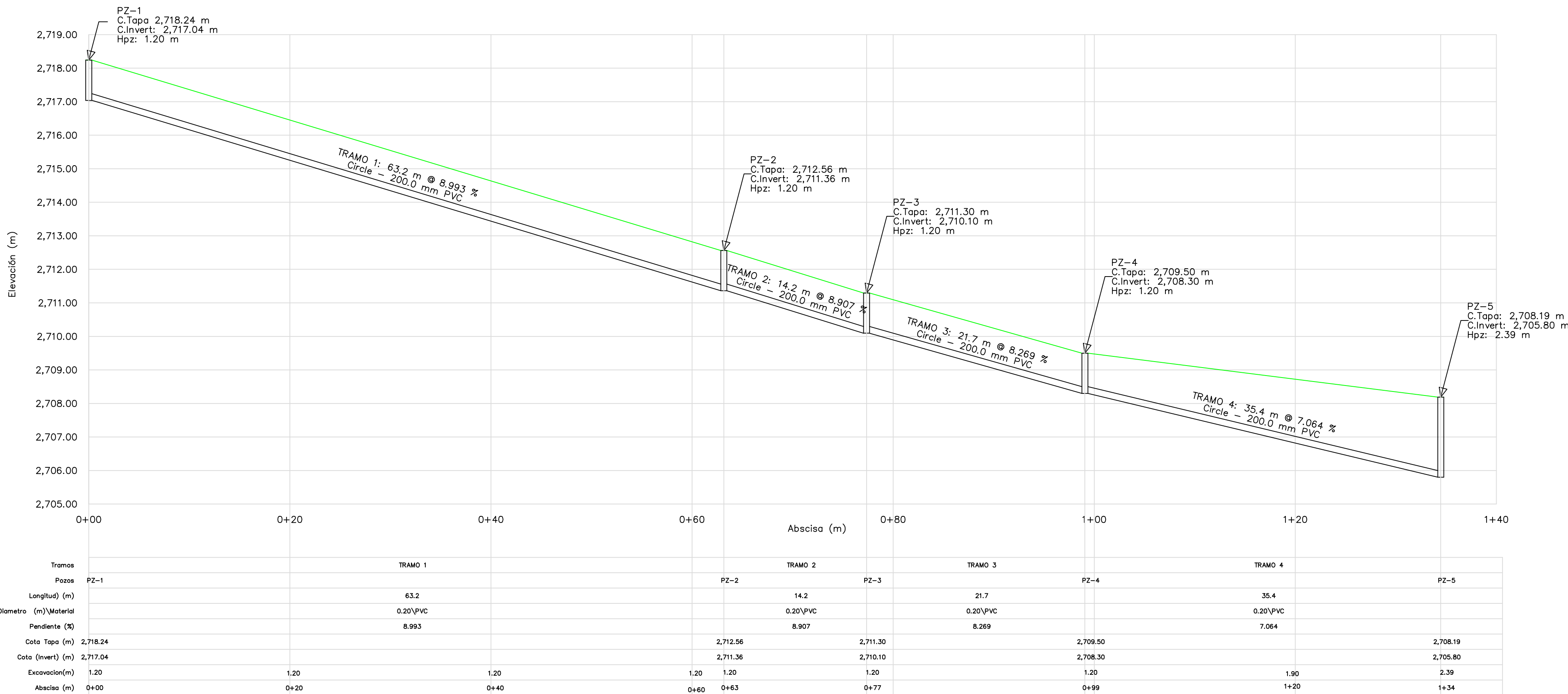
LÁMINA : HIDRO

04/13

ARCHIVO : LAMINADO DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO.dwg

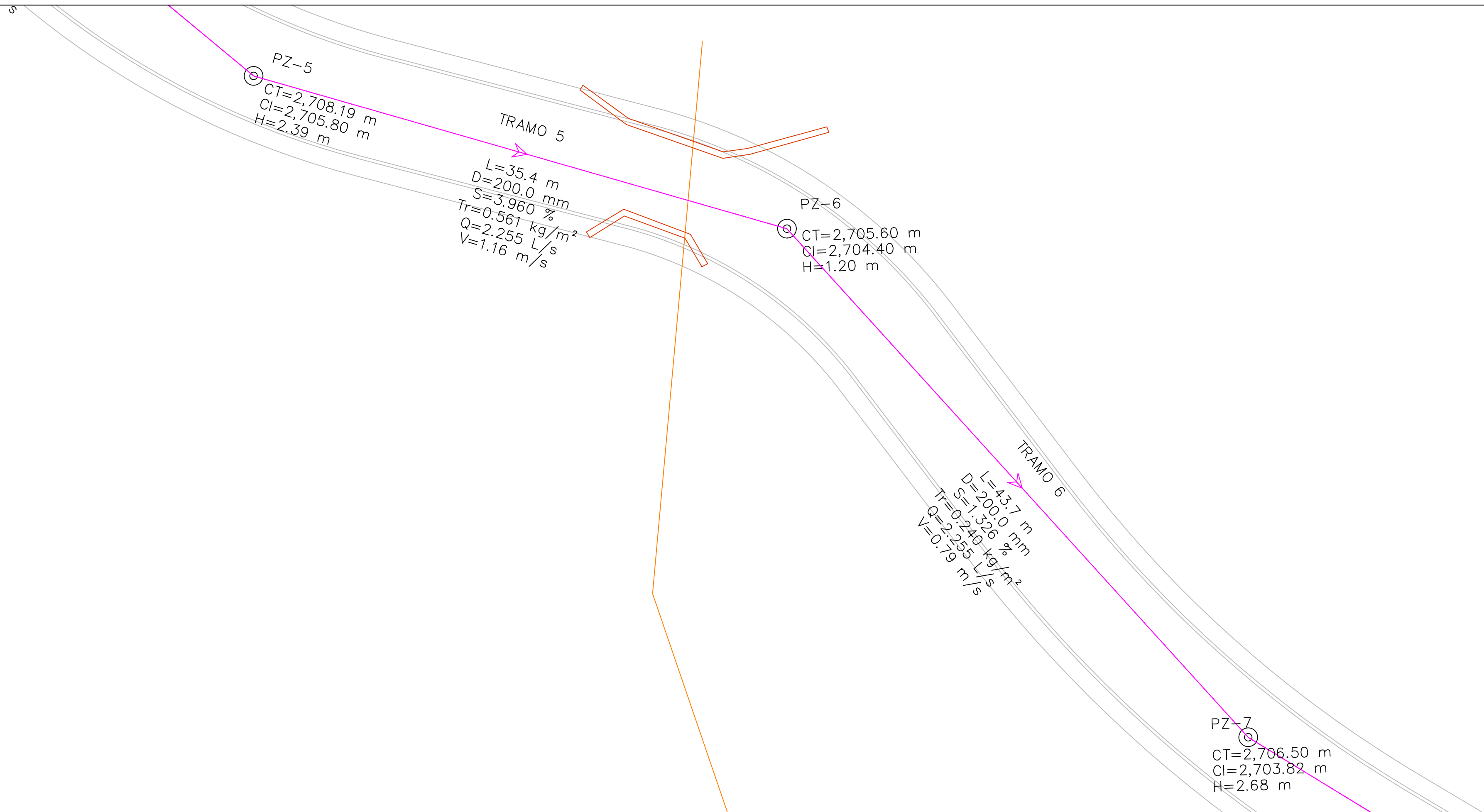


ESCALA: 1:300

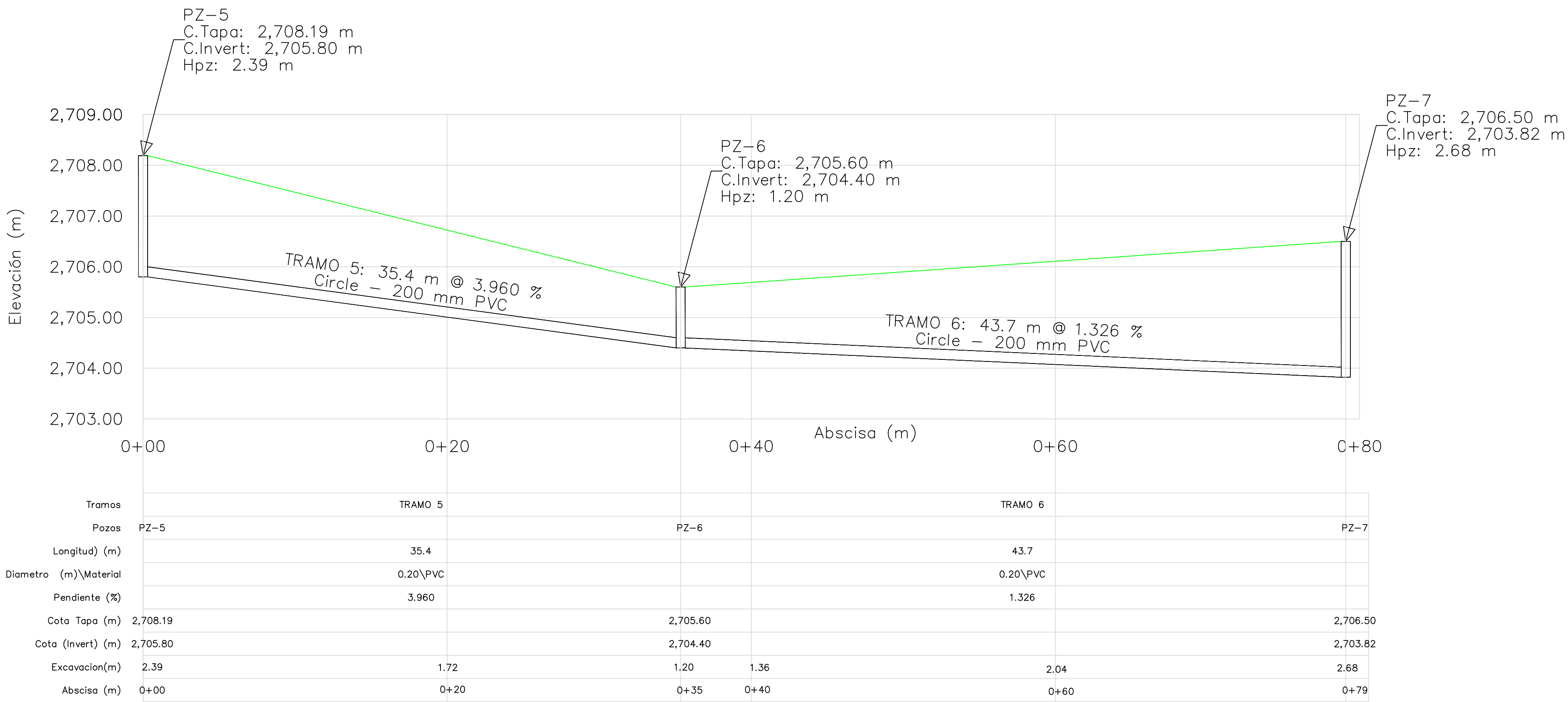




ESCALA: 1:200



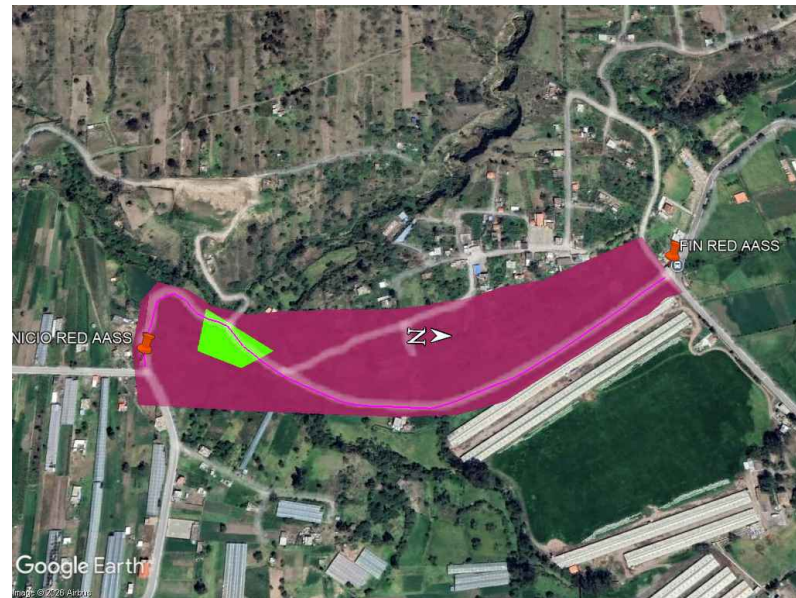
ESCALA: 1:200



PROYECTO :

