



UNIVERSIDA POLITECNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

**REDISEÑO DE UN SISTEMA SANITARIO EN LA PRECOOPERATIVA MONSEÑOR
LEONIDAS PROAÑO, PARROQUIA TARQUI – NORTE DE GUAYAQUIL**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de Ingeniería Civil

AUTORES:

JORGE JAIR RENTERIA CARRIEL

TUTOR:

LUIS EDUARDO MOYA CHAVEZ MGS.

Guayaquil-Ecuador

2025

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DE TRABAJO Y
TITULACIÓN**

Yo, Jorge Jair Rentería Carriel con documento de identificación N° 0958465536 manifiesto que: Soy el autor y responsable del presente trabajo ; y autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar , difundir , reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil , 8 de agosto del 2025

Atentamente,



Jorge Jair Rentería Carriel

C.I 0958465536

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

Yo, Jorge Jair Renteria Carriel con documento de identificación Numero: 0958465536 expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del proyecto técnico: REDISEÑO DE UN SISTEMA SANITARIO EN LA PRECOOPERATIVA MONSEÑOR LEONIDAS PROAÑO, PARROQUIA TARQUI – NORTE DE GUAYAQUIL , el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Civil, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Atentamente,



Jorge Jair Renteria Carriel

C.I. 0958465536

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Luis Eduardo Moya Chavez con documento de identificación N° 1310835457, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: REDISEÑO DE UN SISTEMA SANITARIO EN LA PRECOOPERATIVA MONSEÑOR LEONIDAS PROAÑO, PARROQUIA TARQUI – NORTE DE GUAYAQUIL, realizado por Jorge Jair Renteria Carriel con documento de identificación N° 0958465536, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil , 8 de agosto del 2025

Atentamente.



Ing. Luis Eduardo Moya Chávez, Mgs.
C.C. 1310835457

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con todo mi amor y gratitud a las personas que han sido el pilar fundamental en cada paso de mi vida.

A mi madre, Karina Carriel, por ser mi fuerza inquebrantable, por sus palabras de aliento en los momentos más difíciles y por enseñarme que el amor y la perseverancia pueden superar cualquier obstáculo. Gracias por tu ejemplo, por tus sacrificios y por ser mi guía constante.

A mi padre, Jorge Rentería, por tu apoyo silencioso pero firme, por cada consejo que me ha ayudado a tomar mejores decisiones y por confiar en mí incluso cuando yo mismo dudaba. Tu dedicación y compromiso han sido una fuente de inspiración en mi formación como persona y como profesional.

A mi abuela, Edith Hernández, por tu amor inmenso, por tus oraciones y por cada palabra de fe que sembraste en mí. Eres la raíz de mi fortaleza espiritual y emocional. Gracias por estar siempre, con tu ternura y sabiduría.

Este logro no es solo mío, es de ustedes.

Con todo mi corazón,

Jair Rentería Carriel

AGRADECIMIENTOS

Quiero empezar estos agradecimientos señalando a Dios como figura principal en mi vida y motor a lo largo de toda mi carrera universitaria , a mi madre por siempre creer en mi y por depositar toda su confianza , amor y sacrificio a lo largo de estos años .

A mi padre quien siempre tuvo el sueño de verme convertido en un profesional a mi tía y a mis hermanos por ser ese apoyo moral que siempre necesite , ustedes son lo mas importante en mi vida.

A mi abuela Edith Hernández quien me observa y me cuida desde el cielo , gracias por tus enseñanzas y por inspirarme antes y después de tu partida.

Mis tíos Cesar Hernández y Kelly Hernández por actuar como influencias en mi carrera universitaria , por sus palabras , consejos y las ayudas económicas que recibí de ustedes.

Linda Benites por acompañarme y ayudarme en gran parte de mi vida como estudiante y ser mi principal apoyo dentro de la universidad.

ABSTRACT

Globally, the design and maintenance of sanitation systems are essential components for public health, sustainable development, and environmental protection. According to the World Health Organization (WHO), more than 3.6 billion people lack access to safely managed sanitation services, which directly contributes to the spread of infectious diseases, the degradation of water sources, and the decline in quality of life (WHO, 2021). Accelerated urban growth, climate change, and the lack of investment in infrastructure have exacerbated problems related to outdated or inadequately designed sanitation systems (UN-Habitat, 2020).

In South America, these challenges take on a critical dimension due to social inequalities, rapid informal urbanization, and limited institutional capacity in urban planning. The Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC, 2020) has pointed out that, although progress has been made in access to sanitation, there remain serious deficiencies in the efficiency and coverage of existing systems, particularly in urban peripheries and marginalized areas. Countries such as Brazil, Colombia, and Peru have experienced partial collapses in sanitary networks due to overloading, aging, or improper sizing (Rojas et al., 2019).

This underscores the urgent need to implement redesign and modernization strategies based on hydraulic, environmental, and social criteria. In the Ecuadorian context, access to basic services has been a state priority since the enactment of the Organic Code of Territorial Organization, Autonomy, and Decentralization (COOTAD). However, many cities still present structural shortcomings in their sanitary sewer networks (INEC, 2021).

Quito, Cuenca, and Guayaquil face the greatest challenges due to unplanned urban growth and the technical lag of much of their sanitation infrastructure (Sánchez et al., 2020). Guayaquil, as the country's main urban and economic hub, has one of the most extensive yet most complex sanitary networks, often affected by faulty connections, recurring blockages, and a lack of preventive maintenance.

This project proposes the redesign of the sanitary system in the La Florida sector, based on updated civil engineering technical criteria, with the aim of ensuring hydraulic efficiency, reducing negative environmental impacts, and improving residents' quality of life. The methodology will include a technical diagnosis of the current system, a topographic and hydraulic analysis of the area, and the modeling of redesign alternatives based on national and international sanitation standards (NSF, 2018; INEN, 2016).

This project seeks to provide a concrete technical solution that can be replicated in other urban areas facing similar problems in Ecuador and the region (EMAPAG, 2022).

Contenido

CAPITULO I	1
1.1 GENERALIDADES	1
1.2 INTRODUCCIÓN.....	1
1.3 PRINCIPALES DATOS DEL SECTOR.....	3
1.4 PROBLEMAS DE ESTUDIO.....	7
1.5 JUSTIFICACIÓN	10
1.6 OBJETIVOS:.....	10
2. CAPITULO II	11
2.1 MARCO TEÓRICO.....	11
2.2 MARCO HIPOTÉTICO	11
• Método racional, para áreas urbanas pequeñas ($Q = CiA$).....	26
• Método SCS-CN, para cuencas rurales o mixtas	26
• Modelos hidrológicos computacionales, como HEC-HMS, SWMM, o SewerGEMS	26
2.3 PLANIFICACIÓN URBANA Y SANEAMIENTO BÁSICO	37
3. CAPITULO III	38
3.1 MARCO METODOLÓGICO.....	38
3.2 NORMAS GENERALES PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO.....	42
3.3 DENSIDAD DE POBLACIÓN	42
3.4 MÉTODOS DE CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA.....	43
3.5 MÉTODO EXPONENCIAL DE PROYECCIÓN POBLACIONAL	45
3.6 TASAS DE CRECIMIENTO POBLACIONAL	46
3.7 TOPOGRAFÍA DE LA ZONA.....	46
3.8 VIDA ÚTIL DEL PROYECTO.....	48
3.9 CAUDALES	48
3.10 SISTEMA DE AGUAS SERVIDAS	50
4. CAPITULO IV	52
4.1 DESARROLLO DEL TEMA.....	52
4.2 PROCESAMIENTO DE DATOS	61
4.3 CALCULOS.....	68
4.4 VERIFICACIÓN A TUBO LLENO.....	70

4.5	PERFILES DE TRAMO	71
5.	CAPITULO V	95
5.1	CONCLUSIONES	95
5.2	RECOMENDACIONES	96
6.	CAPITULO VI	98
6.1	ANEXOS	98
7.	CAPITULO VII	104
7.1	BIBLIOGRAFÍA.....	104

CAPITULO I

1.1 GENERALIDADES

1.2 INTRODUCCIÓN

A nivel global, el diseño y mantenimiento de sistemas de saneamiento constituye un componente esencial para la salud pública, el desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), más de 3.6 mil millones de personas carecen de acceso a servicios de saneamiento gestionados de forma segura, lo que contribuye directamente a la propagación de enfermedades infecciosas, la degradación de fuentes hídricas y la disminución de la calidad de vida (OMS, 2021).

El crecimiento urbano acelerado, el cambio climático y la falta de inversión en infraestructura han exacerbado los problemas relacionados con sistemas sanitarios obsoletos o inadecuadamente diseñados (UN-Hábitat, 2020).

En Sudamérica, estos desafíos adquieren una dimensión crítica debido a las desigualdades sociales, la rápida urbanización informal y la limitada capacidad institucional en materia de planificación urbana. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2020) ha señalado que, aunque se han logrado avances en el acceso a saneamiento, subsisten graves deficiencias en la eficiencia y cobertura de los sistemas existentes, especialmente en periferias urbanas y zonas marginales. Países como Brasil, Colombia y Perú han experimentado colapsos parciales en redes sanitarias debido a su sobrecarga, envejecimiento o mal dimensionamiento (Rojas et al., 2019).

Esto subraya la necesidad urgente de implementar estrategias de rediseño y modernización basadas en criterios hidráulicos, ambientales y sociales. En el contexto ecuatoriano, el acceso a servicios básicos ha sido una prioridad estatal desde la promulgación del Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD), sin embargo, múltiples ciudades aún presentan falencias estructurales en sus redes de alcantarillado sanitario (INEC, 2021).

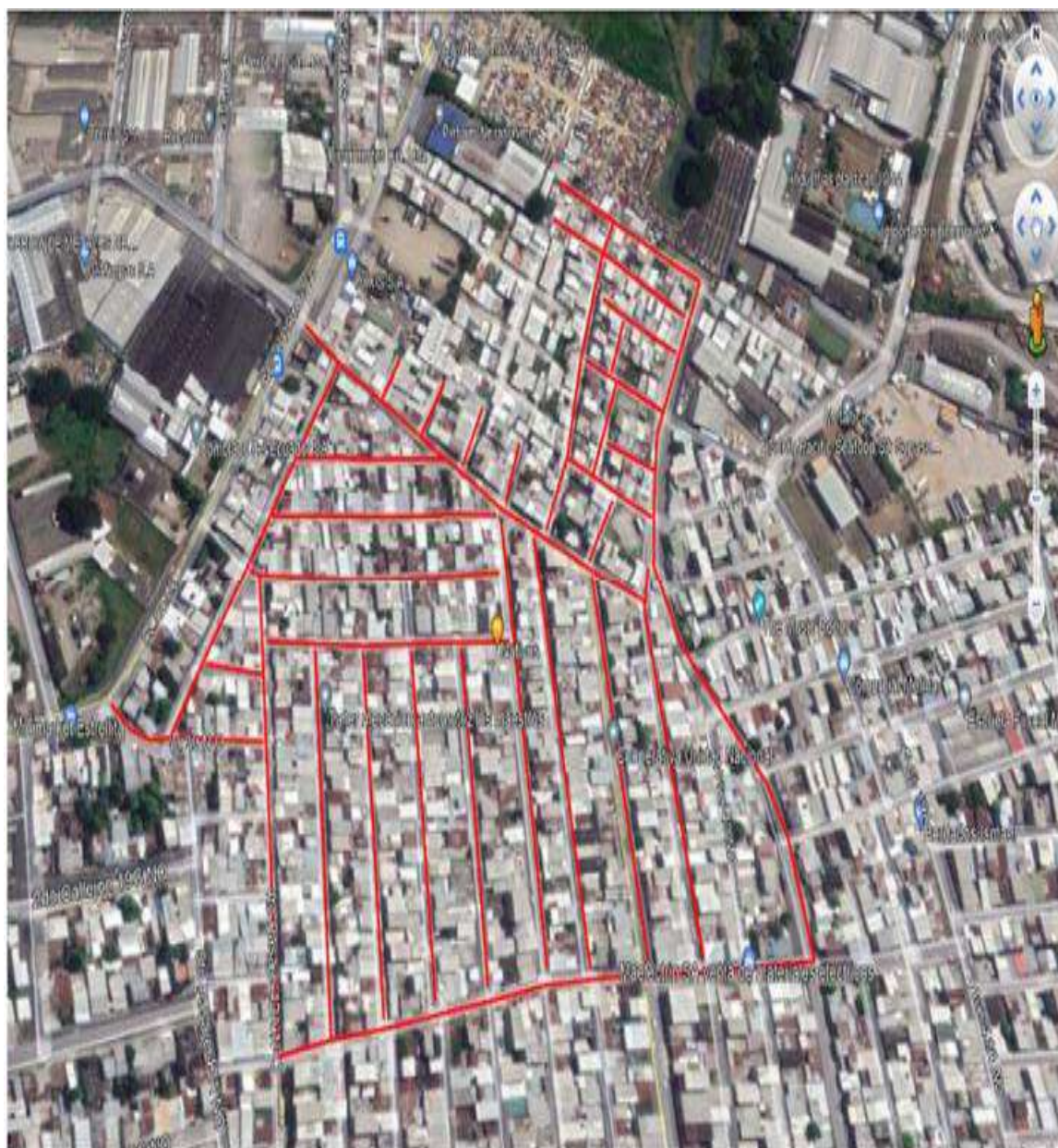
Quito, Cuenca y Guayaquil concentran los mayores retos, debido al crecimiento urbano no planificado y al desfase técnico de muchas de sus infraestructuras sanitarias (Sánchez et al., 2020). Guayaquil, como principal polo urbano y económico del país, presenta una de las redes sanitarias más extensas, pero también más complejas, muchas veces afectada por conexiones erradas, obstrucciones recurrentes y falta de mantenimiento preventivo. Este proyecto propone el rediseño del sistema sanitario del sector La Florida, fundamentado en criterios técnicos actualizados de ingeniería civil, con el objetivo de garantizar la eficiencia hidráulica, reducir los impactos ambientales negativos y mejorar la calidad de vida de los habitantes.