DISEÑO DE UN SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO EN
"LA COMUNIDAD DE SALACHE
ANGAMARCA LA CALLE" DEL
CANTÓN SALCEDO

UBICACIÓN :



COMUNIDAD SALACHE ANGAMRCA LA CALLE DEL CANTÓN SALCEDO

COORDENADAS: (X):765,308.22 (Y) 9,888,192.21

SIMBOLOGÍA

- AASS_200MM_PVC_PROYECTO
- AASS_250MM_PVC_PROYECTO
- AASS_300MM_PVC_PROYECTO
- POZO ALCANTARILLADO SANITARIO
- RASANTE DE LA VÍA
- TUBERÍA VISTA DE PERFIL
- POZOS VISTA DE PERFIL
- DESCARGA

ELABORADO POR:

ANGEL TENORIO

REVISADO POR:

ING. Xiomara ZAMBRANO MG
REG.SENESCYT: 1027-2018-2008031

REVISADO POR:

ING. MIGUEL ESPIN
REG.SENESCYT: 1005-07-753748

APROBADO POR:

ING. PAUL JIMENEZ
DIRECTOR DEL AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
"GAD SALCEDO"
REG.SENESCYT: 1010-2022-2554308

CONTIENE :

PERFIL DEL TRAMO 5-6 DE LA RED DE ALCANTARILLADO
SANITARIO

DIBUJO : ANGEL TENORIO

ACOTACIÓN :

METROS

LÁMINA : HIDRO

ESCALA : INDICADA

FECHA : MARZO 2022

FORMATO :

A1

05/13

ARCHIVO : LAMINADO DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO.dwg



ESCALA: 1:200

12 L/s
m²

PZ-7

CT=2,706.50 m
CI=2,703.82 m
H=2.68 m

TRAMO 7

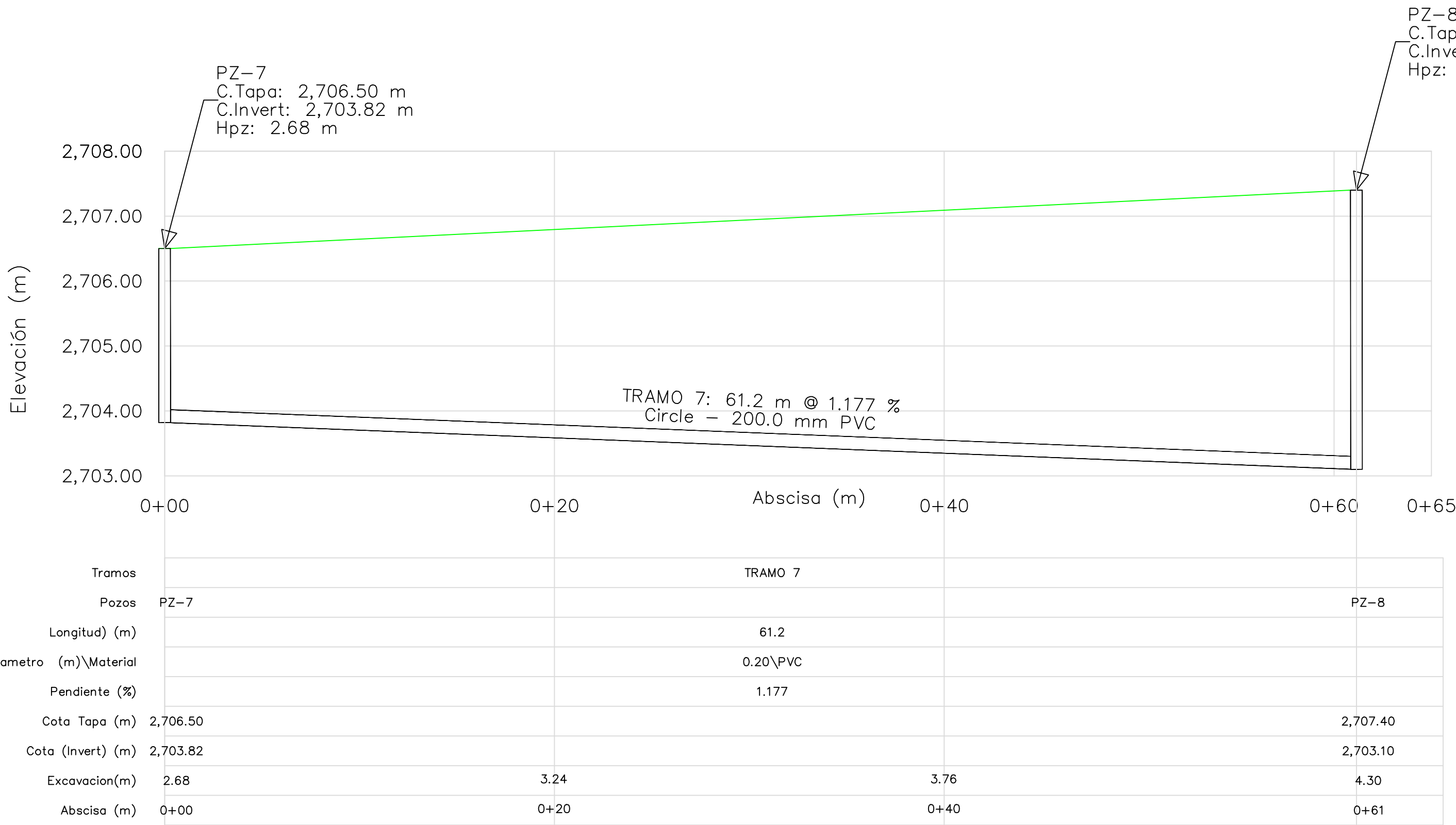
L=61.2 m
D=200.0 mm
S=1.177 ‰
Tr=0.208 kg/m³
Q=2.255 L/s
V=0.82 m/s

PZ-8

CT=2,707.40 m
CI=2,703.10 m
H=4.30 m



ESCALA: 1:200



PROYECTO :

DISEÑO DE UN SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO EN
'LA COMUNIDAD DE SALACHE
ANGAMARCA LA CALLE' DEL
CANTÓN SALCEDO

UBICACIÓN :



COMUNIDAD SALACHE ANGAMRCA LA CALLE DEL CANTÓN SALCEDO

COORDENADAS: (X):765,308.22 (Y) 9,888,192.21

SIMBOLOGÍA

-  AASS_200MM_PVC_PROYECTO
-  AASS_250MM_PVC_PROYECTO
-  AASS_300MM_PVC_PROYECTO
-  POZO ALCANTARILLADO SANITARIO
-  RASANTE DE LA VÍA
-  TUBERÍA VISTA DE PERFIL
-  POZOS VISTA DE PERFIL
-  DESCARGA

ELABORADO POR:

ANGEL TENORIO

REVISADO POR:

ING. XIOMARA -ZAMBRANO.MG
REG.SENESCYT: 1027-2018-2008031

REVISADO POR:

ING. MIGUEL ESPIN
REG.SENESCYT: 1005-07-753748

APROBADO POR:

ING. PAUL JIMENEZ
DIRECTOR DEL AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
'GAD SALCEDO'
REG.SENESCYT: 1010-2022-2554308

CONTIENE :

PERFIL DEL TRAMO 7 DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

DIBUJO : ANGEL TENORIO

ESCALA : INDICADA

FECHA: MARZO 2024

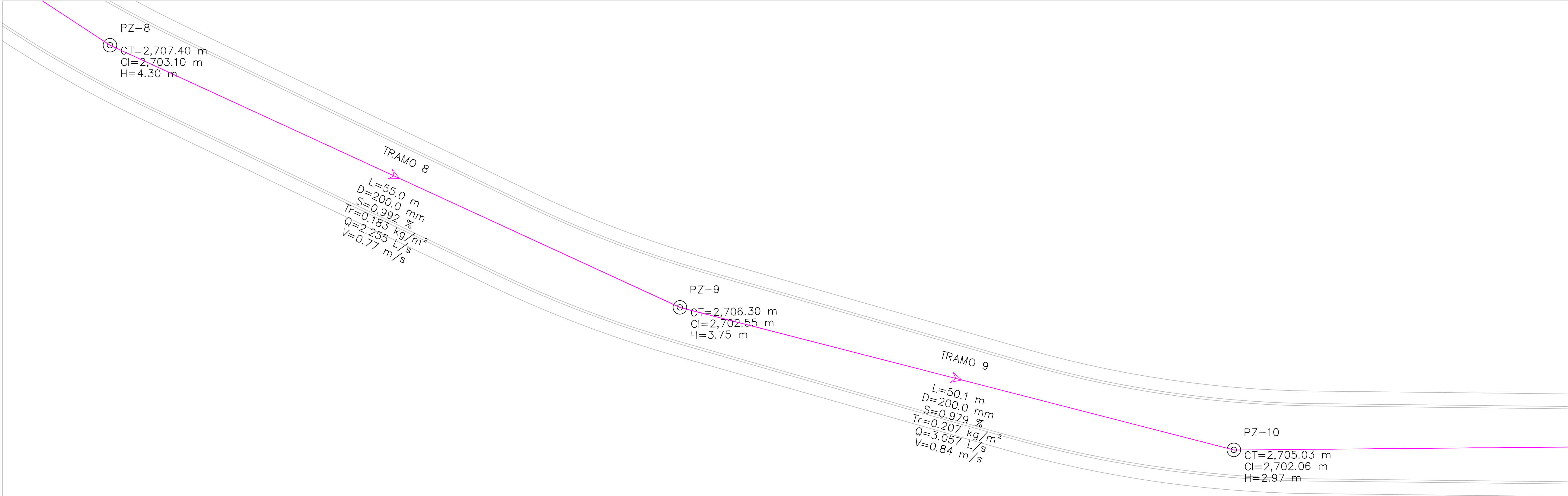
ACOTACIÓN :
METROS
A1

LÁMINA : **HIDRO**
06/13

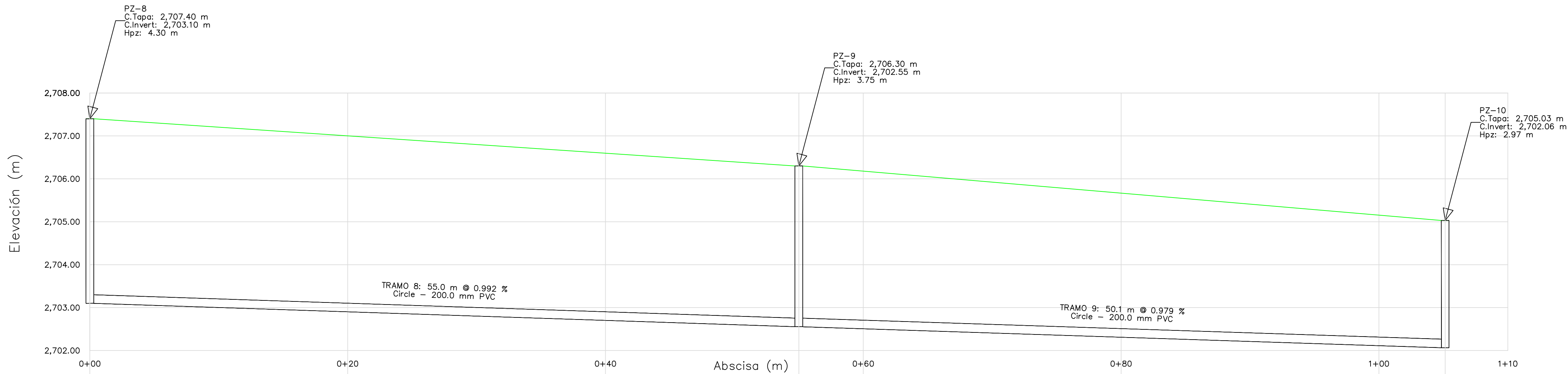
ARCHIVO : LAMINADO DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO.dwg



ESCALA: 1:200



ESCALA: 1:200



Tramos		TRAMO 8				TRAMO 9			
Pozos		PZ-8				PZ-9			
Longitud (m)		55.0				50.1			
Diametro (m)\Material		0.20\PVC				0.20\PVC			
Pendiente (%)		0.992				0.979			
Cota Tapa (m)		2,707.40				2,706.30			
Cota (Invert) (m)		2,703.10				2,702.55			
Excavacion(m)		4.30	4.06	3.83	3.65	3.64	3.58	3.54	2.97
Abscisa (m)		0+00	0+20	0+40	0+55	0+60	0+80	1+00	1+05

PROYECTO :

DISEÑO DE UN SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO EN
LA COMUNIDAD DE SALACHE
ANGAMARCA LA CALLE DEL
CANTÓN SALCEDO

UBICACIÓN :



COMUNIDAD SALACHE ANGAMRCA LA CALLE DEL CANTÓN SALCEDO

COORDENADAS: (X) 765,308.22 (Y) 9,888,192.21

SIMBOLOGÍA

- AASS_200MM_PVC_PROYECTO
- AASS_250MM_PVC_PROYECTO
- AASS_300MM_PVC_PROYECTO
- POZO ALCANTARILLADO SANITARIO
- RASANTE DE LA VÍA
- TUBERÍA VISTA DE PERFIL
- POZOS VISTA DE PERFIL
- DESCARGA

ELABORADO POR:

ANGEL TENORIO

REVISADO POR:

ING. XIOMARA ZAMBRANO MG
REG.SENESCYT: 1027-2018-2008031

REVISADO POR:

ING. MIGUEL ESPIN
REG.SENESCYT: 1005-07-753748

APROBADO POR:

ING. PAUL JIMENEZ
DIRECTOR DEL AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
"GAD SALCEDO"
REG.SENESCYT: 1010-2022-2554308

CONTIENE :

PERFIL DEL TRAMO 8-9 DE LA RED DE ALCANTARILLADO
SANITARIO

DIBUJO : ANGEL TENORIO

ESCALA : INDICADA

FECHA: MARZO 2026

ACOTACIÓN :

METROS

LÁMINA : HIDRO

FORMATO :

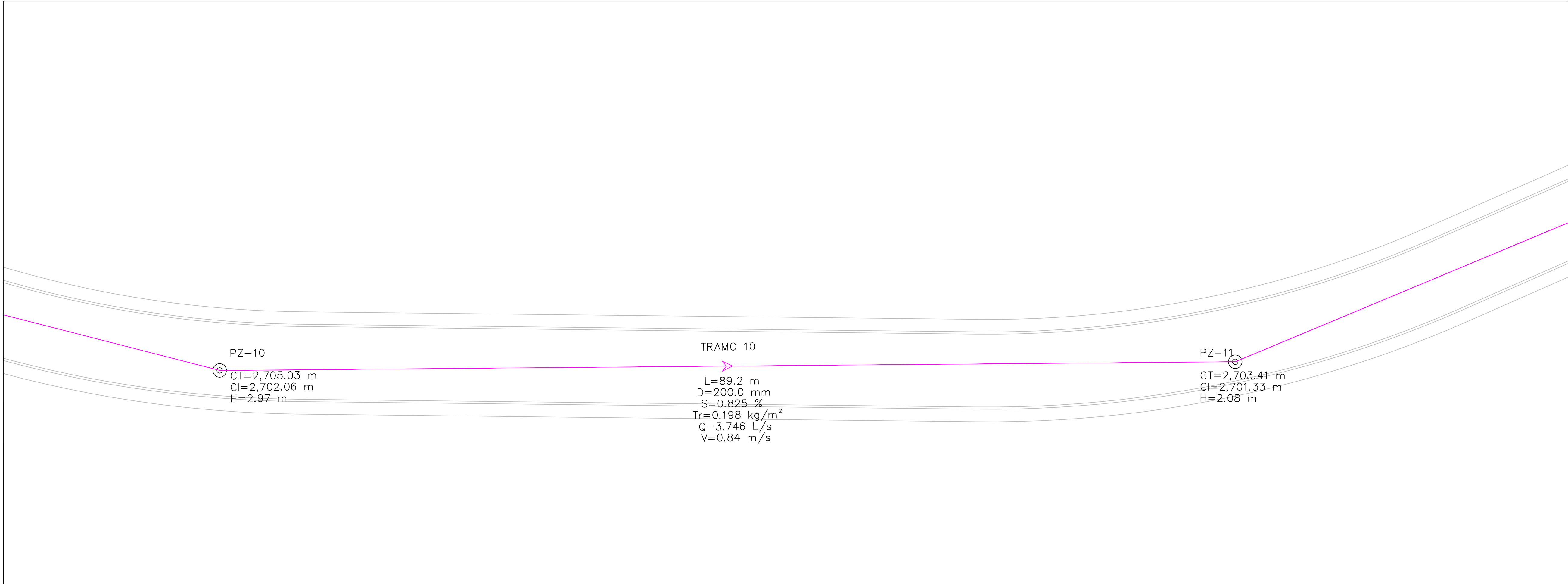
A1

07/13

ARCHIVO : LAMINADO DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO.dwg



ESCALA: 1:200



PZ-10

CT=2,705.03 m
CI=2,702.06 m
H=2.97 m

TRAMO 10

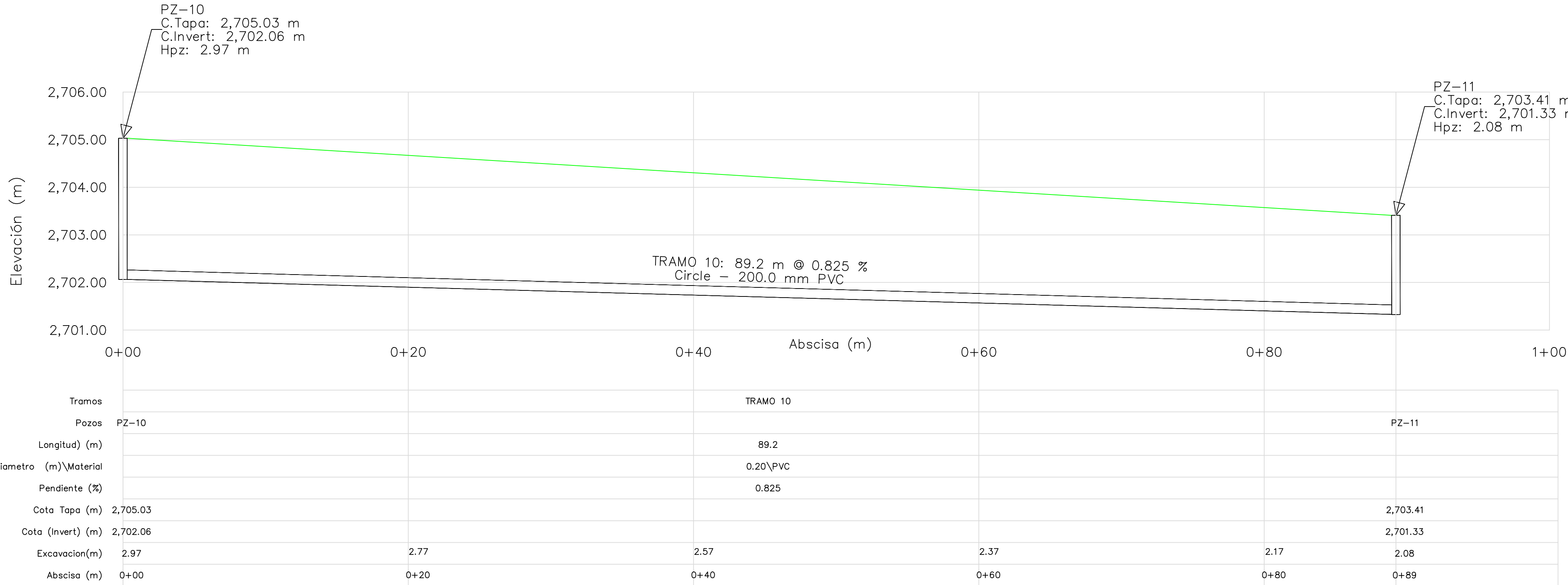
L=89.2 m
D=200.0 mm
S=0.825 %
Tr=0.198 kg/m²
Q=3.746 L/s
V=0.84 m/s

PZ-11

CT=2,703.41 m
CI=2,701.33 m
H=2.08 m



ESCALA: 1:200



PZ-10
C.Tapa: 2,705.03 m
C.Invert: 2,702.06 m
Hpz: 2.97 m

PZ-11
C.Tapa: 2,703.41 m
C.Invert: 2,701.33 m
Hpz: 2.08 m

TRAMO 10: 89.2 m @ 0.825 %
Circle - 200.0 mm PVC

PROYECTO :

DISEÑO DE UN SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO EN
LA COMUNIDAD DE SALACHE
ANGAMARCA LA CALLE DEL
CANTÓN SALCEDO

UBICACIÓN :



COMUNIDAD SALACHE ANGAMRCA LA CALLE DEL CANTÓN SALCEDO

COORDENADAS: (X):765,308.22 (Y) 9,888,192.21

SIMBOLOGÍA

- AASS_200MM_PVC_PROYECTO
- AASS_250MM_PVC_PROYECTO
- AASS_300MM_PVC_PROYECTO
- POZO ALCANTARILLADO SANITARIO
- RASANTE DE LA VÍA
- TUBERÍA VISTA DE PERFIL
- POZOS VISTA DE PERFIL
- DESCARGA

ELABORADO POR:

ANGEL TENORIO

REVISADO POR:

ING. XIOMARA ZAMBRANO MG
REG.SENESCYT: 1027-2018-2008031

REVISADO POR:

ING. MIGUEL ESPIN
REG.SENESCYT: 1005-07-753748

APROBADO POR:

ING. PAUL JIMENEZ
DIRECTOR DEL AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
"GAD SALCEDO"
REG.SENESCYT: 1010-2022-2554308

CONTIENE :

PERFIL DEL TRAMO 10 DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

DIBUJO : ANGEL TENORIO

ESCALA: INDICADA

FECHA: MARZO 2026

ACOTACIÓN :