La metodología empleada incluirá un diagnóstico técnico del sistema actual, el análisis topográfico e hidráulico de la zona, y la modelación de alternativas de rediseño con base en normas nacionales e internacionales de saneamiento (NSF, 2018; INEN, 2016). Este proyecto busca aportar una solución técnica concreta que pueda ser replicada en otras áreas urbanas con problemas similares en Ecuador y la región. (EMAPAG, 2022).

1.3 PRINCIPALES DATOS DEL SECTOR.

Ubicación y Características Generales:

ILUSTRACIÓN 1: MONSEÑOR LEÓNIDAS PROAÑO



FUENTE: JAIR RENTERIA



Sector: Precooperativa Monseñor Leónidas Proaño.

Parroquia: Tarqui.

Cantón: Guayaquil.

Provincia: Guayas.

Tipo de asentamiento: Urbano-marginal.

Altitud promedio: 4–10 m.s.n.m.

Acceso: Calles de tierra o adoquinadas, con presencia de escalinatas en zonas con pendiente.

(Municipio de Guayaquil. (2020). Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Guayaquil 2020–2030. Dirección de Planificación Territorial.GAD Guayaquil. (2022). Información parroquial y sectorial urbana.)

Demografía y Crecimiento Poblacional

Población estimada: 2,500 – 4,000 habitantes.

Crecimiento poblacional estimado: 1.8% anual.

Densidad: Alta (más de 400 hab/ha), con viviendas de autoconstrucción progresiva.

(Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2022). Proyecciones de población por sectores censales. EMAPAG-EP. (2021). Estudios de diagnóstico para ampliación de cobertura sanitaria en sectores populares de Guayaquil.)

Estado Actual del Sistema Sanitario

Presencia de pozos ciegos o letrinas en viviendas más antiguas.

Conexiones domiciliarias ilegales en áreas con cobertura parcial.

Tuberías obsoletas de 100 mm y materiales no normados.

Problemas comunes: rebose de aguas servidas, presencia de olores, contaminación superficial.

En algunas peatonales existentes tienen canaletas que han sido construidos por moradores de manera artesanal.

Topografía irregular, con sectores planos y otros con fuertes pendientes.

Problemas de inundación en invierno, por mezcla de aguas servidas y pluviales.

Ausencia de sistema pluvial formal, lo que satura el sistema existente.

(Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2021). *Registro de precipitaciones – Zona 8.EMAPAG.* (2020). *Estudio de microcuencas urbanas y su relación con los sistemas de drenaje.*)

Condiciones Ambientales y de Salud

Riesgo sanitario elevado por exposición a aguas negras.

Casos frecuentes de enfermedades gastrointestinales.

Contaminación de canales, escorrentías y calles.

1.4 PROBLEMAS DE ESTUDIO

En el sector norte de Guayaquil, específicamente en el barrio La Florida, se evidencian problemas significativos relacionados con el sistema sanitario existente. Diversas inspecciones realizadas por entidades municipales y reportes ciudadanos han indicado la presencia de reboses, malos olores y afectaciones al entorno inmediato, como calles inundadas con aguas servidas durante lluvias intensas (Municipio de Guayaquil, 2023). Esto sugiere un mal dimensionamiento de la red, una inadecuada pendiente hidráulica o deterioro físico de las tuberías (Villacís et al., 2021). Además, el crecimiento demográfico de la zona no ha sido acompañado de una expansión proporcional del sistema sanitario, generando una presión adicional sobre la infraestructura instalada (Jaramillo & Salazar, 2022).

Uno de los principales problemas técnicos que afectan al sector es la carencia de un sistema de alcantarillado sanitario funcional y técnicamente adecuado. En muchas zonas del sector, las redes de recolección de aguas servidas no existen o están construidas con materiales no normados, como tuberías de PVC de baja resistencia, que presentan filtraciones, reboses o roturas. Adicionalmente, las pendientes del terreno no han sido correctamente consideradas en las instalaciones existentes, lo que genera zonas de estancamiento y acumulación de aguas negras. La ausencia de pozos de revisión y cámaras de inspección impide realizar mantenimiento adecuado y facilita obstrucciones. Todo esto se traduce en una infraestructura ineficiente y riesgosa, cuya situación exige un rediseño que contemple criterios de hidráulica, topografía y normativa vigente. (MIDUVI. (2019). Manual de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario. Quito, Ecuador. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2015). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 005.1: Alcantarillado Sanitario – Diseño y Construcción. EMAPAG-EP. (2021). Informe técnico de diagnóstico de redes sanitarias en barrios populares.)

Desde el punto de vista social, la falta de cobertura sanitaria afecta principalmente a los hogares en situación de vulnerabilidad, los cuales deben recurrir al uso de pozos ciegos, letrinas rudimentarias o, en el peor de los casos, vertimiento directo de aguas servidas en la vía pública. Esta situación no solo atenta contra la dignidad y calidad de vida de los habitantes, sino que además genera una percepción de abandono institucional y desigualdad social. Otro problema recurrente es la existencia de conexiones informales al sistema existente, las cuales no cumplen con ningún estándar técnico y agravan el colapso del sistema, especialmente en época de lluvias. La limitada participación comunitaria en los procesos de planificación y mantenimiento de obras sanitarias también debilita la sostenibilidad del sistema, ya que los usuarios no se sienten parte de su preservación o mejora. (EMAPAG-EP. (2022). Guía de participación ciudadana en proyectos de agua y saneamiento. Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2018). Manual sobre saneamiento en barrios vulnerables de América Latina. Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2022). Encuesta de Condiciones de Vida y Servicios Básicos.)

Problemas Ambientales

El vertimiento indiscriminado de aguas servidas en canales pluviales, quebradas o espacios públicos ha generado una severa contaminación del medio ambiente urbano en la Precooperativa Monseñor Leónidas Proaño. Esta situación afecta directamente al entorno natural y también tiene implicaciones negativas para la salud pública. La acumulación de aguas negras en vía pública o patios traseros crea focos de proliferación de vectores como mosquitos, roedores y bacterias patógenas. A esto se suma que, en temporada de lluvias, la combinación de aguas residuales y pluviales genera escorrentías altamente contaminantes, que terminan en cuerpos de agua como el Estero Salado. El daño ambiental no solo tiene efectos inmediatos, sino que compromete la sostenibilidad del ecosistema urbano y los recursos hídricos locales. (Ministerio

de Salud Pública del Ecuador (MSP). (2020). *Boletín epidemiológico anual: enfermedades transmitidas por agua contaminada*. Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2021). *Informe de impacto climático en zonas urbanas marginales de Guayaquil*. EMAPAG-EP. (2020). *Estudio de microcuencas y contaminación urbana en el norte de Guayaquil*.)

Problemas Institucionales y de Gestión

En términos de gestión y gobernanza, el sector enfrenta una limitada articulación entre las entidades responsables del saneamiento, como EMAPAG, INTERAGUA y el Municipio de Guayaquil. Esta falta de coordinación provoca demoras en la ejecución de obras, ausencia de fiscalización efectiva y escaso control sobre las condiciones técnicas de las redes instaladas. Además, la carencia de catastros actualizados sobre las redes sanitarias existentes dificulta la toma de decisiones y planificación de intervenciones. En algunos casos, los proyectos se ven afectados por la falta de presupuesto o trámites legales engorrosos, especialmente en barrios que no están regularizados o que no cuentan con escrituras colectivas, lo que limita la inversión pública. También se evidencia una débil aplicación de las normativas municipales de saneamiento en sectores urbano-marginales, lo cual perpetúa el deterioro de la infraestructura. (Municipio de Guayaquil. (2021). *Ordenanza para la gestión de servicios de agua potable y alcantarillado*. EMAPAG-EP. (2022). *Informe de planificación estratégica de cobertura de saneamiento 2020–2025*. Contraloría General del Estado. (2020). *Informe de auditoría sobre proyectos de saneamiento básico en zonas populares de Guayaquil*.)

1.5 JUSTIFICACIÓN

El sistema sanitario del sector La Florida Norte de Guayaquil presenta fallas frecuentes como colapsos de alcantarillado, malos olores y acumulación de aguas residuales, afectando la salud pública y la calidad de vida de sus habitantes. Estas deficiencias se deben a una infraestructura obsoleta, mal dimensionada y con escaso mantenimiento. Este anteproyecto propone el rediseño del sistema sanitario con el objetivo de mejorar su capacidad operativa, prevenir riesgos sanitarios y garantizar un servicio eficiente y sostenible. La intervención busca brindar soluciones técnicas actualizadas que respondan a las necesidades actuales y futuras del sector.

El actual sistema estará diseñado para adoptar una vida de útil de 20 años

La ejecución de este proyecto contribuirá a elevar los estándares de vida de los residentes, a prevenir enfermedades, y a fortalecer la planificación urbana del sector, convirtiéndose en una inversión prioritaria tanto para las autoridades municipales como para la comunidad en general.

1.6 OBJETIVOS:

1.6.1 OBJETIVOS GENERALES

Rediseño de un sistema sanitario municipal en la precooperativa monseñor Leonidas Proaño, parroquia Tarqui

1.6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar caudales de diseño considerando aportes domésticos, industriales y coeficientes de mayoración.
- Calcular diámetros, pendientes, profundidades y velocidades de arrastre necesarias para garantizar autolimpieza.
- Utilizar Autodesk Civil 3D para el modelado tridimensional del terreno, definición de perfiles longitudinales y diseño de redes.

2. CAPITULO II

2.1 MARCO TEÓRICO

2.2 MARCO HIPOTÉTICO

Este trabajo se fundamenta en conceptos de hidráulica sanitaria, planificación urbana y diseño de infraestructuras sanitarias. Los autores Metcalf & Eddy (2014) y Mara (2004) destacan la importancia del dimensionamiento adecuado, las pendientes mínimas y la ventilación en redes de alcantarillado.

2.2.1 MEDIO AMBIENTE

El medio ambiente en la ingeniería civil es un componente esencial que incluye los aspectos naturales (agua, aire, suelo, flora, fauna) y el entorno construido (infraestructura, actividades humanas). En proyectos de saneamiento, la ingeniería civil debe garantizar que las obras respeten la biodiversidad, la calidad del agua y del aire, además de minimizar la contaminación del suelo y los ecosistemas acuáticos. Las obras deben considerar el cambio climático, la escasez de recursos y los ecosistemas frágiles. Las normativas ambientales y los estudios de impacto permiten prever los efectos de las obras en el medio ambiente, proponiendo medidas correctivas como el uso de tecnologías limpias, sistemas de tratamiento de residuos y gestión eficiente del agua. Es crucial que las infraestructuras sanitarias sigan los principios de la economía circular, buscando la reutilización y reducción de desechos (García & Uribe, 2018).

2.2.2 FUENTES HÍDRICAS

Las fuentes hídricas son la base para el abastecimiento de agua en sistemas urbanos y rurales, esenciales para el diseño de redes de saneamiento. Estas fuentes se dividen en superficiales, como ríos y lagos, y subterráneas, como acuíferos. Su gestión en ingeniería civil incluye la estimación de caudales disponibles, la protección de las cuencas y la evaluación de la calidad del agua, que es crucial para determinar los métodos de tratamiento.

Los proyectos de saneamiento deben garantizar que las fuentes hídricas no se vean comprometidas por vertidos de aguas residuales. La optimización del uso de fuentes hídricas es esencial frente a la escasez de agua y el crecimiento poblacional. Los sistemas de captación deben

basarse en estudios hidrogeológicos y climáticos que aseguren la sustentabilidad de los recursos hídricos en el largo plazo (Tchobanoglous, Burton, & Stensel, 2014).

2.2.3 AGUAS RESIDUALES

Con el paso del tiempo, las aguas residuales comenzaron a denominarse aguas fecales o aguas negras, debido a su característico color oscuro. Estas corresponden a los desechos líquidos y sólidos generados por las actividades cotidianas, principalmente en los hogares, como el consumo de agua para beber, la preparación de alimentos, el lavado de ropa y utensilios, el aseo personal y el uso de inodoros. Dichas aguas contienen diversos contaminantes, incluyendo materia orgánica, detergentes, grasas, compuestos químicos y microorganismos. Por ello, es fundamental someter las aguas residuales domésticas a un tratamiento adecuado antes de su descarga al medio ambiente, con el fin de prevenir la contaminación de los recursos hídricos y proteger la salud pública (Osorio et al., 2021).

De igual manera, existen aguas servidas de origen industrial, cuya composición de contaminantes varía en función del tipo de industria y de los procesos que se llevan a cabo. Entre los sectores que generan aguas residuales industriales se incluyen la industria química, la alimentaria y la petrolera, entre otras.