METROS

FORMATO : A1

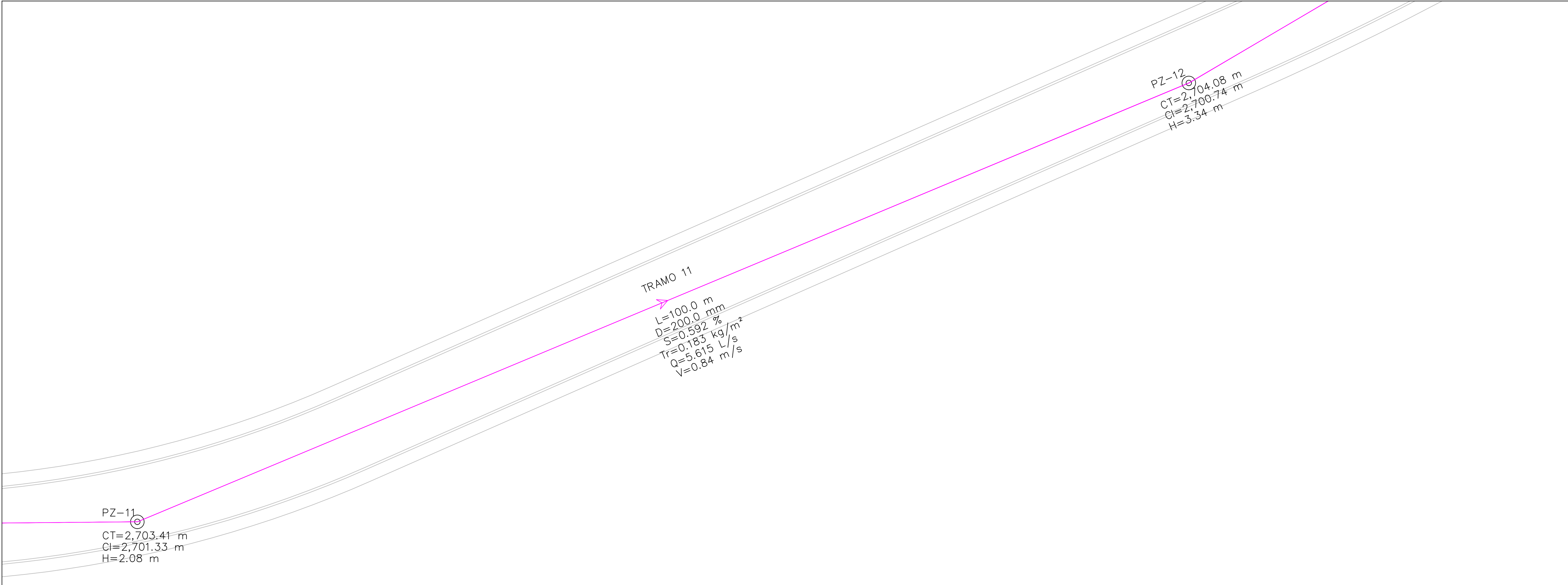
LÁMINA : HIDRO

08/13

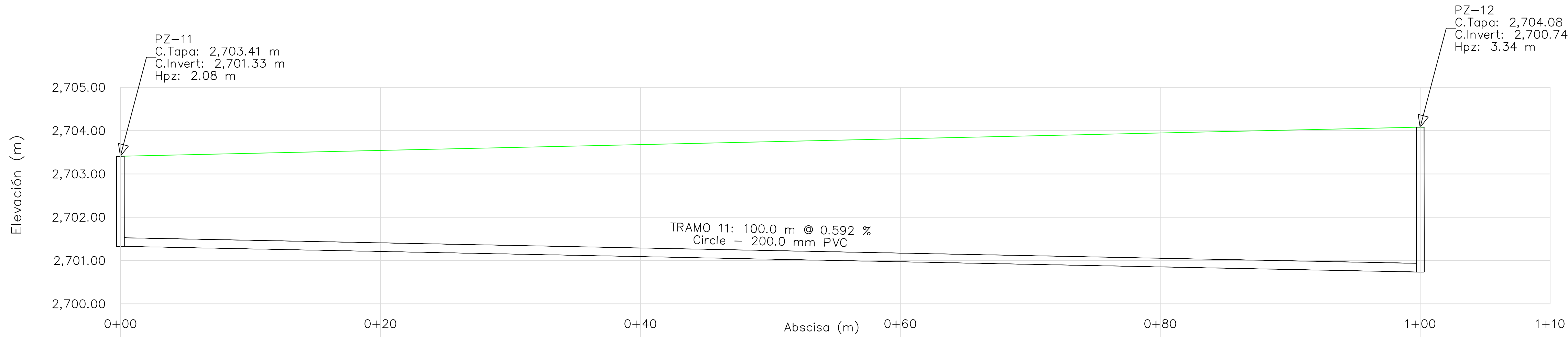
ARCHIVO : LAMINADO DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO.dwg



ESCALA: 1:200



ESCALA: 1:200



Tramos		TRAMO 11					
Pozos		PZ-11					PZ-12
Longitud (m)				100.0			
Diametro (m)\Material				0.20\PVC			
Pendiente (%)				0.592			
Cota Tapa (m)		2,703.41					2,704.08
Cota (Invert) (m)		2,701.33					2,700.74
Excavacion(m)		2.08	2.33	2.59	2.84	3.09	3.34
Abcisa (m)		0+00	0+20	0+40	0+60	0+80	1+00



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI

PROYECTO :

DISEÑO DE UN SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO EN
"LA COMUNIDAD DE SALACHE
ANGAMARCA LA CALLE" DEL
CANTÓN SALCEDO

UBICACIÓN :



COMUNIDAD SALACHE ANGAMRCA LA CALLE DEL CANTÓN SALCEDO

COORDENADAS: (X):765,308.22 (Y) 9,888,192.21

SIMBOLOGÍA

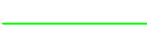
AASS_200MM_PVC_PROYECTO

AASS_250MM_PVC_PROYECTO

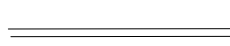
AASS_300MM_PVC_PROYECTO



POZO ALCANTARILLADO SANITARIO



RASANTE DE LA VÍA



TUBERÍA VISTA DE PERFIL



POZOS VISTA DE PERFIL



DESCARGA

ELABORADO POR:

ANGEL TENORIO

REVISADO POR:

ING. XIOMARA ZAMBRANO MG
REG.SENESCYT: 1027-2018-2008031

REVISADO POR:

ING. MIGUEL ESPIN
REG.SENESCYT: 1005-07-753748

APROBADO POR:

ING. PAUL JIMENEZ
DIRECTOR DEL AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
"GAD SALCEDO"
REG.SENESCYT: 1010-2022-2554308

C O N T I E N E :

PERFIL DEL TRAMO 11 DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

DIBUJO : ANGEL TENORIO

ACOTACIÓN :

LÁMINA : HIDRO

ESCALA : INDICADA

FECHA MARZO 2025

FORMATO :

A1

09/13

ARCHIVO : LAMINADO DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO.dwg



ESCALA: 1:200

PROYECTO :

DISEÑO DE UN SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO EN
"LA COMUNIDAD DE SALACHE
ANGAMARCA LA CALLE" DEL
CANTÓN SALCEDO

UBICACIÓN :



COMUNIDAD SALACHE ANGAMARCA LA CALLE DEL CANTÓN SALCEDO

COORDENADAS: (X):765,308.22 (Y) 9,888,192.21

SIMBOLOGÍA

- AASS_200MM_PVC_PROYECTO
- AASS_250MM_PVC_PROYECTO
- AASS_300MM_PVC_PROYECTO
- POZO ALCANTARILLADO SANITARIO
- RASANTE DE LA VÍA
- TUBERÍA VISTA DE PERFIL
- POZOS VISTA DE PERFIL
- DESCARGA

ELABORADO POR:

ANGEL TENORIO

REVISADO POR:

ING. XIOMARA ZAMBRANO MG
REG.SENESCYT: 1027-2018-2008031

REVISADO POR:

ING. MIGUEL ESPIN
REG.SENESCYT: 1005-07-753748

APROBADO POR:

ING. PAUL JIMENEZ
DIRECTOR DEL AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
"GAD SALCEDO"
REG.SENESCYT: 1010-2022-2554308

CONTIENE :

PERFIL DEL TRAMO 12 DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

DIBUJO : ANGEL TENORIO

ACOTACIÓN :

LÁMINA : HIDRO

ESCALA : INDICADA

FECHA MARZO 2026

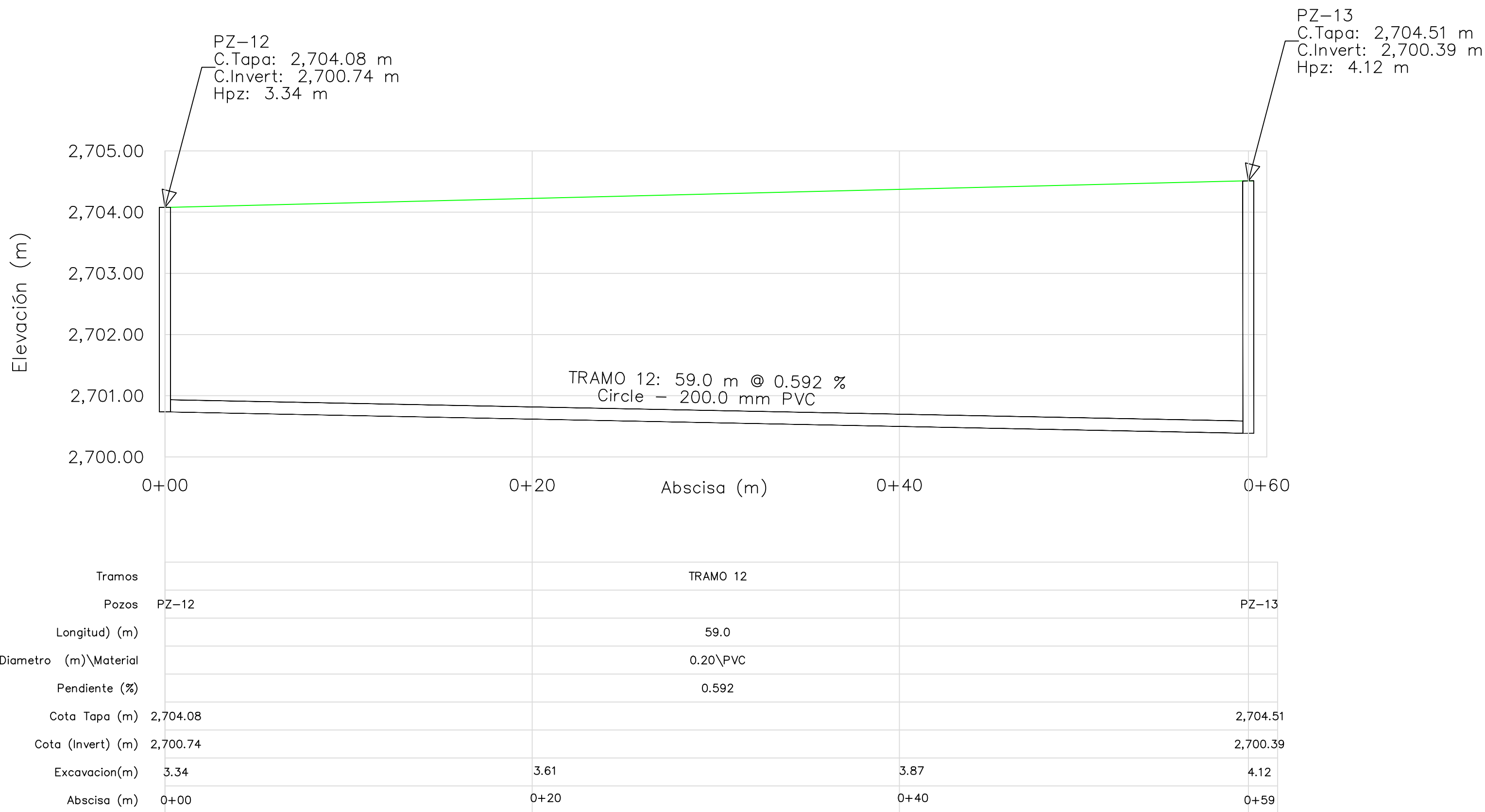
FORMATO :