2.2.4 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Es necesario revisar la capacidad operativa y estado actual del sistema de alcantarillado, de vez en cuando se debe realizar un mantenimiento preventivo utilizando diversos equipos como el Hidrocleaner, cuya función es realizar el mantenimiento periódico de las unidades sanitarias. Sistemas de alcantarillado y pluviales, redes, Matriz, pozos para evitar obstrucciones que puedan ocurrir en las líneas de alcantarillado por acumulación de sedimentos, desechos sólidos, fundas de basuras u otros materiales. El mantenimiento regular puede ayudar a identificar y eliminar estas obstrucciones antes de que causen problemas graves, como desbordamientos o agua estancada en su hogar.

Esto mantiene el flujo correcto sin obstrucciones ya que las líneas de alcantarillado pueden deteriorarse, oxidarse o colapsar con el tiempo. Un mantenimiento adecuado ayuda a detectar y reparar cualquier daño o deterioro en las tuberías, asegurando un flujo eficiente y eliminando restricciones del sistema. (VILLACRÉS, 2016).

El alcantarillado con un mal mantenimiento puede generar olores desagradables y atraer plagas, como ratas e insectos. El mantenimiento regular incluye la limpieza y desinfección de las tuberías, lo que ayuda a prevenir la proliferación de olores y plagas.

A su vez se concientiza a la protección del medio ambiente así puede filtrar aguas residuales no tratadas al medio ambiente, lo que puede contaminar cuerpos de agua y afectar la salud pública. El mantenimiento adecuado del alcantarillado garantiza que las aguas residuales sean tratadas y gestionadas de manera segura

2.2.5 PLANIFICACIÓN URBANA

La planificación urbana es el proceso por el cual se organizan y gestionan los espacios urbanos para garantizar un desarrollo sostenible y equilibrado. En ingeniería civil, la planificación urbana tiene una fuerte interacción con el diseño de infraestructuras de saneamiento, que deben adaptarse a las proyecciones de crecimiento urbano, los cambios en la densidad poblacional y las necesidades de servicios. La planificación debe contemplar la distribución eficiente de las redes de alcantarillado, la disponibilidad de fuentes hídricas, la gestión de residuos y el desarrollo de áreas verdes. Las áreas de alta densidad requieren sistemas avanzados de tratamiento y disposición de aguas residuales, mientras que las zonas rurales o periurbanas demandan soluciones de saneamiento más descentralizadas. La infraestructura debe ser resiliente, eficiente y adaptativa para garantizar la calidad de vida en las ciudades, considerando tanto las necesidades actuales como futuras (UN-Hábitat, 2020).

2.2.6 MARCO LEGAL

En la metodología resulta fundamental aplicar las normas, reglamentos y códigos de práctica, haciendo especial énfasis en las normas técnicas ecuatorianas que regulan el diseño de sistemas de alcantarillado sanitario. Esto permite establecer el trazado para la conducción de las aguas residuales, definiendo así el sistema propuesto, en el cual se especificarán los diámetros de las tuberías, la ubicación de las cámaras de inspección, entre otros aspectos.

2.2.7 CÓDIGO DE PRÁCTICA ECUATORIANO

CPE INEN 5: Norma para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales para poblaciones mayores a 1000 habitantes. (NORMALIZACIÓN, INEN 5 Normas para estudio y diseño de sistemas de agua potable y disposición de aguas residuales, 1992)

CPE INEN 5: Código de practica para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable, disposición de excretas y residuos líquidos en el área rural. (INEC, 2021).

2.2.8 PENDIENTES MÍNIMAS Y MÁXIMAS EN COLECTORES SANITARIOS

Las pendientes en los colectores sanitarios son esenciales para garantizar el flujo adecuado por gravedad, evitando acumulación de sólidos o velocidades excesivas. La pendiente mínima se define para asegurar una velocidad de autolimpieza, usualmente en el rango de 0.5% a 1% para diámetros pequeños, mientras que la pendiente máxima está limitada para evitar la erosión del conducto y el desgaste por abrasión, especialmente en tuberías de concreto o PVC, siendo comúnmente del 8% como máximo recomendado. La selección de la pendiente debe considerar el caudal de diseño, tipo de afluente, rugosidad del material y la topografía del terreno.

2.2.9 VELOCIDADES DE ARRASTRE Y AUTOLIMPIEZA

La velocidad de arrastre es la mínima velocidad que debe tener el flujo dentro de un colector para evitar la sedimentación de sólidos y garantizar condiciones de autolimpieza. Según la práctica común, esta velocidad mínima es de 0.6 m/s, aunque para tuberías con aportes importantes de sólidos se puede requerir hasta 0.75 m/s. Durante el caudal de diseño mínimo (normalmente en horas de menor consumo), las redes deben mantener esa velocidad para evitar la acumulación de residuos. Si no se cumple esta condición, se favorece la formación de gases, malos olores, e incluso obstrucciones.

2.2.10 LEYES Y REGLAMENTOS ECUATORIANOS:

Ley de Gestión Ambiental: Esta ley establece el marco legal para la gestión ambiental en el Ecuador y establece las obligaciones y responsabilidades de las entidades públicas y privadas para proteger el medio ambiente.(Asamblea Nacional del Ecuador. (2004). *Ley de Gestión Ambiental*. Registro Oficial Suplemento 418 de 10-sep-2004.)

Reglamento de Residuos Peligrosos: Establece los requerimientos para la gestión de residuos peligrosos y establecer los procedimientos para su transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final.(Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2003). *Reglamento para la prevención y control de la contaminación por desechos peligrosos*. Registro Oficial 169 de 08-sep-2003)

Reglamento de Vertidos y Reúso de Aguas Residuales: Este reglamento establece los requisitos para el vertido y reúso de aguas residuales tratadas, incluyendo los parámetros de calidad del agua que deben cumplirse para proteger la salud pública y el medio ambiente.(Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2015). *Reglamento para el control de vertidos y disposición final de aguas residuales*. Registro Oficial 387 de 04-dic-2015.)

2.2.11 SISTEMAS DE SANEAMIENTO

Los sistemas de saneamiento son una red interconectada de procesos, equipos e infraestructuras diseñados para garantizar la recolección, tratamiento y disposición final de las aguas residuales y excretas. En ingeniería civil, los sistemas de saneamiento se dividen en sistemas convencionales y no convencionales. Los convencionales son aquellos que incluyen redes de alcantarillado, plantas de tratamiento de aguas residuales y estaciones de bombeo. Los no convencionales son soluciones descentralizadas como los biodigestores, sistemas de humedales y pozos sépticos, que pueden ser adecuados para zonas rurales o de baja densidad poblacional.

Un sistema de saneamiento debe ser dimensionado para manejar tanto los caudales medios como las cargas máximas, además de ser capaz de adaptarse a cambios en la demanda o condiciones climáticas. Es fundamental que estos sistemas incorporen tecnologías de tratamiento sostenible, como la reutilización de aguas residuales para riego o para la industria (Conde & Gálvez, 2019)

2.2.12 ALCANTARILLADO SANITARIO

El alcantarillado sanitario es un sistema especializado que recolecta y transporta exclusivamente aguas residuales, sin mezclar con aguas pluviales. Este sistema es fundamental para prevenir la contaminación del medio ambiente y proteger la salud pública. El diseño de un sistema de alcantarillado sanitario debe tener en cuenta factores como la topografía del terreno, la población estimada, el tipo de construcción y los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Además, debe garantizar la capacidad adecuada para manejar los caudales máximos, lo cual se logra mediante el cálculo preciso de caudales de diseño y el uso de materiales resistentes a la corrosión. Los sistemas deben incluir pozos de visita, cámaras de inspección, estaciones de bombeo (cuando no se puede usar gravedad) y sistemas de ventilación para evitar la acumulación de gases tóxicos (MOP, 2017).

2.2.13 PROFUNDIDADES MÍNIMAS DE INSTALACIÓN DE TUBERÍAS SANITARIAS

Las profundidades mínimas de instalación garantizan la **protección mecánica** de las tuberías ante cargas superficiales y permiten mantener temperaturas adecuadas para el funcionamiento del sistema. En general, se establecen mínimos de:

- **0.60 m en zonas peatonales**

- **1.00 m en zonas vehiculares**
- En colectores principales, esta profundidad puede incrementarse para facilitar interconexiones u otros servicios.

2.2.14 FALENCIAS ESTRUCTURALES

Las falencias estructurales en las redes de saneamiento se refieren a los defectos o debilidades en los componentes físicos de las infraestructuras, que comprometen su operatividad. Estas falencias pueden ser provocadas por el envejecimiento de los materiales, errores en el diseño, sobrecarga de caudales, falta de mantenimiento o daños por fenómenos naturales. Las falencias más comunes en las redes de alcantarillado incluyen fisuras en las tuberías, fugas, obstrucciones, colapsos de pozos de inspección y estaciones de bombeo inoperativas. Para prevenir estas falencias, es necesario realizar inspecciones periódicas, pruebas de presión y modelado hidráulico, asegurando la funcionalidad del sistema a largo plazo (Salas, 2016).

2.2.15 DESFASE TÉCNICO

El desfase técnico ocurre cuando una infraestructura no está alineada con los avances tecnológicos, normativos o las necesidades actuales de la comunidad. Esto puede suceder cuando una red de saneamiento fue diseñada con criterios antiguos que no consideran las proyecciones de crecimiento urbano, el cambio climático o las nuevas regulaciones de tratamiento de aguas.

El desfase técnico puede llevar a situaciones como la subdimensionación de los sistemas, la ineficiencia hidráulica, o la incapacidad para cumplir con las normativas ambientales. Las soluciones incluyen el rediseño, la rehabilitación de infraestructuras obsoletas y la implementación de tecnologías de punta que optimicen la operación (Pérez, 2020).

2.2.16 MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE ALCANTARILLADO

El mantenimiento preventivo de alcantarillado es un conjunto de acciones programadas para asegurar que el sistema de alcantarillado funcione correctamente a lo largo del tiempo. Este tipo de mantenimiento incluye la limpieza periódica de las tuberías, la inspección de los pozos de visita, el retiro de sedimentos, la reparación de fisuras o fugas, y el monitoreo de la capacidad de las estaciones de bombeo.

El mantenimiento preventivo es esencial para evitar el colapso de la infraestructura, ya que las fallas en las redes de alcantarillado pueden generar inundaciones, obstrucciones y la contaminación del entorno. Implementar un mantenimiento preventivo reduce los costos de reparación a largo plazo y mejora la calidad de los servicios urbanos (INAPA, 2018).

2.2.17 REDISEÑO

El rediseño de sistemas de saneamiento se refiere a la modificación de una infraestructura existente para adaptarla a nuevas condiciones o mejorar su funcionamiento. Este proceso puede ser necesario debido a un aumento en la población, cambios en las normativas, obsolescencia de los sistemas o fallas estructurales.

El rediseño involucra la evaluación del sistema actual, la identificación de sus deficiencias y la implementación de soluciones que aumenten la capacidad de la red, optimicen el flujo y mejoren la eficiencia hidráulica. El rediseño también puede incluir la incorporación de nuevas tecnologías de tratamiento, el cambio de materiales para mayor durabilidad o la expansión de la infraestructura en áreas no servidas (Rodríguez, 2019).

2.2.18 IMPACTOS AMBIENTALES

Los impactos ambientales son efectos causados por la construcción y operación de infraestructuras sanitarias sobre el entorno natural y social. Estos impactos pueden ser tanto positivos como negativos. Los impactos negativos incluyen la contaminación del agua, la emisión de olores y gases, la alteración de los ecosistemas acuáticos y la degradación de la calidad del suelo.

Por otro lado, los impactos positivos pueden incluir la mejora de la salud pública, la reducción de enfermedades transmitidas por el agua y la recuperación de cuerpos de agua contaminados. En ingeniería civil, se realiza una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) para identificar, predecir y mitigar los efectos de los proyectos de saneamiento.

Las soluciones para reducir los impactos negativos incluyen el uso de tecnologías de tratamiento avanzado, la reutilización de aguas residuales tratadas y la aplicación de principios de sostenibilidad en todas las etapas del proyecto (Conesa, 2010). características geológicas del terreno y las condiciones de drenaje natural.

Estos datos permiten definir las mejores rutas para las redes de alcantarillado, asegurando que el flujo de aguas residuales sea gravitacional en la medida de lo posible. Además, el análisis topográfico es fundamental para el diseño de pozos de visita y estaciones de bombeo, así como para el cálculo de las profundidades de las zanjas y la selección de materiales adecuados para cada tipo de terreno (Moragues & Blázquez, 2012).

2.2.19 ANÁLISIS HIDRÁULICO

El análisis hidráulico en ingeniería civil implica el estudio de cómo el agua fluye a través de un sistema de alcantarillado. Este análisis es crucial para el diseño de redes eficientes y seguras para el transporte de aguas residuales y pluviales. Mini Conceptos:

- **Modelo de Flujo:** Se utilizan ecuaciones y simulaciones para prever el comportamiento del agua en las redes. Los modelos hidráulicos ayudan a simular tanto el flujo constante como el variable en las tuberías.

- **Cálculo de Pérdidas de Carga:** Las pérdidas de carga en un sistema hidráulico afectan la eficiencia del flujo. Estas pérdidas son causadas por la fricción entre el agua y las paredes de las tuberías, así como por las irregularidades en la red. Se calculan mediante fórmulas como Darcy-Weisbach.

- **Capacidad de Drenaje y Lluvias Extremas:** En áreas urbanas, las redes deben ser diseñadas para manejar no solo las aguas residuales sino también el agua de lluvia, especialmente en eventos extremos. Esto se evalúa mediante simulaciones hidráulicas para prever inundaciones o desbordamientos.