10/13

ARCHIVO : LAMINADO DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO.dwg

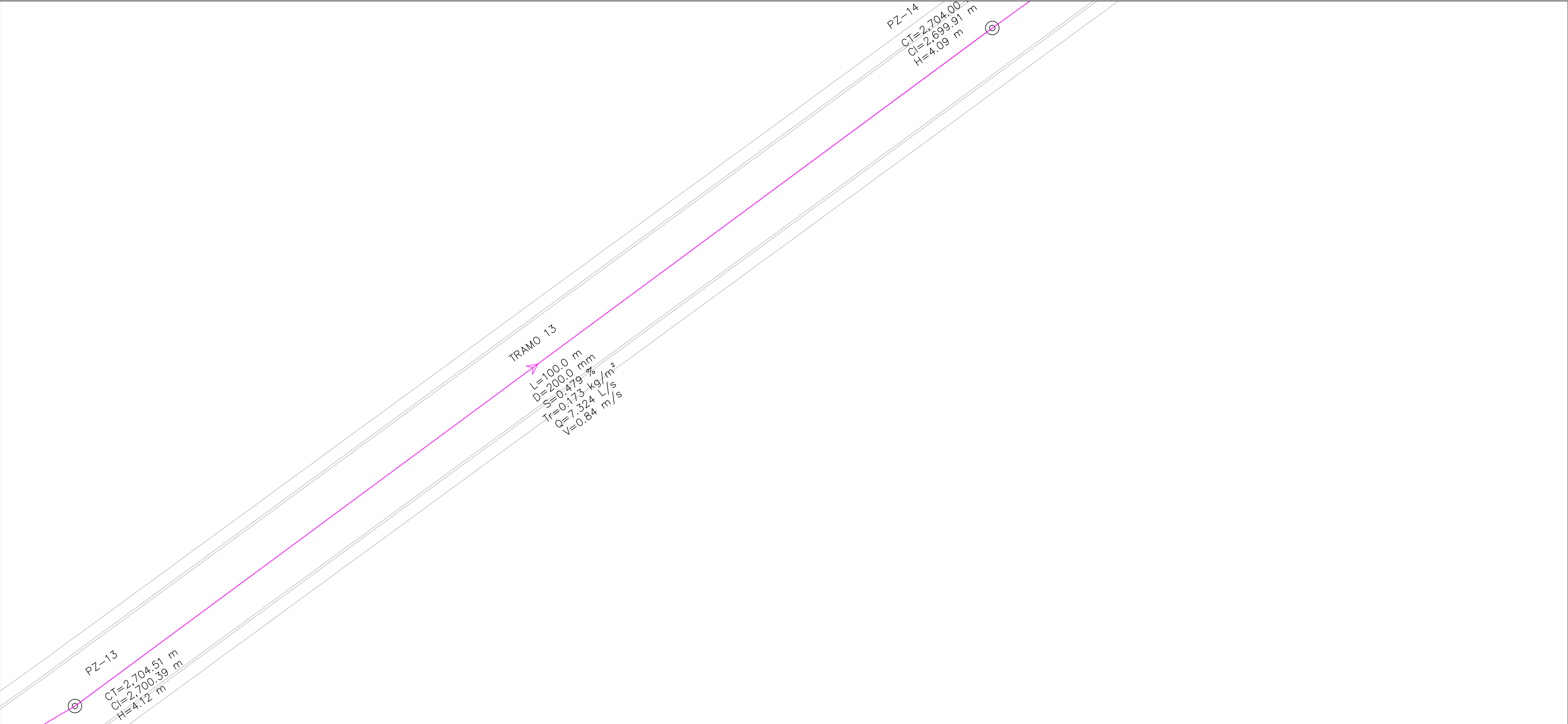


ESCALA: 1:200

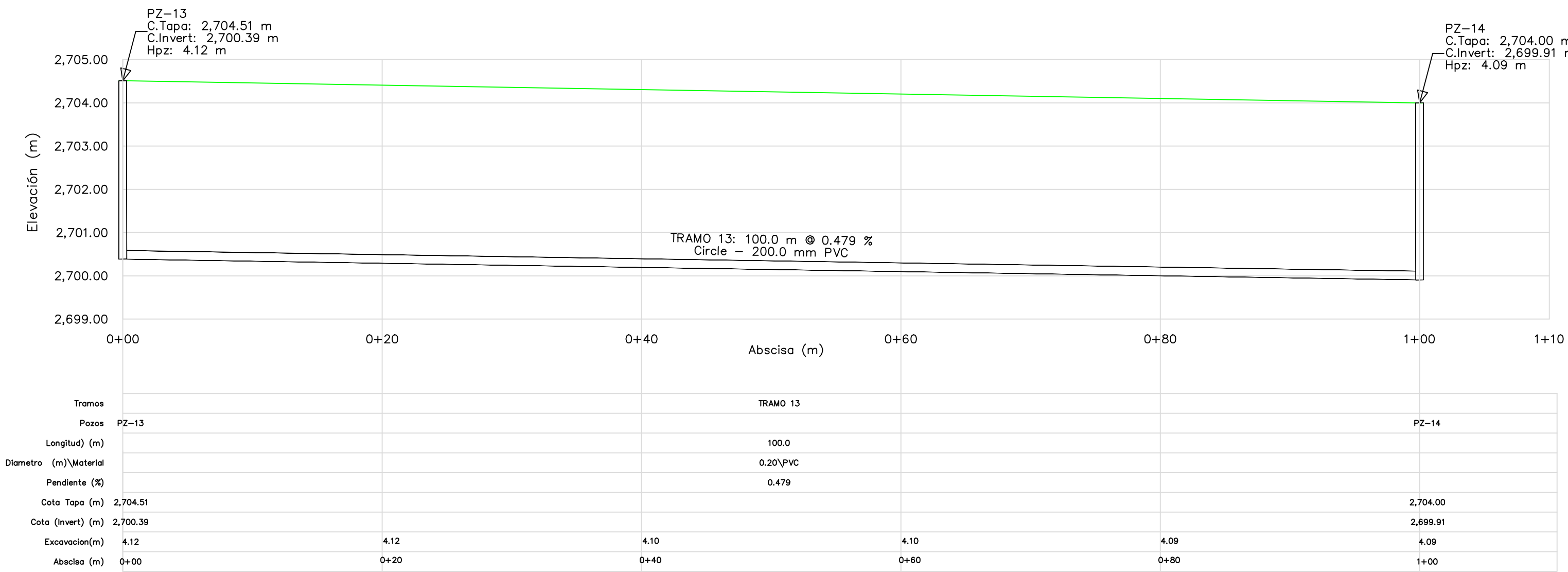




ESCALA: 1:200



ESCALA: 1:300



PROYECTO :

DISEÑO DE UN SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO EN
"LA COMUNIDAD DE SALACHE
ANGAMARCA LA CALLE" DEL
CANTÓN SALCEDO

UBICACIÓN :



COMUNIDAD SALACHE ANGAMRCA LA CALLE DEL CANTÓN SALCEDO

COORDENADAS: (X):765,308.22

(Y) 9,888,192.21

SIMBOLOGÍA

AASS_200MM_PVC_PROYECTO

AASS_250MM_PVC_PROYECTO

AASS_300MM_PVC_PROYECTO

POZO ALCANTARILLADO SANITARIO

RASANTE DE LA VÍA

TUBERÍA VISTA DE PERFIL

POZOS VISTA DE PERFIL

DESCARGA

ELABORADO POR:

ANGEL TENORIO

REVISADO POR:

ING. XIOMARA ZAMBRANO MG

REVISADO POR:

ING. MIGUEL ESPIN
REG.SENESCYT: 1005-07-753748

APROBADO POR:

ING. PAUL JIMENEZ
DIRECTOR DEL AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
"GAD SALCEDO"
REG.SENESCYT: 1010-2022-2554308

CONTIENE :

PERFIL DEL TRAMO 13 DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

DIBUJO : ANGEL TENORIO

ESCALA : INDICADA

FECHA: MARZO 2026

ARCHIVO : LAMINADO DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO.dwg

ACOTACIÓN :
METROS

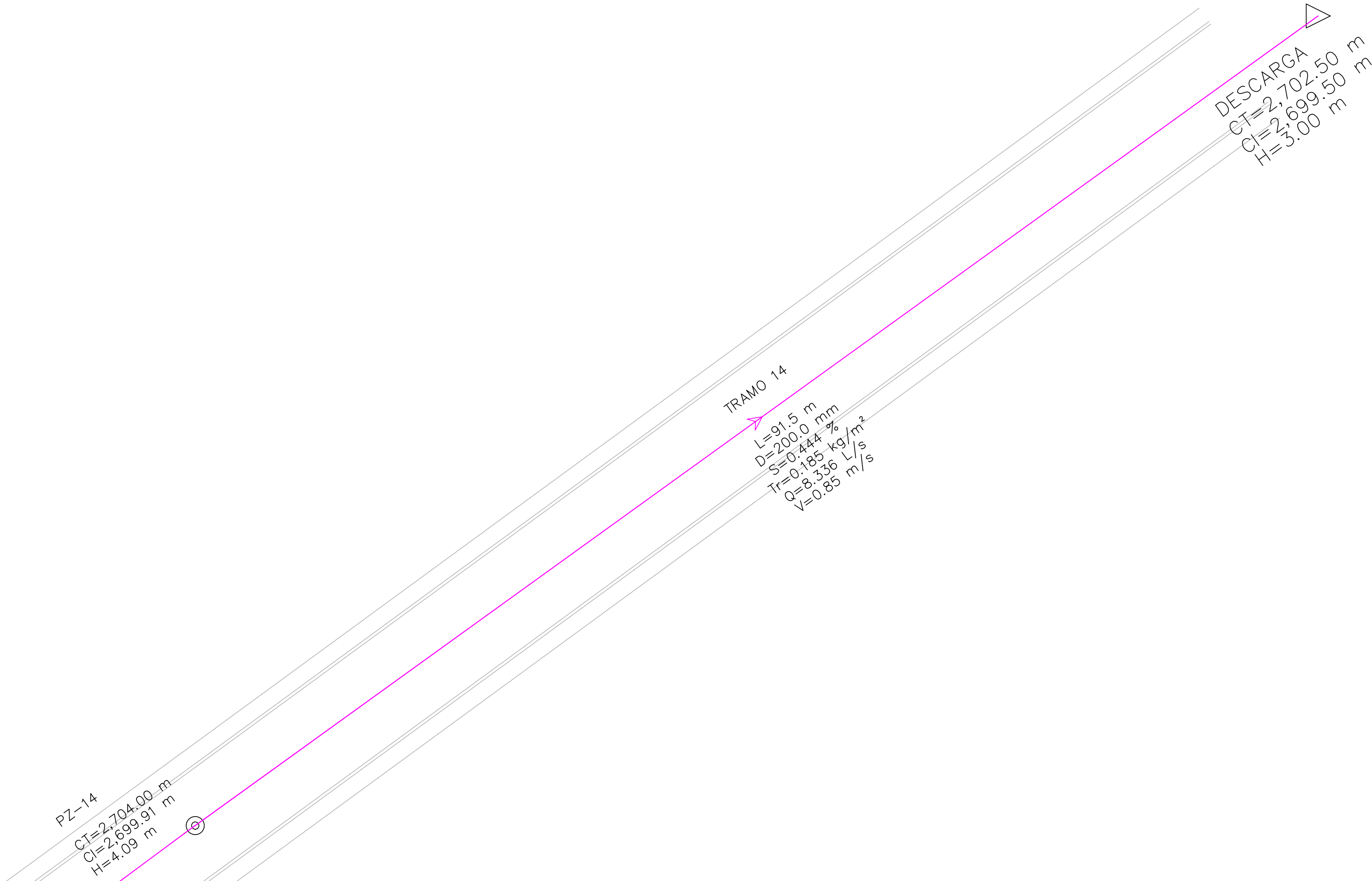
FORMATO :
A1

LÁMINA : HIDRO

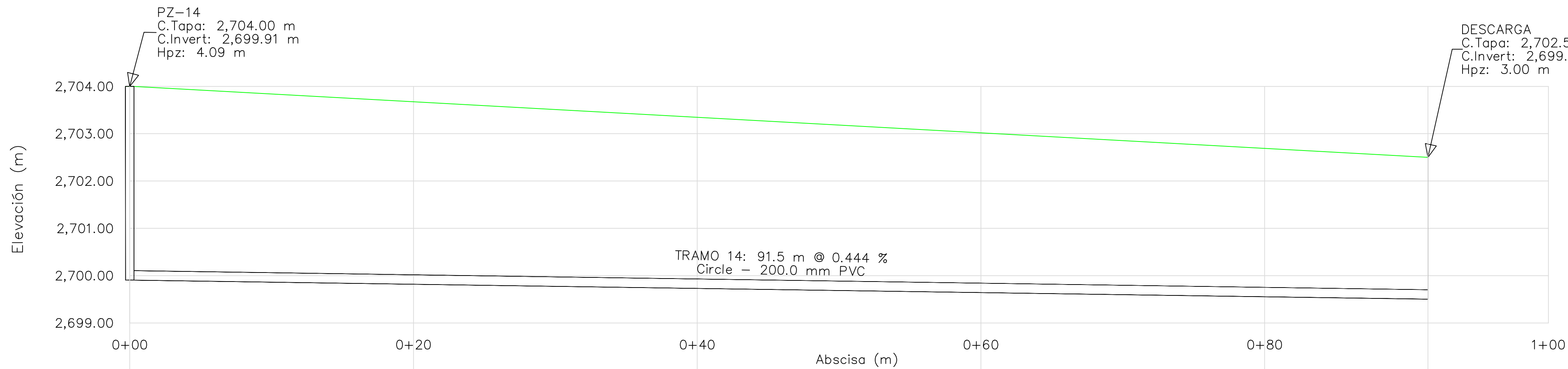
11/13



ESCALA: 1:200



ESCALA: 1:200



Tramos		TRAMO 14					
Pozos	PZ-14						DESCARGA
Longitud (m)		91.5					
Diametro (m)\Material		0.20\PVC					
Pendiente (%)		0.444					
Cota Tapa (m)	2,704.00						2,702.50
Cota (Invert) (m)	2,699.91						2,699.50
Excavacion(m)	4.09	3.85		3.62	3.38	3.15	3.00
Abscisa (m)	0+00	0+20	0+40	0+60	0+80	0+92	

PROYECTO :

DISEÑO DE UN SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO EN
"LA COMUNIDAD DE SALACHE
ANGAMARCA LA CALLE" DEL
CANTÓN SALCEDO

UBICACIÓN :



COMUNIDAD SALACHE ANGAMRCA LA CALLE DEL CANTÓN SALCEDO

COORDENADAS: (X):765,308.22 (Y) 9,888,192.21

SIMBOLOGÍA

- AASS_200MM_PVC_PROYECTO
- AASS_250MM_PVC_PROYECTO
- AASS_300MM_PVC_PROYECTO
- POZO ALCANTARILLADO SANITARIO
- RASANTE DE LA VÍA
- TUBERÍA VISTA DE PERFIL
- POZOS VISTA DE PERFIL
- DESCARGA

ELABORADO POR:

ANGEL TENORIO

REVISADO POR:

ING. XIOMARA ZAMBRANO.MG
REG.SENESCYT: 1027-2018-2008031

REVISADO POR:

ING. MIGUEL ESPIN
REG.SENESCYT: 1005-07-753748

APROBADO POR:

ING. PAUL JIMENEZ
DIRECTOR DEL AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
"GAD SALCEDO"
REG.SENESCYT: 1010-2022-2554308

CONTIENE :

PERFIL DEL TRAMO 14 DE LA RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO

DIBUJO : ANGEL TENORIO

ESCALA : INDICADA

FECHA: MARZO 2026

ACOTACIÓN : METROS

FORMATO : A1

LÁMINA : HIDRO

12/13

ARCHIVO : LAMINADO DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO.dwg



ESCALA: 1:200

PROYECTO :

DISEÑO DE UN SISTEMA DE
ALCANTARILLADO SANITARIO EN
"LA COMUNIDAD DE SALACHE
ANGAMARCA LA CALLE" DEL
CANTÓN SALCEDO

UBICACIÓN :



COMUNIDAD SALACHE ANGAMARCA LA CALLE DEL CANTÓN SALCEDO

COORDENADAS: (X):765,308.22 (Y) 9,888,192.21

SIMBOLOGÍA

- AASS_200MM_PVC_PROYECTO
- AASS_250MM_PVC_PROYECTO
- AASS_300MM_PVC_PROYECTO
- POZO ALCANTARILLADO SANITARIO
- RASANTE DE LA VÍA
- TUBERÍA VISTA DE PERFIL
- POZOS VISTA DE PERFIL
- DESCARGA

ELABORADO POR:

ANGEL TENORIO

REVISADO POR:

ING. Xiomara Zambrano MG
REG.SENESCYT: 1027-2018-2008031

REVISADO POR:

ING. MIGUEL ESPIN
REG.SENESCYT: 1005-07-753748

APROBADO POR:

ING. PAUL JIMENEZ
DIRECTOR DEL AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
"GAD SALCEDO"
REG.SENESCYT: 1010-2022-2554308

CONTIENE :

DETALLES POZOS DE REVISION, DETALLES ESTRUCTURALES MURO
DE ALA

DIBUJO : ANGEL TENORIO

ESCALA : INDICADA

FECHA MARZO 2026

ACOTACIÓN :

FORMATO : A1

LÁMINA : HIDRO

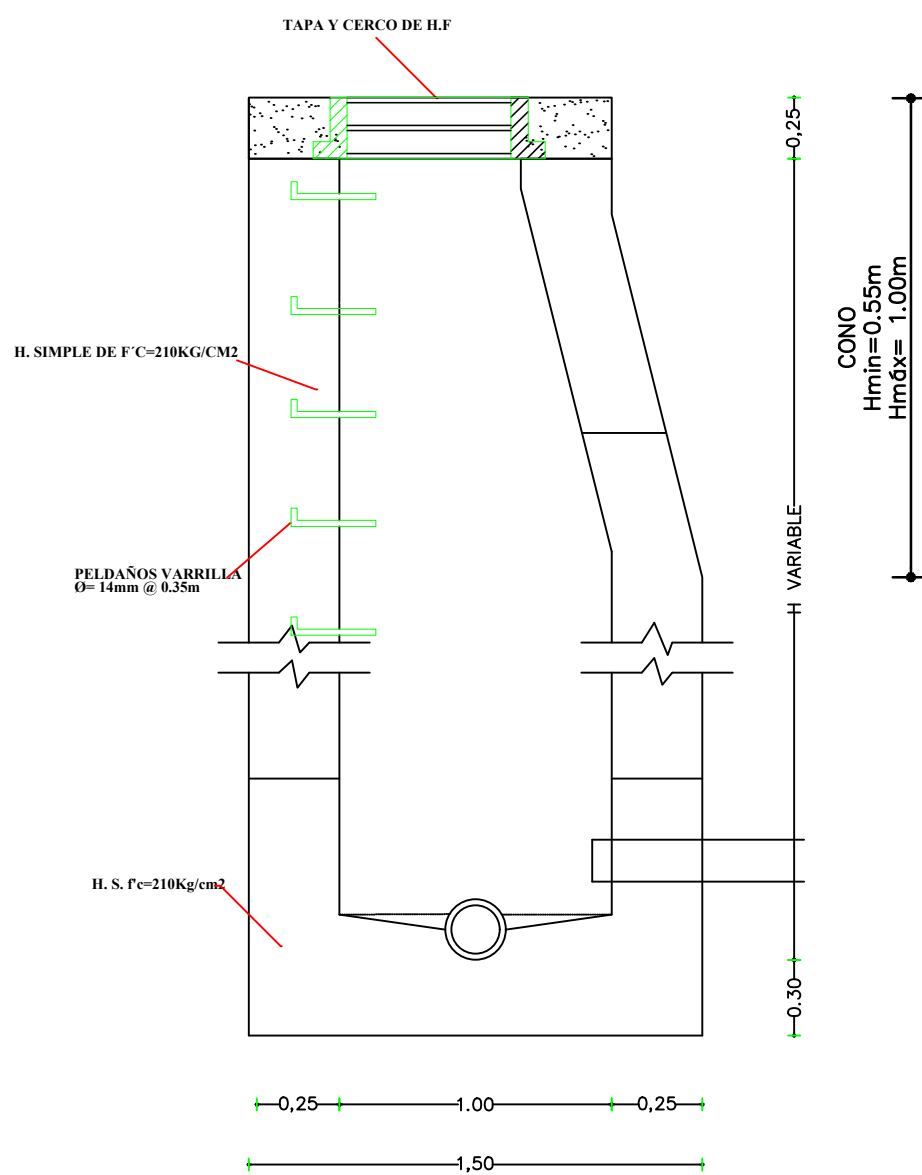
13/13

ARCHIVO : LAMINADO DISEÑO ALCANTARILLADO SANITARIO.dwg

DETALLE DE POZOS

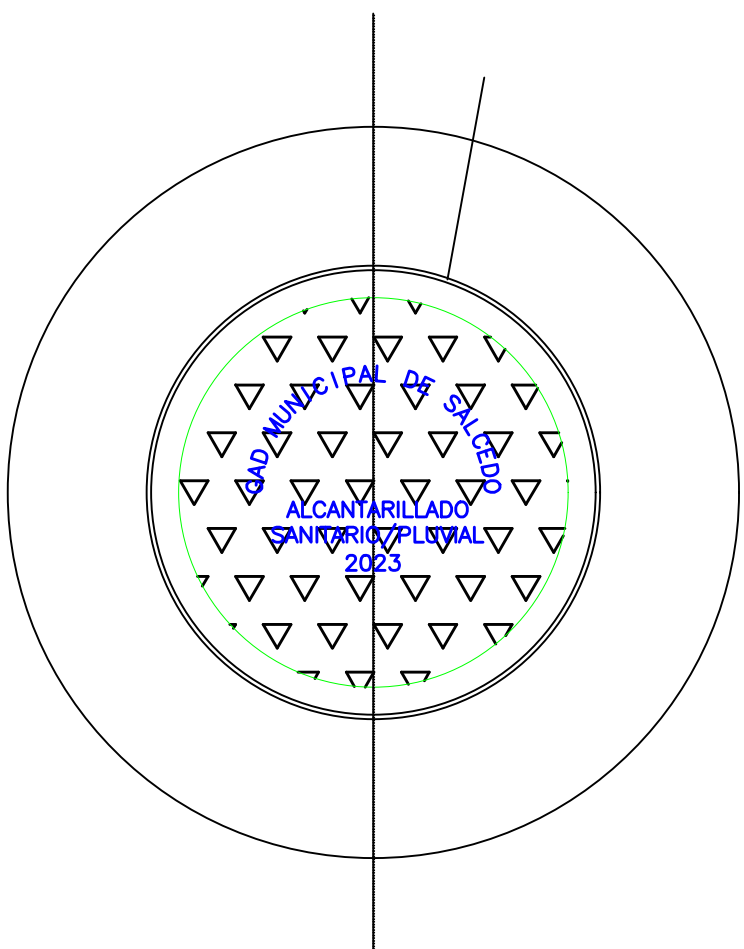
POZO DE REVISION

ESCALA ----- 1 : 20

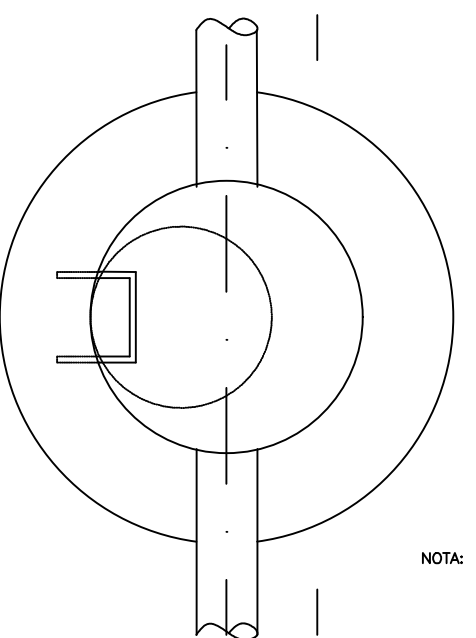


DETALLE DE LA ESTRUCTURA DE LA TAPA DE H.F.