2.2.20 EFICIENCIA HIDRÁULICA

La eficiencia hidráulica se refiere a la capacidad de un sistema para transportar agua o aguas residuales con el menor gasto de energía posible. Esto incluye el diseño y la selección de materiales para reducir la fricción y las pérdidas en el sistema. Mini Conceptos:

- Reducción de Pérdidas por Fricción: La fricción dentro de las tuberías reduce la eficiencia del sistema. Para minimizar estas pérdidas, se pueden utilizar materiales lisos para las tuberías y un diseño adecuado para evitar cambios bruscos en la dirección del flujo.

- Optimización del Diseño de Tuberías: Elegir el diámetro adecuado de las tuberías es esencial para reducir la velocidad del agua y las pérdidas por fricción. Además, se deben evitar las curvas excesivas que también incrementan la resistencia al flujo.

- Tecnologías de Control del Flujo: El uso de válvulas y sensores para regular el flujo de agua a través del sistema permite mantener la eficiencia hidráulica. Estos controles pueden ajustarse en tiempo real para optimizar el flujo según las condiciones cambiantes.

2.2.21 REDES SANITARIAS

Las redes sanitarias son sistemas de infraestructuras diseñados para transportar aguas residuales desde las viviendas y comercios hasta las plantas de tratamiento. Un diseño adecuado garantiza la eficiencia y la seguridad del sistema a largo plazo. Mini Conceptos:

- Dimensionamiento de Redes: El tamaño de las tuberías debe ser calculado cuidadosamente para garantizar que puedan manejar el volumen de aguas residuales previsto, tanto para el presente como para el futuro, considerando el crecimiento poblacional.

- Mantenimiento Preventivo: El mantenimiento de las redes incluye inspecciones periódicas, limpieza de tuberías y reemplazo de componentes defectuosos. Esto ayuda a prevenir fallos graves y a mantener la red funcionando de manera eficiente.

- Rediseño y Expansión de Redes: A medida que la población crece o cambian las normativas, es necesario rediseñar las redes para asegurar que sigan siendo funcionales. Esto

implica recalcular los caudales, modificar los diámetros de las tuberías y añadir nuevas secciones a la red.

2.2.22 PERIODOS DE RETORNO

El diseño y planificación de obras hidráulicas requiere de una correcta evaluación de eventos extremos, tales como precipitaciones intensas o avenidas significativas. Para ello, uno de los conceptos fundamentales es el periodo de retorno, también denominado tiempo de recurrencia. Este término se refiere al intervalo promedio de tiempo entre la ocurrencia de eventos hidrológicos de igual o mayor magnitud. Su determinación permite establecer la probabilidad anual de ocurrencia de un evento específico, lo cual es esencial en el dimensionamiento de infraestructuras de control y evacuación de aguas.

En obras hidráulicas, el periodo de retorno se utiliza para definir el evento de diseño, es decir, la magnitud del fenómeno hidrológico que una estructura debe ser capaz de soportar o evacuar. La selección del periodo de retorno adecuado depende del tipo de obra, su función, la vulnerabilidad de la zona, y el riesgo aceptable. Por ejemplo, sistemas de drenaje pluvial urbano suelen diseñarse para eventos con periodos de retorno entre 10 y 25 años, mientras que represas, vertederos o infraestructuras críticas pueden requerir eventos de 50, 100 o más años (Tucci, 1998).

2.2.23 ÁREA DE DRENAJE – CONCEPTO

El área de drenaje, también denominada cuenca de drenaje o cuenca hidrográfica, es la superficie geográfica que contribuye con el escurrimiento superficial hacia un punto de control o salida común, como un cauce, canal o colector (Chow, Maidment & Mays, 1994).

Esta área se delimita por líneas divisorias de agua llamadas divisorias de cuenca, que separan las aguas que fluyen hacia diferentes sistemas de drenaje (Mays, 2005).

La delimitación de un área de drenaje puede hacerse mediante análisis topográfico, modelos digitales de elevación o sistemas de información geográfica (SIG), permitiendo conocer su extensión en unidades como hectáreas (ha) o kilómetros cuadrados (km²) (Tucci, 1998).

El escurrimiento generado por una precipitación en el área de drenaje depende de variables como el uso del suelo, la pendiente, la infiltración, la cobertura vegetal y la condición del terreno (INEN, 2014).

MATERIALES UTILIZADOS EN REDES SANITARIAS

Los materiales más comúnmente utilizados en redes sanitarias son:

- **PVC (Policloruro de vinilo):** Ligero, resistente a la corrosión, fácil de instalar. Se emplea en redes secundarias.
- **Concreto reforzado:** Usado en colectores principales de gran diámetro por su alta resistencia estructural.
- **Polietileno (PEAD):** Alta flexibilidad, ideal para suelos inestables o zonas sísmicas.
- **Fibra de vidrio (GRP):** Utilizado en sistemas industriales o condiciones químicamente agresivas.

La elección depende del diámetro requerido, condiciones del terreno, agresividad del medio y disponibilidad local.

2.2.24 CAUDAL DE DISEÑO

El caudal de diseño es la máxima cantidad de agua que se espera que fluya por un sistema hidráulico durante un evento extremo con una probabilidad estadística definida (por ejemplo, una lluvia con un periodo de retorno de 25 o 50 años). Es el parámetro clave para el dimensionamiento de sistemas de conducción, como tuberías, canales, alcantarillas y colectores.

Este caudal puede calcularse mediante diferentes métodos, dependiendo del tamaño y tipo de cuenca:

- Método racional, para áreas urbanas pequeñas ($Q = CiA$)
- Método SCS-CN, para cuencas rurales o mixtas
- Modelos hidrológicos computacionales, como HEC-HMS, SWMM, o SewerGEMS

Donde:

Q es el caudal (m^3/s)

C es el coeficiente de escorrentía

i es la intensidad de lluvia (mm/h)

A es el área de drenaje (ha o km^2)

El caudal de diseño debe garantizar que la infraestructura opere de forma segura durante un evento extremo representativo, sin provocar inundaciones o fallos estructurales (Chow et al., 1994).

2.2.25 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA

El coeficiente de escorrentía, representado por la letra CCC, es un parámetro adimensional que expresa la proporción de la precipitación total que se convierte en escorrentía superficial directa sobre una determinada superficie. Se basa en la relación entre el volumen de escurrimiento y el volumen de precipitación que incide sobre un área dada (Chow, Maidment & Mays, 1994).

Este coeficiente considera las pérdidas por infiltración, evaporación, almacenamiento temporal y otras formas de retención del agua de lluvia. Por lo tanto, valores de CCC cercanos a 1 indican que casi toda el agua precipitada se transforma en escorrentía, mientras que valores cercanos a 0 indican que la mayor parte del agua es absorbida por el terreno o retenida por la vegetación (Tucci, 1998).

El valor del coeficiente de escorrentía depende de características físicas y superficiales de la cuenca o área de drenaje, como:

Tipo de cobertura del suelo (impermeable, permeable, mixta)

1. Uso del suelo (urbano, agrícola, forestal)

2. Pendiente del terreno

3. Tipo de suelo y su capacidad de infiltración

4. Estado de saturación previo a la lluvia

5. Intensidad y duración de la precipitación

2.2.26 VELOCIDAD MÁXIMA

La velocidad máxima permitida para prevenir la erosión en las tuberías depende del tipo de material empleado y de la cantidad y propiedades de las partículas sólidas arrastradas y suspendidas en el flujo de agua. Para su revisión, se emplea el caudal máximo extraordinario, teniendo en cuenta el que surja (una sección del tubo completa o parcialmente llena) (Emaap, 2009).

Ilustración 2: Velocidad máxima en tuberías

TABLA N 5.3.15.1	
Material de la Tubería	Velocidad máxima (m/seg)
Tubería de Hormigón simple hasta 60 cm de diámetro	4,5
Tubería de Hormigón armado hasta 60 cm, de diámetro o mayores	6
Hormigón armado en obra para grandes conducciones 210/240 kg/cm ²	6,0 - 6,5
Hormigón armado en obra 280/350 kg/cm ² . Grandes conducciones	7,0 - 7,5
PEAD, PVC, PRFV	7,5
Acero	9,0 o mayor
Hierro dúctil o fundido	9,0 o mayor
A ser utilizado en rápido y/o tramos cortos.	

FUENTE: 1Emaap-Q

2.2.27 VELOCIDAD MÍNIMA

La velocidad mínima permitida es de 0.60 m/seg, teniendo en cuenta el caudal mínimo y su calado correspondiente, considerando que la tubería esté parcialmente llena. Además, es necesario garantizar que dicho calado tenga un tamaño mínimo de 5.0 cm en situaciones de pendientes intensas y de 7.5 cm en situaciones habituales. Estas limitaciones buscan prevenir la acumulación de sedimentos que generen obstrucciones y bloqueos en la tubería. (GABRIEL, 2012).

2.2.28 PENDIENTES

PENDIENTES MÍNIMAS

La inclinación de cada segmento de tubería tiene que ser tan parecida a la del suelo como sea posible, con el fin de minimizar las excavaciones. Sin embargo, se debe proyectar con una inclinación mínima del 0,5% (punto cinco por mil) para tuberías de \varnothing 40 cm (16") en la red de drenaje cuando las condiciones topográficas y las conexiones que se realicen lo permitan. Esto se debe hacer con el fin de asegurar que el sistema hidráulico que se genere no genere sedimentos (Emaap, 2009).

2.2.29 PENDIENTES MÁXIMAS

Al diseñar un sistema de drenaje de aguas pluviales, se deben considerar la pendiente y el caudal para garantizar su eficiencia y durabilidad, las velocidades máximas permitidas a lo largo de la ruta varían entre 4.5 y 5.0 m/s, pero es importante evaluar los posibles efectos de erosión que estas velocidades pueden tener en el ducto y el ambiente circundante (Cueva del Ingeniero Civil). La pendiente de la tubería está directamente relacionada con estas velocidades. La pendiente mínima se fijó para alcanzar una velocidad mínima de 0,75 m/s en todo el tramo, y la pendiente

máxima correspondió a la velocidad máxima permitida (2015). Para sistemas que manejan grandes insumos, la pendiente puede variar de 0,5 a 5 partes por mil (Volonté, Gil, & Campo, 2018).

2.2.30 PROFUNDIDAD

PROFUNDIDAD MÍNIMA A LA COTA CLAVE

Los sistemas de alcantarillado pluvial según (Emaap, 2009) deben instalarse a la profundidad adecuada para garantizar el drenaje por gravedad de las aguas lluvias 22 provenientes de su área tributaria. Esta profundidad se determina considerando la cota del extradós de la tubería. Para profundidades menores a las anteriores, el diseñador deberá justificar el tipo de cimentación y las obras de protección a utilizar en la instalación de la tubería, que garantice el relleno (Emaap, 2009).

Profundidad Máxima A La Cota Clave Por lo general, la profundidad máxima de los conductos varía entre 5 m, aunque podría ser superior si se cumplen los requisitos geotécnicos de las bases y estructuras de los materiales durante y tras su instalación (Emaap, 2009).

2.2.31 CICLO HIDROLÓGICO

El ciclo hidrológico es el proceso continuo de circulación del agua en la Tierra a través de la atmósfera, la superficie terrestre y el subsuelo. Este ciclo implica la transformación del agua entre sus estados sólido, líquido y gaseoso, y ocurre mediante una serie de procesos físicos que se encuentran interrelacionados, como la evaporación, transpiración, condensación, precipitación, infiltración, escorrentía y almacenamiento (Viessman & Lewis, 2003).

En el ciclo, el agua que se evapora desde océanos, ríos y lagos se transporta por la atmósfera y, al condensarse, forma nubes. Posteriormente, precipita en forma líquida o sólida, parte de ella se infiltra en el suelo y otra parte fluye superficialmente como escorrentía hacia cauces naturales

o cuerpos de agua. Finalmente, el agua almacenada regresa nuevamente al ciclo por evaporación o por flujo subterráneo.

El ciclo hidrológico es fundamental para el balance hídrico y constituye la base para todos los estudios hidrológicos, ya que controla el movimiento y distribución del recurso agua en una cuenca hidrográfica.

2.2.32 CAUDALES MÁXIMOS

Los caudales máximos son los mayores valores de flujo que se registran o estiman en un cauce natural, canal, o sistema de drenaje durante un evento hidrológico específico, como una lluvia intensa o una avenida fluvial. Generalmente se expresan en metros cúbicos por segundo (m^3/s) y constituyen un parámetro crítico para el diseño de obras hidráulicas, estructuras de control de inundaciones y planes de gestión del riesgo (Eagleson, 1970).

Estos caudales pueden obtenerse mediante:

Registros históricos de aforos, en estaciones hidrométricas.

Métodos empíricos o estadísticos, aplicando análisis de frecuencia de extremos (como distribuciones Gumbel o Log-Pearson III).

Modelos hidrológicos, que simulan la respuesta de una cuenca ante precipitaciones de diseño.

Los caudales máximos se asocian frecuentemente a un periodo de retorno (por ejemplo, 25, 50, 100 años), lo cual indica la probabilidad anual de ocurrencia de un evento de igual o mayor magnitud. Su correcta determinación permite establecer condiciones de diseño seguras para puentes, alcantarillas, presas, canales y colectores urbanos.