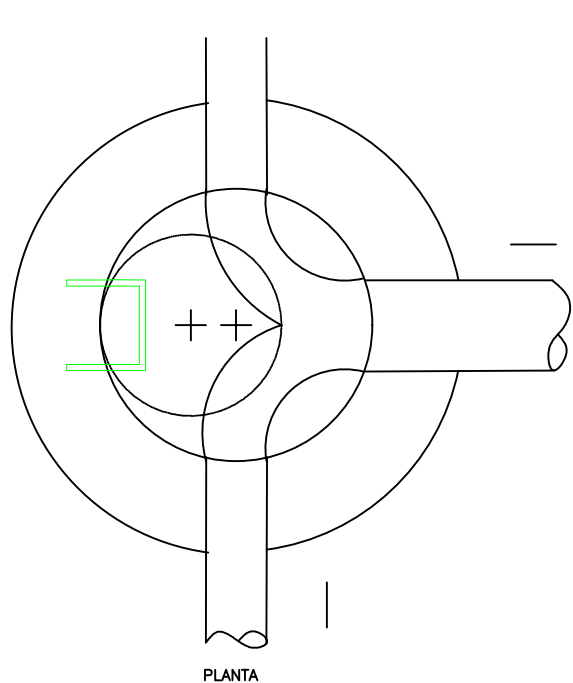
ESCALA ----- 1 : 10



EMPALMES DE CANALES

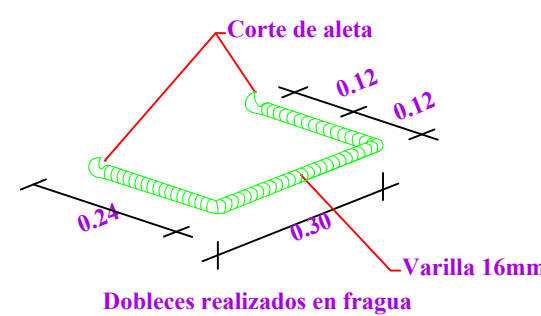


EMPALMES DE TRES Y CUATRO CANALES



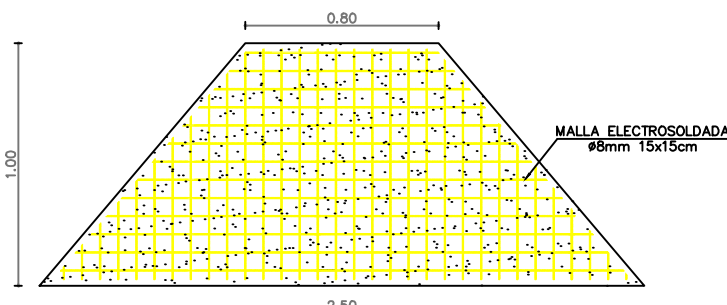
DETALLE DE LA ESTRUCTURA
DE LA TAPA DE H.F.