La evaluación de estos caudales debe considerar factores como:

Intensidad, duración y distribución espacial de la precipitación

Morfología de la cuenca

- Tipo de cobertura y uso del suelo
- Capacidad de almacenamiento y retención del terreno

2.2.33 OBRAS HIDRÁULICAS

Las obras hidráulicas son estructuras de ingeniería destinadas a regular, conducir, almacenar, drenar o aprovechar el recurso hídrico, tanto en su estado superficial como subterráneo. Estas obras forman parte esencial del desarrollo de infraestructura para el abastecimiento de agua potable, el riego agrícola, el control de inundaciones, la generación de energía hidroeléctrica y el saneamiento ambiental (Novak, Moffat, Nalluri & Narayanan, 2007).

Las obras hidráulicas se clasifican comúnmente según su función en:

Obras de captación: como presas, represas, pozos o galerías filtrantes.

Obras de conducción: canales, tuberías, sifones, túneles hidráulicos.

Obras de almacenamiento: embalses, reservorios, lagunas de retención.

Obras de control: vertederos, aliviaderos, compuertas, diques.

Obras de drenaje: alcantarillado pluvial y sanitario, cunetas, zanjas filtrantes.

Obras de protección: muros de contención, encauzamientos, espigones y defensas ribereñas.

El diseño de estas infraestructuras requiere un análisis riguroso de las variables hidrológicas (caudales máximos, precipitación, escorrentía), hidráulicas (flujo permanente o no permanente), geotécnicas (estabilidad de suelos), y ambientales (impacto ecológico y social). Asimismo, deben considerar criterios de seguridad estructural, sostenibilidad y eficiencia operativa.

2.2.34 OBRAS DE REGULACIÓN

Las obras de regulación son estructuras hidráulicas diseñadas para controlar y modificar el régimen natural de los caudales de un río o sistema de drenaje, con el fin de garantizar un flujo estable, evitar inundaciones, mejorar la disponibilidad de agua o facilitar su aprovechamiento para distintos usos (Chow, 1988).

Estas obras pueden cumplir funciones como:

Regular el caudal mediante almacenamiento temporal de agua en embalses o tanques de retención.

Controlar la velocidad del flujo para reducir la erosión o sedimentación en canales y ríos.

Garantizar caudales mínimos para mantener ecosistemas acuáticos o abastecimiento.

Desvío y distribución de aguas para riego o consumo urbano.

Entre las obras de regulación más comunes se encuentran:

Represas y presas que almacenan agua y liberan caudales controlados.

Tanques y lagunas de retención o detención que almacenan picos de escorrentía para disminuir impactos aguas abajo.

Vertederos reguladores que permiten el paso de caudales controlados manteniendo niveles específicos.

Compuertas y esclusas para manejo del nivel y flujo en canales.

El diseño de estas obras requiere análisis detallados del régimen hidrológico, balance de masa y energía, y consideraciones ambientales para minimizar impactos negativos.

2.2.35 CRECIMIENTO URBANO EN REDES SANITARIAS

El crecimiento urbano desordenado genera una presión considerable sobre las redes sanitarias existentes, especialmente cuando la expansión supera la capacidad de planificación e inversión de los municipios. A medida que se incrementa la densidad poblacional, las infraestructuras de saneamiento –como colectores y estaciones de bombeo– suelen quedar subdimensionadas, lo que provoca colapsos, reboses y contaminación del entorno. Además, el desarrollo informal en periferias urbanas complica la conexión a redes formales y limita la implementación de tecnologías adecuadas de tratamiento de aguas residuales.

2.2.36 TIPOLOGÍAS DE ASENTAMIENTOS Y SU INFLUENCIA EN EL SANEAMIENTO

Las tipologías de asentamientos –formales, informales, rurales, periurbanos– determinan en gran medida el tipo de soluciones sanitarias que pueden implementarse. En los asentamientos formales, existen normativas que permiten planificar redes sanitarias centralizadas. En cambio, en asentamientos informales o periurbanos, donde la tenencia de tierra es irregular y la urbanización es densa, pero sin planificación, se dificulta la construcción de redes convencionales. Estas condiciones obligan a adoptar sistemas descentralizados, soluciones individuales o tecnologías alternativas de bajo costo y fácil mantenimiento.

2.2.37 SALTO HIDRÁULICO

El salto hidráulico es un fenómeno hidráulico que ocurre cuando un flujo de agua rápido y turbulento (flujo supercrítico) se transforma repentinamente en un flujo lento y menos turbulento (flujo subcrítico), produciéndose un aumento brusco en la altura del agua y una disipación significativa de energía (Chaudhry, 2008).

Este fenómeno se caracteriza por:

Un cambio abrupto en la profundidad del flujo.

Formación de turbulencias intensas y remolinos.

Disipación de gran parte de la energía cinética del flujo.

El salto hidráulico es de gran importancia en el diseño de estructuras hidráulicas, ya que se utiliza para disipar la energía en la salida de canales, vertederos y presas, evitando daños por erosión en los cauces aguas abajo. Además, la ubicación y altura del salto se determinan mediante las ecuaciones de conservación de masa y cantidad de movimiento.

2.2.38 CONDICIÓN HIDROLÓGICA

La condición hidrológica se refiere al estado o característica del terreno y su capacidad para absorber y evacuar agua durante y después de un evento de precipitación. Este concepto incluye aspectos como la humedad previa del suelo, el grado de saturación, la vegetación, la permeabilidad del terreno y la capacidad de infiltración (Singh, 2010).

Las condiciones hidrológicas influyen directamente en el comportamiento de la escorrentía superficial, ya que determinan qué proporción del agua precipitada se infiltra en el suelo y qué parte se convierte en escorrentía directa. Por lo tanto, en análisis hidrológicos, se consideran diferentes condiciones, tales como:

Condición seca: suelo con baja humedad inicial, alta capacidad de infiltración.

Condición húmeda: suelo parcialmente saturado, menor capacidad de infiltración.

Condición saturada: suelo completamente saturado, máxima generación de escorrentía.

La correcta evaluación de la condición hidrológica es esencial para la estimación precisa de caudales de diseño y para la planificación de sistemas de drenaje y control de inundaciones.

2.3 PLANIFICACIÓN URBANA Y SANEAMIENTO BÁSICO

La planificación urbana integrada considera el saneamiento básico como un eje estructural para el desarrollo saludable de las ciudades. Una planificación eficiente permite definir zonas de expansión urbana con infraestructura proyectada, evitando que el crecimiento se produzca en zonas no aptas o sin servicios.

3. CAPITULO III

3.1 MARCO METODOLÓGICO

3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El proyecto está ubicado en el sector la florida zona nort

Provincia: Guayas

Cantón: Guayaquil

Coordenadas: 9765284.86 m S; 617124.05 m E; ZONA 17 M

ILUSTRACIÓN 3:UBICACION GEOGRÁFICA DEL SECTOR



FUENTE: Jair Rentería

3.1.2 ESTUDIO POBLACIONAL

El sector La Florida, ubicado en la zona norte del cantón Guayaquil, forma parte de la parroquia urbana Tarqui, una de las más extensas y pobladas del área metropolitana. Este sector se encuentra delimitado entre importantes avenidas como la Avenida Francisco de Orellana, Vía Perimetral y zonas como Mapasingue, Orquídeas y Colinas de la Florida, formando parte del cinturón urbano en expansión de la ciudad.

Según los datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) correspondientes al Censo de Población y Vivienda del año 2010, el Sector Municipal 15 “La Florida” contaba con una población total de aproximadamente 33 710 habitantes, lo que representaba alrededor del 1.7 % del total de habitantes del cantón Guayaquil en ese periodo.

En cuanto a su estructura habitacional, Florida Norte, una subdivisión del sector La Florida, agrupa varias precooperativas de vivienda tales como:

- Monseñor Leónidas Proaño
- Colinas de la Florida
- Vélez Benítez
- 8 de Julio
- Unidad Nacional 1
- Bello Horizonte, entre otras.

La población del área de influencia directa del proyecto, se encuentra identificada según el Censo de Población y Vivienda realizado en el 2010 una población de 500.2 siendo estos 49%

hombres y 51% mujeres. De acuerdo a estadísticas el crecimiento poblacional es de 6.5% cada 10 años, por lo que existe una tendencia aproximada de 5327, habitantes en el sector.



FUENTE: CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 1 GENERO POBLACIONAL

El sector combina características residenciales y comerciales, con una alta presencia de viviendas populares, calles estrechas y actividades informales, reflejo del crecimiento urbano acelerado y a menudo no planificado en el norte de la ciudad.

El 2% de la población que vive en el sector es de la tercera edad, el 66% se encuentra en la Población en edad de trabajo (teniendo en cuenta que los menores en estos sectores, comienzan a trabajar desde los 15 años) y el 32% es menor de 15 años. Es importante mencionar que dentro de esta área existe población flotante, los cuales transitan por el sector para llegar al trabajo, haciendo que los acores sociales beneficiados de la obra se incrementen.

ILUSTRACIÓN 4 TABLA DE DISTRIBUCIÓN DE POBLACIÓN

Grandes grupos de edad	Sexo		
	Hombre	Mujer	Total
De 0 a 14 años	789	795	1 584
De 15 a 64 años	1 612	1 679	3 291
De 65 años y mas	51	76	127
Total	2 452	2 550	5 002

FUENTE: CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2

3.1.3 VIVIENDA

Las viviendas asentadas en el área de estudio son 1274 entre las cuales destacan los siguientes: El 78,18% de tipo casa/villa, el 4,00% departamento en casa o edificio, el 1,81% Cuarto(s) en casa de inquilinato, el 10,60% mediagua, el 3,92% Rancho, el 1,02% covacha, el 0,39% Otra vivienda particular. Tiene una tenencia de la vivienda propia y totalmente pagada el 65,63%, propia y la está pagando el 6,25%, Propia (regalada, donada, heredada o por posesión) 8,14%, Prestada o cedida (no pagada) el 7,15%, por servicios el 0,33%, arrendadas el 12,42%, Anticresis el 0,08%. Todo el sector cuenta con todos los servicios básicos. El entorno del sector tiene diferentes estatus sociales y poseen todos los servicios básicos.(Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022). *Censo de Población y Vivienda 2022: Resultados para el sector en estudio*. INEC.)

3.2 NORMAS GENERALES PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO

El diseño del sistema de alcantarillado sanitario en el sector La Florida, ubicado en la zona norte del cantón Guayaquil, provincia del Guayas, se realizará de acuerdo con las Normas y Especificaciones Técnicas establecidas por la Secretaría del Agua e INTERAGUA. Estas directrices buscan asegurar un servicio eficiente, confiable y económicamente sostenible para la población beneficiaria del proyecto en esta área urbana. (Amagua & Gruconsa, 2020)

3.3 DENSIDAD DE POBLACIÓN

Según estudios elaborados por Interagua en el año 2013, se estableció la densidad poblacional del área de estudio. Para determinar el límite de crecimiento demográfico, se tomó como referencia la densidad de saturación de 200 habitantes por hectárea, conforme a lo estipulado en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón Guayaquil. (Amagua & Gruconsa, 2020)

ILUSTRACIÓN 5: DENSIDAD DE POBLACIÓN ESCENARIO CIRCUITOS A
GRAVEDAD

Año	No. Habitantes	Área (ha)	Densidad (hab/ha)
2052 - Escenario Saturación	15,860	70	200,0

FUENTE: CENSO DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 3

3.4 MÉTODOS DE CÁLCULO DE LA POBLACIÓN FUTURA

3.4.1 EL MÉTODO ARITMÉTICO

$$P_f = P_{uc} + \frac{P_{uc} - P_{ci}}{T_{uc} - T_{ci}} x (T_f - T_{uc})$$

La fórmula de proyección geométrica permite estimar la población futura (P_f) en un año determinado (T_f) utilizando como base los datos del censo inicial (P_{ci} , correspondiente al año T_{ci}) y del último censo disponible (P_{uc} , correspondiente al año T_{uc}). Esta herramienta es fundamental para planificaciones urbanas y de servicios básicos. (Amagua & Gruconsa, 2020)

De acuerdo con el Informe Hidráulico desarrollado por Amagua & Gruconsa (2020), el método geométrico es especialmente adecuado para zonas que presentan una alta dinámica económica, con un crecimiento sostenido en sus actividades productivas, así como disponibilidad de suelo urbano para expansión. Este método permite proyectar el crecimiento poblacional de manera realista en sectores con potencial de desarrollo, como ocurre en distintas zonas del norte de Guayaquil.

$$P_f = P_{uc} (1 + r)^{T_f - T_{uc}}$$

de expansión las cuales pueden ser dotadas de servicios públicos sin mayores dificultades. La ecuación que se emplea es: Donde, r es la tasa de crecimiento anual en forma decimal, y las demás variables se definen igual que para el método anterior. La tasa de crecimiento anual se calcula de la siguiente manera:

$$r = \left(\frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(T_{uc} - T_{c1})}} - 1$$

3.5 MÉTODO EXPONENCIAL DE PROYECCIÓN POBLACIONAL

El método exponencial se basa en el análisis de al menos tres datos censales consecutivos, lo que permite calcular un promedio confiable de la tasa de crecimiento poblacional a lo largo del tiempo. Este enfoque es especialmente recomendado para localidades que evidencian un desarrollo urbano significativo y que cuentan con extensas zonas de expansión, donde se proyecta un crecimiento sostenido.

(Amagua & Gruconsa, 2020)

La fórmula utilizada en este método permite modelar el aumento poblacional bajo una función exponencial, considerando una tasa de crecimiento constante y acumulativa. La ecuación aplicada es la siguiente:

$$Pf = Puc \times e^{r*(Tf - Tuc)}$$

Donde:

Pf = población proyectada para el año Tf

Puc = población del último censo conocido

r = tasa de crecimiento anual (en forma decimal)

Tf = año al cual se desea proyectar

Tuc = año del último censo

e = base del logaritmo natural (≈ 2.71828)

Este método es adecuado para zonas como el sector La Florida, en la zona norte de Guayaquil, donde se observan procesos de urbanización en expansión y condiciones que facilitan el desarrollo planificado del territorio urbano.

3.6 TASAS DE CRECIMIENTO POBLACIONAL

En la siguiente tabla se presentan las tasas de crecimiento demográfico calculadas a partir de los datos censales del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) correspondientes a los años 2001 y 2010. Estas tasas han sido estimadas utilizando los métodos de proyección geométrico, exponencial y aritmético, con el fin de comparar sus resultados y seleccionar el modelo más adecuado según el comportamiento poblacional observado en el período analizado.

ILUSTRACIÓN 6: TASAS DE CRECIMIENTO

Aritmético	Geométrico	Exponencial
Pendiente	r	k
1,402.78	2%	20%

FUENTE: INEC 2022

3.7 TOPOGRAFÍA DE LA ZONA

Para nuestro prediseño deberemos tener en cuenta las características topográficas y geográficas del área, ya que la red de alcantarillado se diseña en base a las cotas y pendientes que se tenga en el área.

Ambos casos son procesos detallados que implica la medición precisa de puntos en el terreno para obtener coordenadas y altitudes.

Preparación y Planificación

Definimos los objetivos topográficos del levantamiento, es decir qué información topográfica necesitamos, como coordenadas (X, Y) y altitudes (Z) de puntos en el terreno.

Establecemos un sistema de coordenadas de referencia (por ejemplo, coordenadas geográficas o coordenadas proyectadas).

Medición de Distancias

Estas distancias son entre la estación y los puntos de interés en el terreno, las cuales deben ser precisas, tomando en cuenta las correcciones y altura del instrumento.

Georreferenciación de Datos

Empleamos los puntos de control de referencia conocidos para georreferenciar las mediciones y ajustamos el sistema de coordenadas de los datos recopilados.

Medición de Altitudes

Medimos las altitudes de los puntos de interés en el terreno utilizando la estación total. Esto puede requerir el uso de una mira prismática en un poste si los puntos están a cierta distancia.

3.8 VIDA ÚTIL DEL PROYECTO

La vida útil de un proyecto hace referencia al tiempo durante el cual se espera que el proyecto sea efectivo, es decir, la duración del tiempo en que se espera que el proyecto genere beneficios económicos y sociales para la comunidad o la organización que lo lleva a cabo.

3.9 CAUDALES

Se estimarán los caudales originados por las aguas residuales con el propósito de definir la ubicación y el dimensionamiento apropiado de los distintos elementos que integran el sistema, tales como tuberías principales y secundarias (colectores y tirantes), cajas de inspección y cámaras de revisión. El cálculo de estos componentes se realizará aplicando principios hidráulicos, con el fin de asegurar un flujo eficiente que evite la acumulación de sedimentos y la sobrecarga de caudales en la red.

3.9.1 DOTACIÓN

El primer paso en la estimación de los caudales consiste en establecer la dotación, la cual representa la cantidad de agua potable o tratada que requiere cada habitante diariamente, expresada en litros por persona al día. Esta dotación depende de la densidad poblacional y de las características geográficas y climáticas del área ya sea un entorno cálido o frío, y puede ajustarse con base en estudios técnicos previos realizados en la zona o en normativas oficiales.

3.9.2 DOTACIÓN PROYECTADA

Después de definir la dotación actual, es necesario calcular la dotación futura. A medida que la población crece, también aumenta el consumo de agua debido a mayores exigencias

sanitarias. Por tal motivo, debe realizarse una proyección de dotación a largo plazo que contemple el crecimiento poblacional y los cambios en los hábitos de consumo.

3.9.3 APORTACIÓN

A continuación, se debe calcular la aportación, entendida como el volumen total de aguas residuales o servidas que se generan y descargan hacia el sistema de alcantarillado, hacia una planta de tratamiento o directamente al entorno. Este valor es esencial para evaluar la carga contaminante y la capacidad que deberá tener el sistema de saneamiento, especialmente en su tratamiento primario.

La cantidad de aguas residuales producidas varía en función de diversos factores como la cantidad de habitantes, el tipo de actividades industriales o comerciales, las condiciones del clima y las prácticas de uso eficiente del recurso hídrico. En términos generales, se estima que la aportación corresponde a un 70% u 80% del valor de la dotación (Menoscal, 2023).

3.9.4 CONSUMOS

Una vez determinados la aportación y la población de diseño, se procede a calcular el consumo medio. Este valor se expresa en litros por segundo (L/s) y representa el caudal promedio utilizado, sirviendo como base para dimensionar adecuadamente las redes de recolección y transporte de aguas residuales.

Con el consumo medio calculado, podremos hallar el consumo mínimo el cual resulta:

Ilustración 7: Aportación

$$\text{Consumo Medio} = \frac{\text{Aportacion} * \text{Poblacion de diseño}}{86400}$$

FUENTE: Jair Rentería

Así mismo podremos hallar el consumo máximo, pero antes del cálculo del consumo máximo debemos hallar el factor Harmon (M) y así finalmente se multiplica el consumo medio por el factor Harmon, logrando obtener el consumo máximo.

Caudal

Finalmente podremos hallar el caudal de diseño que por normativa mediante la siguiente formula

$$Qd = 1.2 * CMAX$$

y sus unidades se dan en litros/segundos. Es de gran relevancia que se considere el área total del proyecto, para poder calcular el caudal unitario, cuyo resultado se obtiene de la división entre el caudal de diseño y el área total del proyecto.

3.10 SISTEMA DE AGUAS SERVIDAS

Para el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario, es fundamental identificar inicialmente los puntos de recolección de aguas residuales dentro del área del proyecto. Posteriormente, se consideran las cotas del terreno, las cuales pueden obtenerse a partir del mapa topográfico del Ecuador. Con esta información, se procede a definir el trazado de la red de alcantarillado, tomando en cuenta la ubicación de las viviendas, ya que esta influye directamente en el diseño. En esta etapa se establecen y enumeran las cajas de registro correspondientes.

La capacidad de las cajas de registro y de las cámaras de inspección se determina a partir de los caudales proyectados y las cargas orgánicas previstas. Según estos valores, se selecciona el tipo de cajas y cámaras a emplear, ya sean prefabricadas o construidas in situ, definiendo también la profundidad de cada una. El cálculo de los diámetros de las tuberías se basa en los caudales y las velocidades de diseño, eligiendo materiales y accesorios de alta calidad que garanticen durabilidad y eficiencia.

Es esencial que la instalación de las tuberías respete las pendientes de diseño para asegurar un flujo adecuado de las aguas residuales. Las cámaras de inspección se ubican preferentemente en el eje de la vía, siguiendo criterios normativos e hidráulicos, asignándoles una denominación para su identificación. Las cajas se conectan a las cámaras y se mide la longitud de cada colector que une un punto con otro. Asimismo, se diseña el sistema de ventilación de la red con el objetivo de evitar la acumulación de gases propios del alcantarillado.

Finalmente, se elaboran los planos detallados y la documentación técnica que describen el diseño, las especificaciones y los criterios constructivos del sistema de alcantarillado sanitario.

4. CAPITULO IV

4.1 DESARROLLO DEL TEMA

4.1.1 ESTUDIO POBLACIONAL

La determinación de la población de diseño resulta fundamental para asegurar que el sistema de alcantarillado sanitario esté dimensionado adecuadamente y sea capaz de gestionar eficientemente las aguas residuales generadas por la comunidad en estudio. Este dato inicial permite elaborar una tabla de cálculo que, a su vez, facilita la selección del diámetro óptimo de las tuberías, siendo la población un factor determinante en la capacidad hidráulica y las dimensiones del sistema de conducción.

En este caso, la estimación de la población se realizó utilizando información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), considerando un total de 218 viviendas, lo que representa una población aproximada de 1308 habitantes. La tasa de crecimiento poblacional adoptada fue del 1.5%, conforme a la ubicación geográfica del sector en la región Costa del país. Esta clasificación regional y el dato de crecimiento fueron obtenidos según lo establecido en la norma técnica ecuatoriana INEN 1108

ILUSTRACIÓN 8: TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL

REGIÓN GEOGRÁFICA	r (%)
Sierra	1
Costa	1,5

FUENTE: INEN 1108

4.1.2 DOTACIÓN

Para calcular los distintos tipos de consumo, es necesario partir del valor de la dotación, el cual se determina siguiendo los lineamientos establecidos en la norma INEN 1018. En este caso, se adopta el nivel de servicio IIB, correspondiente a viviendas con más de un punto de consumo (grifos) por domicilio, lo cual establece una dotación de 100 litros por habitante por día (l/hab·día) en zonas de clima cálido. Este valor varía según el nivel de servicio y las condiciones climáticas del área de estudio.

Adicionalmente, se debe considerar el porcentaje de pérdidas por fugas, que corresponde a un 20% del consumo, según las recomendaciones para diseños de sistemas de agua potable. Este porcentaje se incorpora al cálculo total del consumo, manteniendo el nivel de servicio IIB previamente mencionado como base de referencia.

**ILUSTRACIÓN 9: NIVELES DE SERVICIO PARA SISTEMA DE ABASTAMIENTO
DE AGUA**

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

Simbología utilizada:

AP: agua potable

DE: disposiciones de excretas

DRL: disposición de residuos líquidos.

FUENTE: INEN 1108

**ILUSTRACIÓN 10: DOTACIONES DE AGUA PARA DIFERENTES NIVELES DE
SERVICIO**

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

FUENTE: INEN 1108

ILUSTRACIÓN 11: PORCENTAJE DE FUGA

NIVEL DE SERVICIO	PORCENTAJE DE FUGAS
Ia y Ib	10 %
IIa y IIb	20 %

FUENTE : INEN 1108 1

- Consumo Doméstico (CD) → IIb → 100ltr / Hab*día
- Consumo Público (CPU) → 35ltr / Hab*día
- Consumo Industrial (C.I) → 100 l/Hab*día
- Consumo por Pérdida (CP) → 20% de CPU + CD + CI

$$CP = (CD + CPU + CI) * 20\%$$

$$CP = (100 + 35 + 100) \frac{Ltr}{hab * dia} * \frac{20}{100}$$

$$CP = 235 \frac{Ltr}{hab * dia} * 0.2 = \pi r^2$$

$$CP = 47 \frac{Ltr}{hab * dia}$$

4.1.3 CÁLCULO DE LA DOTACIÓN

- Consumo Doméstico (CD) → IIb → 100ltr / Hab*día
- Consumo Público (CPU) → 35ltr / Hab*día
- Consumo Industrial (C.I) → 100 l/Hab*día
- Consumo por Pérdida (CP) → 47 ltr/Hab*día

$$D = CD + CPu + CI + CP$$

$$D = (100 + 35 + 100 + 47) \frac{Ltr}{hab * dia}$$

$$D = 282 \frac{Ltr}{hab * dia}$$

4.1.4 APORTACIÓN

- Dotación (D) = 282 Ltr/Hab*día
- Para la aportación se puede usar del 70-75% donde usaremos de = 70%