ESCALA ----- 1 : 10



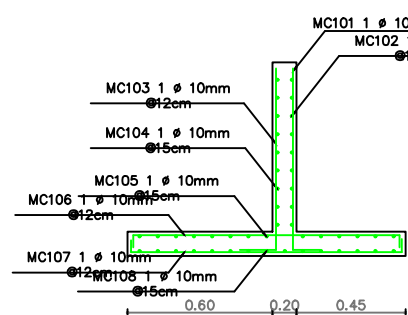
Detalle de Peldaño

DETALLE DE MURO DE ALA



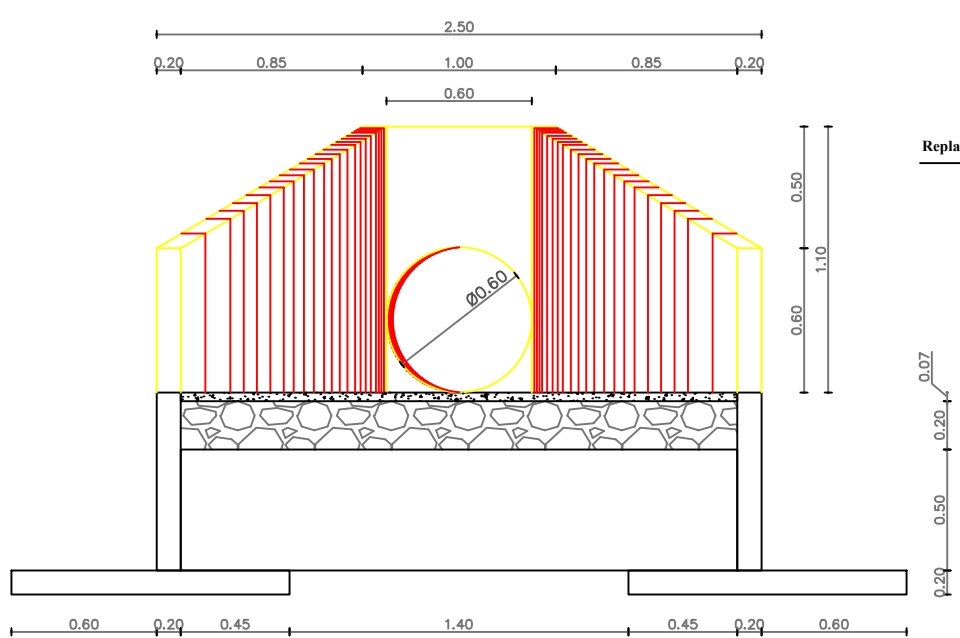
PLANTA LOSETA

ESCALA ----- 1 : 25



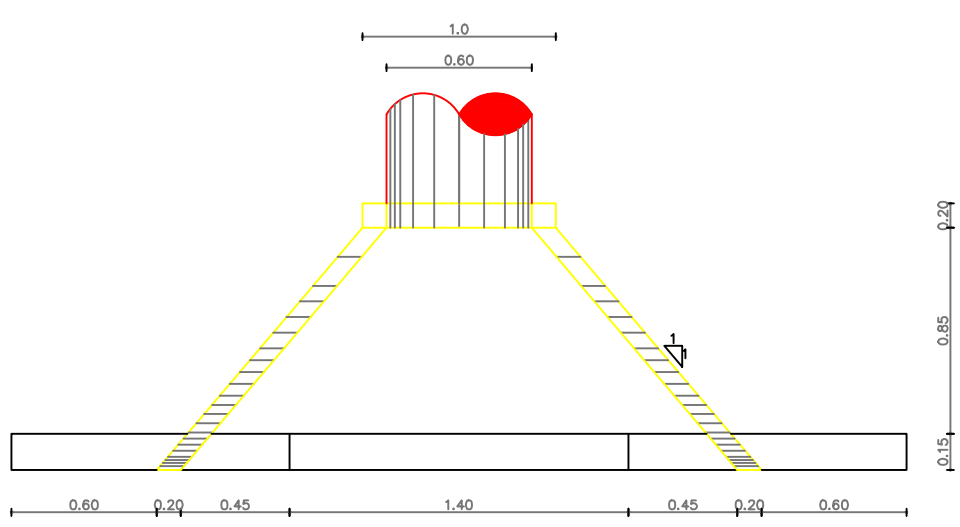
ELEVACIÓN TALÓN Y PIE

ESCALA ----- 1 : 25



ELEVACIÓN

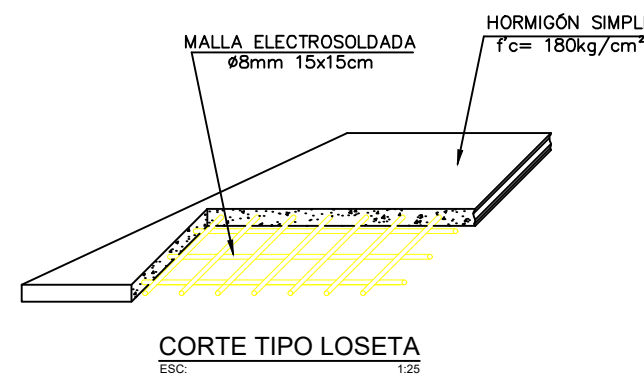
ESCALA ----- 1 : 25



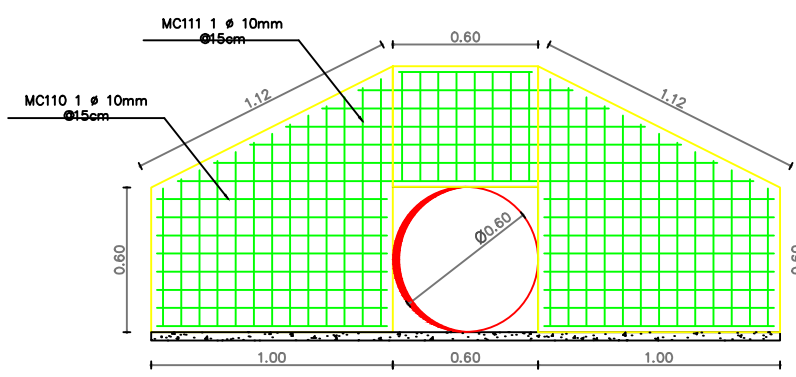
PLANTA

ESCALA ----- 1 : 25

CABEZALES DE ENTRADA/SALIDA ALCANTARILLAS TIPO T-1

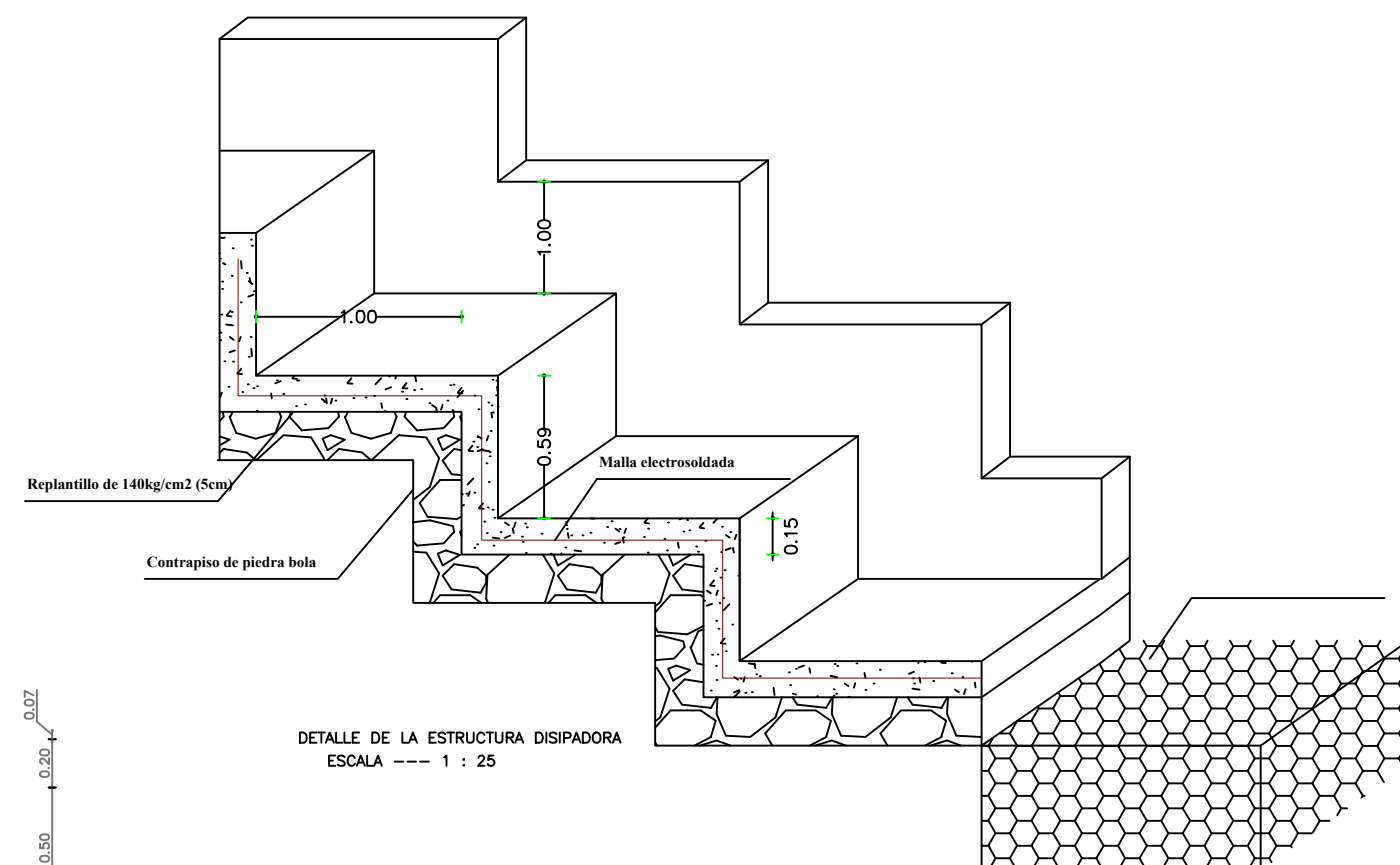


CORTE TIPO LOSETA



ELEVACIÓN MUROS Y TUBERÍA

ESCALA ----- 1 : 25



DETALLE DE LA ESTRUCTURA DISIPADORA

ESCALA ----- 1 : 25

PLANILLA DE HIERROS

MC	DIÁMETRO (mm)	TIPO	NÚMERO	DIMENSIONES					LONGITUD DE CORTE	LONGITUD TOTAL (m)	PESO (Kg)	OBSERVACIONES
				a	b	c	d	e				
TALÓN Y PIE												
101	10	L	4	1.50	0.23				1.73	6.90	4.26	Longitud total es de 55.54m. Se utiliza 5 varillas de 12.00m con un sobrante de 4.46m.
102	10	I	18	0.24					0.24	4.32	2.67	
103	10	L	4	1.50	0.30				1.80	7.20	4.44	
104	10	I	18	0.24					0.24	4.32	2.67	
105	10	I	28	0.24					0.24	6.72	4.15	
106	10	C	4	2.20	0.20				2.40	9.60	5.92	
107	10	C	4	2.24	0.20				2.44	9.76	6.02	
108	10	I	28	0.24					0.24	6.72	4.15	
MUROS DE ALA												
110	10	I	16	1.90					1.90	30.40	18.76	Longitud total es de 99.68m. Se utiliza 8 varillas de 12.00m. Utilizando el sobrante anterior, sobra 0.78m.
110	10	I	1	4.76					4.76	4.76	2.94	
110	10	I	1	4.16					4.16	4.16	2.57	
110	10	I	1	3.56					3.56	3.56	2.20	
110	10	I	1	2.97					2.97	2.97	1.83	
110	10	I	1	2.37					2.37	2.37	1.46	
110	10	I	1	1.77					1.77	1.77	1.09	
110	10	I	1	1.10					1.10	1.10	0.68	
111	10	I	8	0.90					0.90	7.20	4.44	
111	10	I	2	2.04					2.04	4.09	2.52	
111	10	I	2	1.97					1.97	3.94	2.43	
111	10	I	2	1.89					1.89	3.79	2.34	
111	10	I	2	1.82					1.82	3.64	2.24	
111	10	I	2	1.74					1.74	3.48	2.15	
111	10	I	2	1.67					1.67	3.33	2.06	
111	10	I	2	1.59					1.59	3.18	1.96	
111	10	I	2	1.52					1.52	3.03	1.87	
111	10	I	2	1.44					1.44	2.88	1.78	
111	10	I	2	1.37					1.37	2.73	1.68	
111	10	I	2	1.29					1.29	2.58	1.59	
111	10	I	2	1.21					1.21	2.43	1.50	
111	10	I	2	1.14					1.14	2.28	1.41	

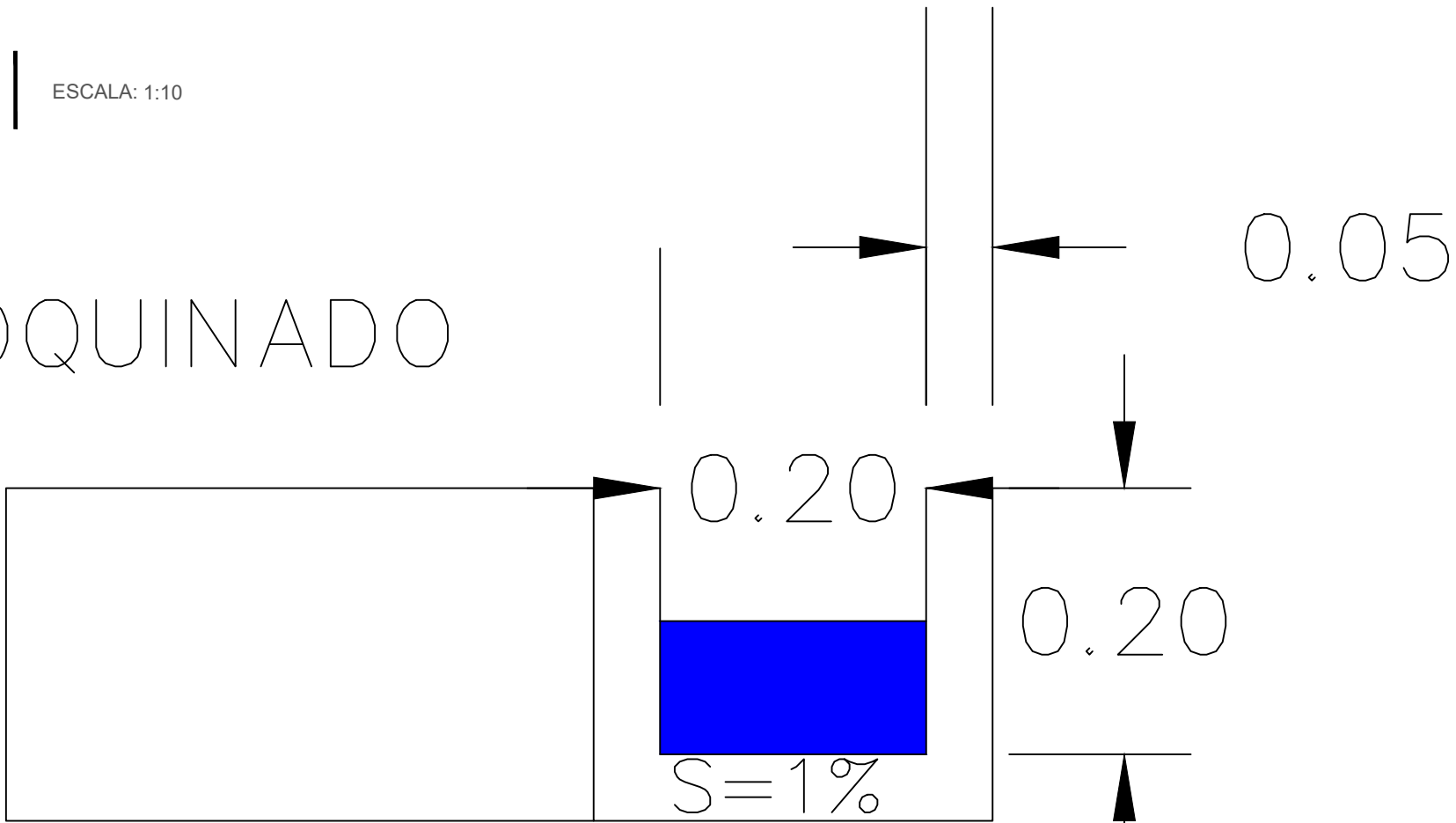


ESCALA: 1:1250



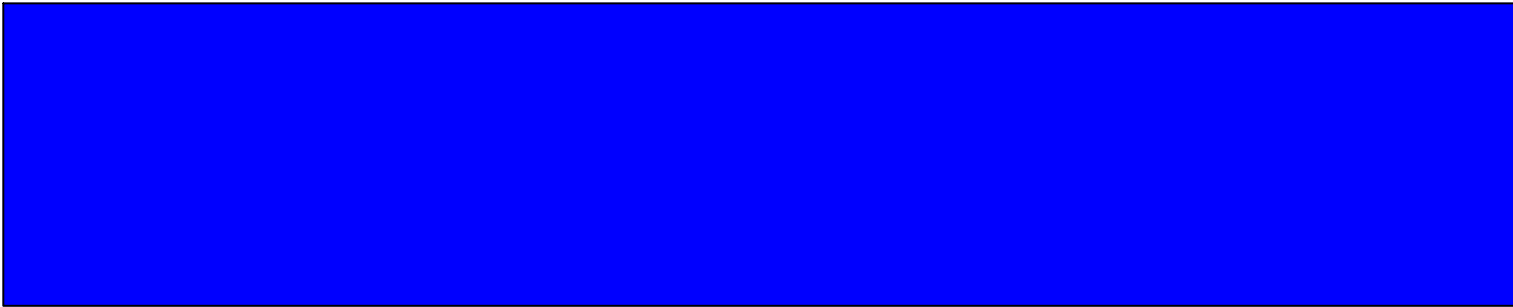
ESCALA: 1:10

ADOQUINADO



VISTA DE PERFIL

CANAL DE AGUA TRANSVERSAL



VISTA EN PLANTA



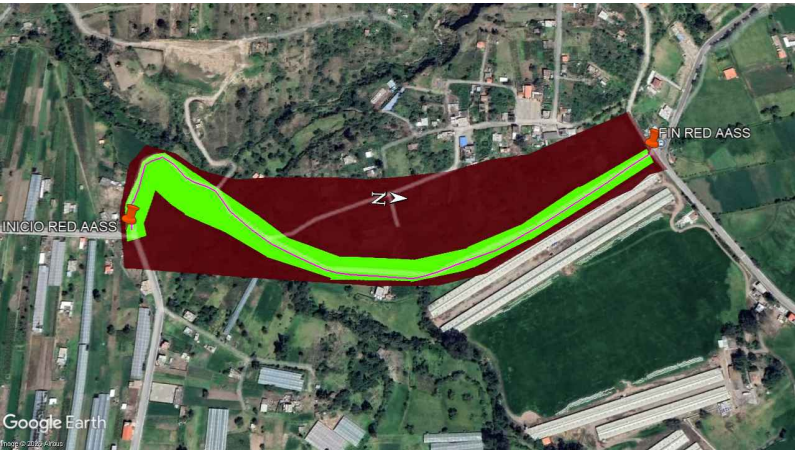
ANALISIS DE CAUDALES DE AGUA PLUVIAL

AREAS ACUMULADAS	Q (m^3/s)	CANAL	OBSERVACION
A1	0.06733746	IZQUIERDO	DE SUR A NORTE
SUMA A1+A2	0.09430169	IZQUIERDO	DE SUR A NORTE
A3	0.13341218	DERECHO	DE SUR A NORTE
A4	0.04949016	IZQUIERDO	DE NORTE A SUR
A5	0.0575284	IZQUIERDO	DE SUR A NORTE
A6	0.12399846	IZQUIERDO	DE SUR A NORTE
SUMA A5+A7	0.08828461	DERECHO	DE SUR A NORTE
SUMA A6+A8	0.27079561	IZQUIERDO	DE SUR A NORTE
SUMA A6+A8+A9	0.32001646	IZQUIERDO	DE SUR A NORTE
SUMA A6+A8+A9	0.38045551	IZQUIERDO	DE SUR A NORTE
SUMA A6+A8+A9+A10	0.44089456	IZQUIERDO	DE SUR A NORTE

PROYECTO :

ÁREAS DE APORTACIÓN PARA EL
DISEÑO DE UN SISTEMA DE
ALCANTARILLADO PLUVIAL PARA
"LA COMUNIDAD SALACHE
ANGAMARCA LA CALLE CANTÓN"
SALCEDO

UBICACIÓN :



COMUNIDAD SALACHE ANGAMARCA LA CALLE DEL CANTÓN SALCEDO

COORDENADAS: (X): 765,379.72 (Y): 9,888,471.55

SIMBOLOGÍA

	AREA 1	0.3291(ha)
	AREA 2	0.1393(ha)
	AREA 3	0.0860(ha)
	AREA 4	0.9888(ha)
	AREA 5	0.5484(ha)
	AREA 6	0.4714(ha)
	AREA 7	1.0610(ha)
	AREA 8	0.2180(ha)
	AREA 9	1.1697(ha)
	AREA 10	0.6920(ha)

ELABORADO POR:

ANGEL TENORIO

ING. XIOMARA ZAMBRANO MG
REG.SENESCYT: 1027-2018-2008031

REVISADO POR:

ING. MIGUEL ESPIN
REG.SENESCYT: 1005-07-753748

APROBADO POR:

ING. PAUL JIMENEZ
DIRECTOR DEL AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO
REG.SENESCYT: 1010-2022-2554308

CONTIENE :

ÁREAS DE APORTACIÓN ANÁLISIS PLUVIAL

DIBUJO : ANGEL TENORIO	ACOTACIÓN : METROS	LÁMINA : HIDRO
ESCALA : 1:1000	FECHA MARZO 2026	FORMATO : A1
ARCHIVO : ÁREAS DE APORTACION PLUVIAL.dwg		01/01