$$A = 0.70 * D$$

$$A = 0.7 - 282 \frac{Ltr}{hab * dia}$$

$$A = 197.4 \frac{Ltr}{hab * dia}$$

4.1.5 CAUDAL MEDIO

- Población futura
- Aportación=0.7

$$Cm = \frac{Pd * A}{86400}$$

$$Cm = \frac{1506 * 0.7}{86400}$$

$$Cm=3.44L/seg$$

4.1.6 CAUDAL MÍNIMO

- Caudal medio (Cm)= 3.44L/seg

$$Cmin=0.5*Cm$$

$$Cmin=0.5*3.44 L/seg$$

$$Cmin= 1.72 L/seg$$

4.1.7 CAUDAL MÁXIMO

- Población Futura (Pd)=1506 Hab
- Consumo medio (Cm) = 3.44 L/seg

$$M = \frac{15}{4 + \sqrt{\frac{1506}{1000}}}$$

$$M=2.87$$

$$C_{\max}=M \cdot C_m$$

$$C_{\max}=2.87 \cdot 3.44 \text{ L/seg}$$

$$C_{\max}=9.87 \text{ L/seg}$$

4.1.8 CAUDAL DE DISEÑO

- Consumo máximo (Cmax)=7.220 L/seg

$$Q_d=1.2 \cdot C_{\max}$$

$$Q_d=1.2 \cdot 9.87 \text{ L/seg}$$

$$Q_d=11.84 \text{ L/seg}$$

4.1.9 DISEÑO DE SISTEMA DE RED PRINCIPAL

IUSTRACIÓN 12: DISEÑO DE SISTEMA DE RED PRINCIPAL



FUENTE: Jair Renteria

4.1.10 TABLA DE TRAMOS

Tramo		Características tubería								
De	A	Q Diseño (l/s)	Longitud (m)	Pendiente (m/m)	J ^{1/2}	Diámetro Interno (m)	Área (m ²) Tubo lleno	Perímetro (m)	Radio hidráulico (m)	R ^{2/3}
		l/s								
G	F	0,57384461	41,7	0,131414868	0,36251189	0,2	0,03	0,62832	0,047746371	0,13161142
F	D	0,37442976	26,7	0,041947566	0,20481105	0,2	0,03	0,62832	0,047746371	0,13161142
D	E	0,850716472	81,95	0,000976205	0,03124428	0,2	0,03	0,62832	0,047746371	0,13161142
D	C	0,61634461	41,9	0,001909308	0,04369563	0,2	0,03	0,62832	0,047746371	0,13161142
C	B	0,614199993	42,07	0,008319468	0,09121112	0,2	0,03	0,62832	0,047746371	0,13161142
B	A	1,380716472	148	0,006831081	0,08265035	0,28	0,03	0,879648	0,034104551	0,10516589
A	H	1,427559699	97,7	0,018515865	0,13607301	0,2	0,03	0,62832	0,047746371	0,13161142
H	I	1,690716472	117	0,022735043	0,15078144	0,28	0,03	0,879648	0,034104551	0,10516589
I	J	1,64134461	114,93	0,032837379	0,18121087	0,28	0,03	0,879648	0,034104551	0,10516589
J	K	1,840783231	31,25	0,08096	0,28453471	0,2	0,03	0,62832	0,047746371	0,13161142
K	L	2,407005238	68,11	0,022463662	0,14987882	0,2	0,03	0,62832	0,047746371	0,13161142
L	M	1,852005238	72,7	0,029160935	0,17076573	0,2	0,03	0,62832	0,047746371	0,13161142
M	N	1,257485391	87,4	0,021167048	0,145489	0,2	0,03	0,62832	0,047746371	0,13161142
N	O	1,192559699	60,3	0,003084577	0,05553897	0,2	0,03	0,62832	0,047746371	0,13161142
O	P	1,557767814	80,8	0,055445545	0,23546878	0,2	0,03	0,62832	0,047746371	0,13161142
P	Q	1,396855405	116	0,043448276	0,2084425	0,28	0,03	0,879648	0,034104551	0,10516589
Q	R	0,87884461	58,17	0,122056043	0,3493652	0,2	0,03	0,62832	0,047746371	0,13161142
S	T	1,440716472	54,52	0,055392517	0,23535615	0,2	0,03	0,62832	0,047746371	0,13161142
T	U	2,409505238	109,1	0,370944088	0,60905179	0,2	0,03	0,62832	0,047746371	0,13161142

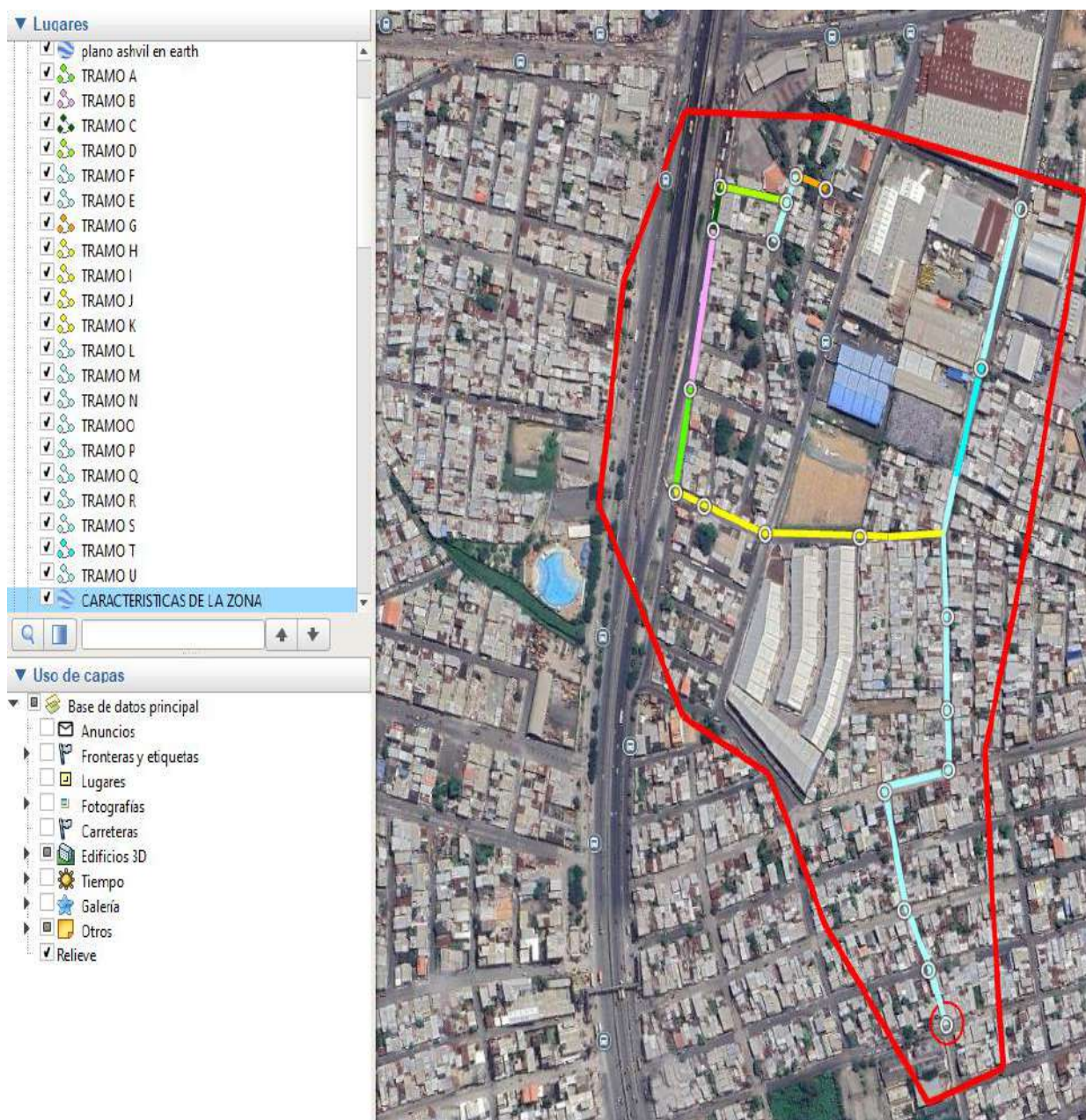
Funcionamiento hidráulico					Cota TAPA		Cota Invert		Profundidad (m)	
Coef. Rug. N	Tubo lleno		Q / QO	Esf Trac (Kg/m2)	Sup	Inf	Sup	Inf	Sup	Inf
	QO (l/s)	VO (m/s)								
0,011	130,120104	4,3373368	0,00441011	6,274583084	34,88	29,4	33,15	28,25	1,73	1,15
0,011	73,5149271	2,45049757	0,00509325	2,002844039	29,4	28,28	28,25	27,61	1,15	0,67
0,011	11,2148292	0,37382764	0,07585639	0,046610247	28,28	28,2	28,02	27,61	0,26	0,59
0,011	15,6841191	0,52280397	0,03929737	0,091162523	28,28	28,2	28,02	27,85	0,26	0,35
0,011	32,7393397	1,09131132	0,0187603	0,397224387	28,4	28,05	27,85	27,4	0,55	0,65
0,011	23,7054487	0,79018162	0,05824469	0,232970953	28,05	27,039	27,4	25,28	0,65	1,76
0,011	48,8420801	1,62806934	0,02922807	0,88406536	27,039	25,23	25,53	25,13	1,51	0,10
0,011	43,246538	1,44155127	0,03909484	0,775368422	28,19	25,53	25,53	25,25	2,66	0,28
0,011	51,9741869	1,7324729	0,03158	1,119904073	29,024	25,25	28,28	25,25	0,74	0,00
0,011	102,130957	3,40436522	0,01802375	3,865546218	30,81	28,28	30,31	28,28	0,50	0,00
0,011	53,797541	1,79325137	0,04474192	1,072558333	31,84	30,31	31,21	30,31	0,63	0,00
0,011	61,2946931	2,04315644	0,03021477	1,392328846	34,45	32,33	31,21	31,21	3,24	1,12
0,011	52,2218554	1,74072851	0,02407968	1,010649735	34,47	32,62	32,33	30,7	2,14	1,92
0,011	19,935171	0,6645057	0,05982189	0,147277364	35,22	35,034	32,62	33,26	2,60	1,77
0,011	84,5192193	2,81730731	0,01843093	2,647323556	39,51	35,03	38,05	33,26	1,46	1,77
0,011	59,7846558	1,99282186	0,02336478	1,481783936	44,55	39,51	43,18	38,05	1,37	1,46
0,011	125,401229	4,18004096	0,00700826	5,827733128	44,55	37,45	43,18	35,54	1,37	1,91
0,011	84,4787926	2,81595975	0,01705418	2,644791659	40,47	37,45	38,8	35,54	1,67	1,91
0,011	218,613198	7,28710659	0,01102177	17,71123415	40,47		38,8		1,67	0,00

4.2 PROCESAMIENTO DE DATOS

4.2.1 TRAZADO DE SISTEMA

Se explicará el procedimiento utilizado en la tabla para calcular cada tramo de la red principal, el cual se realizó mediante cámaras de inspección. El sistema se desarrolla analizando las cotas del terreno con base en la topografía y sus curvas de nivel, considerando que operará por gravedad. Las cámaras se enumeran en orden alfabético para facilitar la identificación del sentido del sistema, siguiendo un recorrido de cota más alta a cota más baja.

Ilustración 13: TRAZADO DE SISTEMA



FUENTE: Jair Rentería

Respetando las normas al momento de tazar los tramos donde cada tramo no se deberá de pasar una longitud de 100 m usando una tubería de 200 mm siendo este el valor mínimo de tubería, regido a la Norma INEN 5.

Ilustración 14: trazado de sistema

DIÁMETRO DE LA TUBERÍA (mm)	DISTANCIA MÁXIMA ENTRE POZOS (m)
Menor a 350	100
400 - 800	150

FUENTE: INEM 1108

Tramo		Áreas de drenaje (ha)		
De	A	Propia	Afluente	Total
		G	F	0,00
F	D	0,53	0,00	0,53
D	E	0,22	0,53	0,75
D	C	0,71	0,22	0,93
C	B	0,97	0,71	1,68
B	A	1,9	0,97	2,87
A	H	1,9	1,90	3,80
H	I	2,21	1,90	4,11
I	J	2,82	2,21	5,03
J	K	2,82	2,82	5,64
K	L	4,34	2,82	7,16
L	M	0,6	4,34	4,94
M	N	0,86	0,60	1,46
N	O	2	0,86	2,86
O	P	1,21	2,00	3,21
P	Q	0,99	1,21	2,20
Q	R	0,99	0,99	1,98
S	T	2,12	0,99	3,11
T	U	3,74	3,43	7,17

4.2.3 PENDIENTE

Para hallar la longitud se la puede obtener mediante herramienta de medición en el Civil Cad, mediante la pendiente de cada tramo de tubería se deberá considerar para evitar que a futuro por no tener una adecuada pendiente ocasionen obstrucciones y tenga una adecuada dirección y velocidad para que el sistema rinda exitosamente.

- PENDIENTE(S)
- LONGITUD DE TRAMO

$$S = \frac{cota\ 1 - cota2}{LONGITUD}$$

$$S = \frac{34.88 - 29.4}{41.7}$$

$$S=0.131$$

4.2.4 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

Se plantea utilizar una tubería de PVC corrugada de doble pared con un diámetro de 200 mm y sello elastomérico, conforme a lo establecido en la norma INEN 5. Se aplicará un coeficiente de rugosidad de 0.011 para todos los tramos de tubería.

Ilustración 16: Coeficiente de rugosidad

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

FUENTE: INEN 1108

4.3 CALCULOS

4.3.1 ÁREA DE LA TUBERÍA

- $\pi=3.1416$
- Diámetro = 200mm

$$A = \frac{3.1416 * D^2}{4}$$

$$A = \frac{3.1416 * 0.20^2}{4}$$

$$A=0.031416\text{m}^2$$

4.3.2 PERÍMETRO

- $\pi=3.1416$
- Diámetro = 200mm

$$P = \frac{3.1416 * 0.20}{2}$$

$$P=0.311416\text{m}$$

4.3.3 RADIO HIDRÁULICO

- Área de tubería = 0.031416
- Perímetro= 0.311416

$$RH = \left(\frac{\text{area de la tubería}}{\text{perímetro}} \right)^{2/3}$$

$$RH = \left(\frac{0.031416}{0.311416} \right)^{2/3}$$

$$RH=0.22$$

4.3.4 CAUDAL A TUBO LLENO

- Área de tubería = 0.0214116
- Coeficiente de Manning (n)= 0.011
- Radio Hidráulico (Rh)=0.22
- Pendiente (S) F-D = 0.042

$$Q_o = \frac{1}{n} * \text{area de tubería} * Rh * S^{1/2}$$

$$Q_o = \frac{1}{0.011} * 0.031416 * 0.05 * 0.042^{1/2}$$

$$Q_o F - D = 73.51 \text{ L/s}$$

4.3.5 VELOCIDAD A TUBO LLENO

- Área de la tubería= 0.031416
- Qo=73.51

$$V_o = \frac{Q_o/1000}{\text{area de tubería}}$$

$$V_o = \frac{73.51/1000}{0.031416}$$

$$V_o F - D = 4.34 \frac{m}{s}$$

4.3.6 RELACIÓN Q VS Qo

- Caudal de diseño (Q) F-D =0.57
- Caudal al tubo lleno (Qo) F-D = 73.51

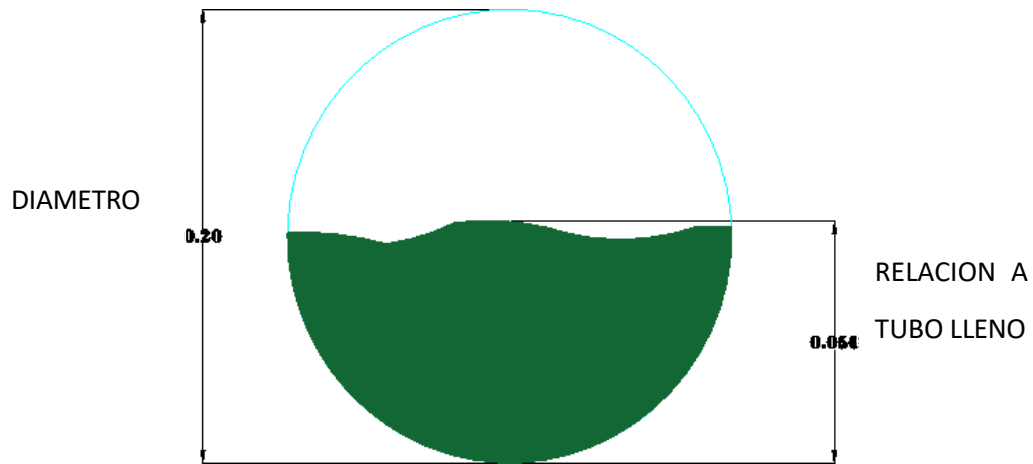
$$Q \text{ vs } Q_o = \frac{Q_{\text{diseño}}}{Q_o}$$

$$Q \text{ vs } Q_o = \frac{0.57}{73.51}$$

$$Q \text{ vs } Q_o = 0.007$$

4.4 VERIFICACIÓN A TUBO LLENO

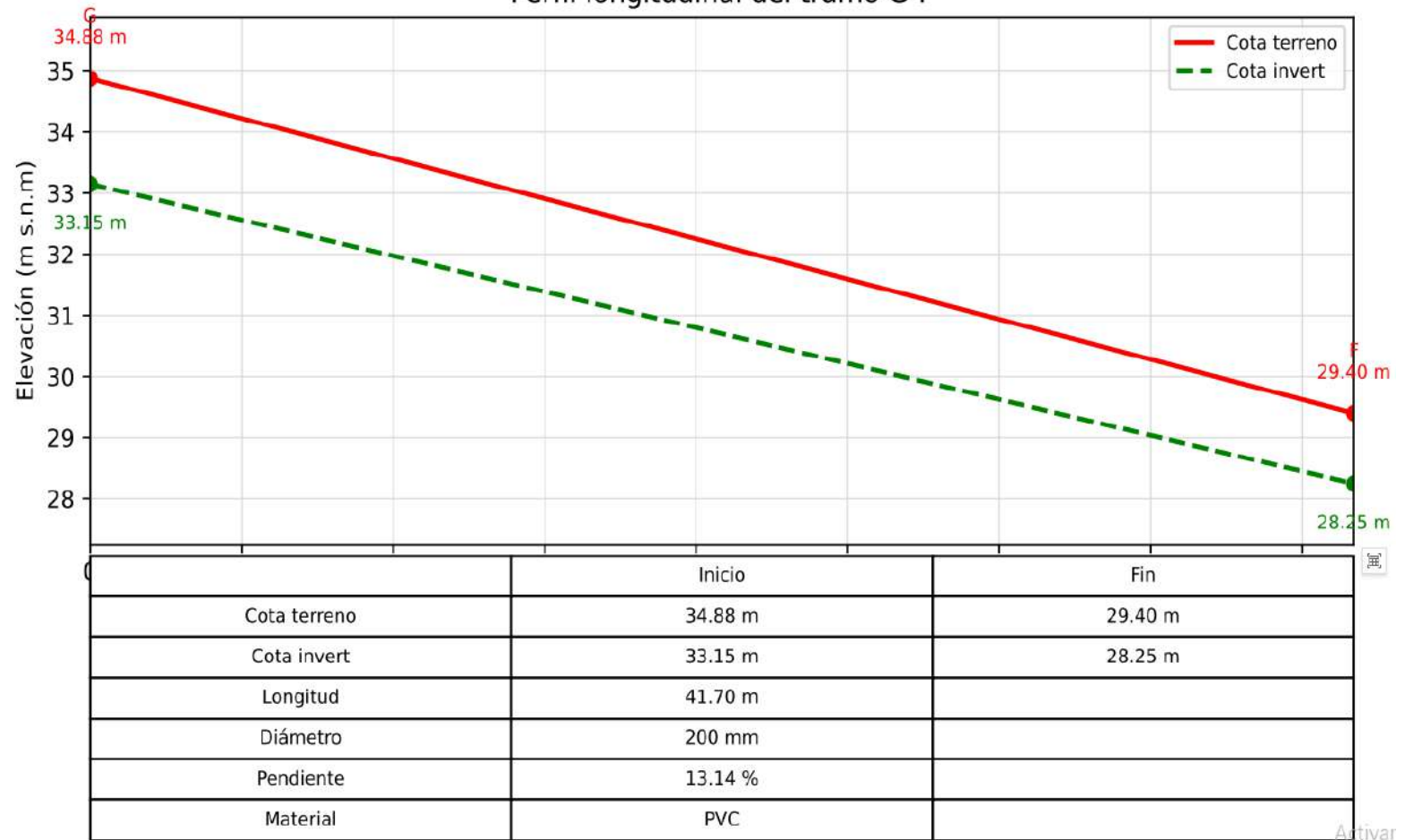
Para garantizar el correcto funcionamiento del sistema, es necesario comprobar la relación entre el llenado de la tubería y el caudal total obtenido, de manera que se eviten en el futuro posibles inconvenientes como desbordamientos, obstrucciones o bloqueos.



Considerando que las tuberías estarán en condiciones óptimas, se asume que el sistema operará con la cantidad máxima de caudal prevista.

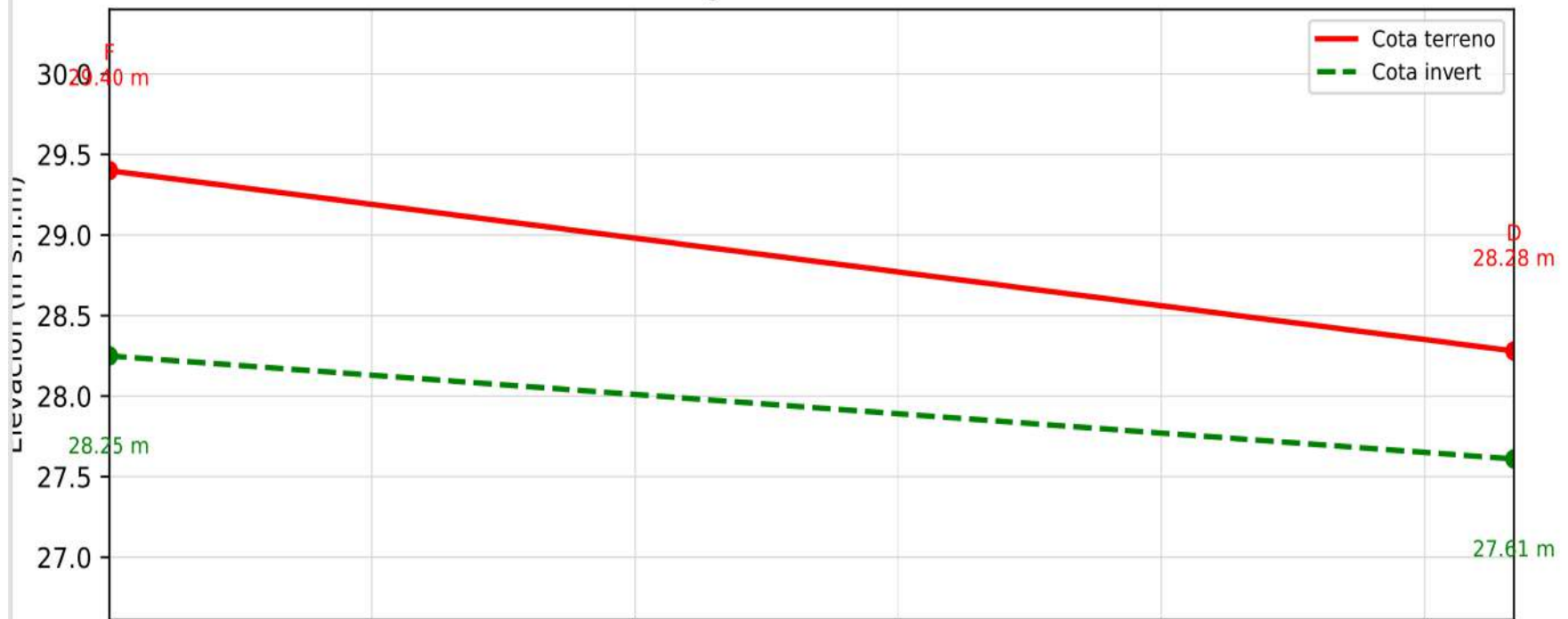
4.5 PERFILES DE TRAMO

Perfil longitudinal del tramo G-F



FUENTE: Jair Rentería

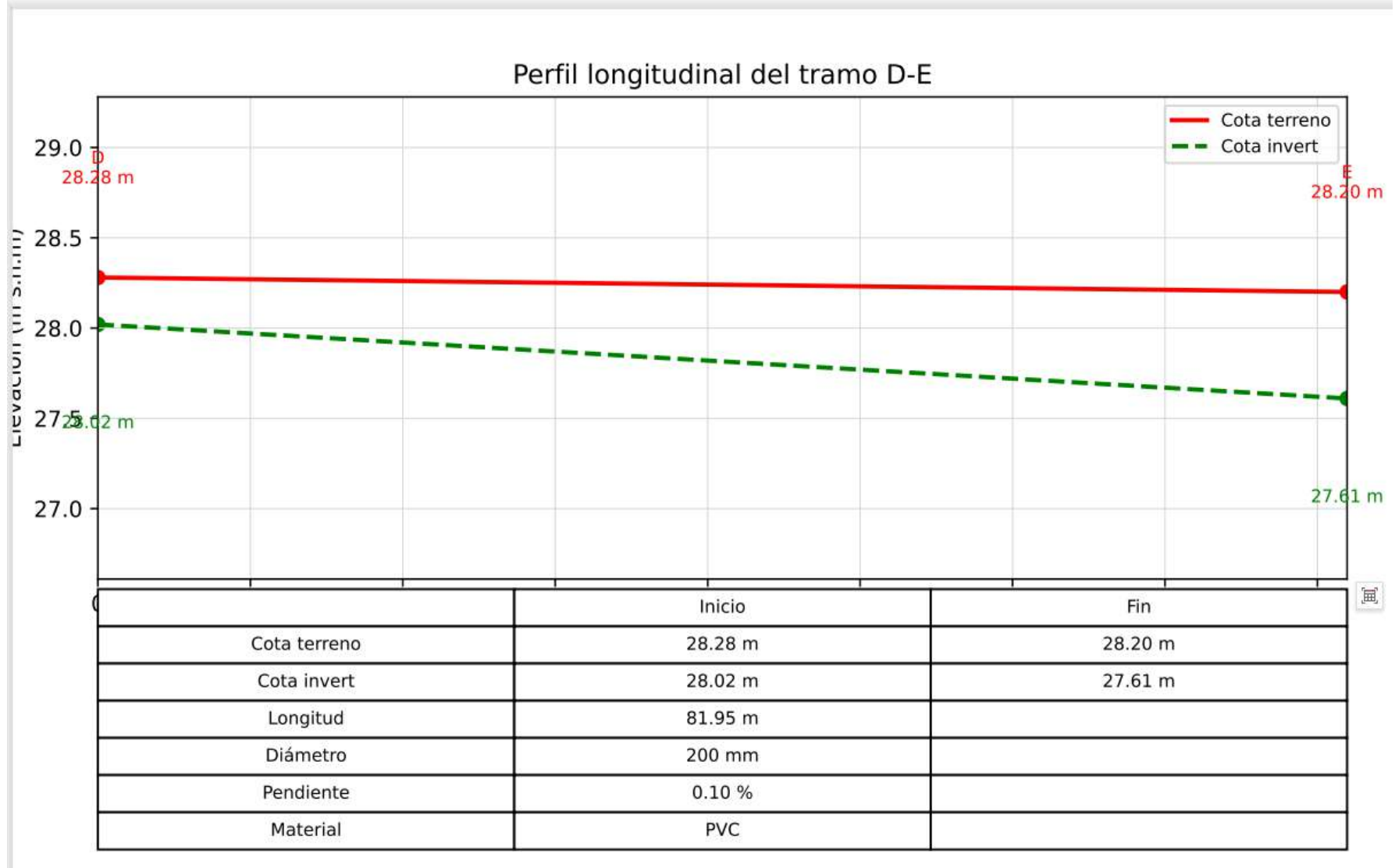
Perfil longitudinal del tramo F-D



	Inicio	Fin
Cota terreno	29.40 m	28.28 m
Cota invert	28.25 m	27.61 m
Longitud	26.70 m	
Diámetro	200 mm	
Pendiente	4.19 %	
Material	PVC	

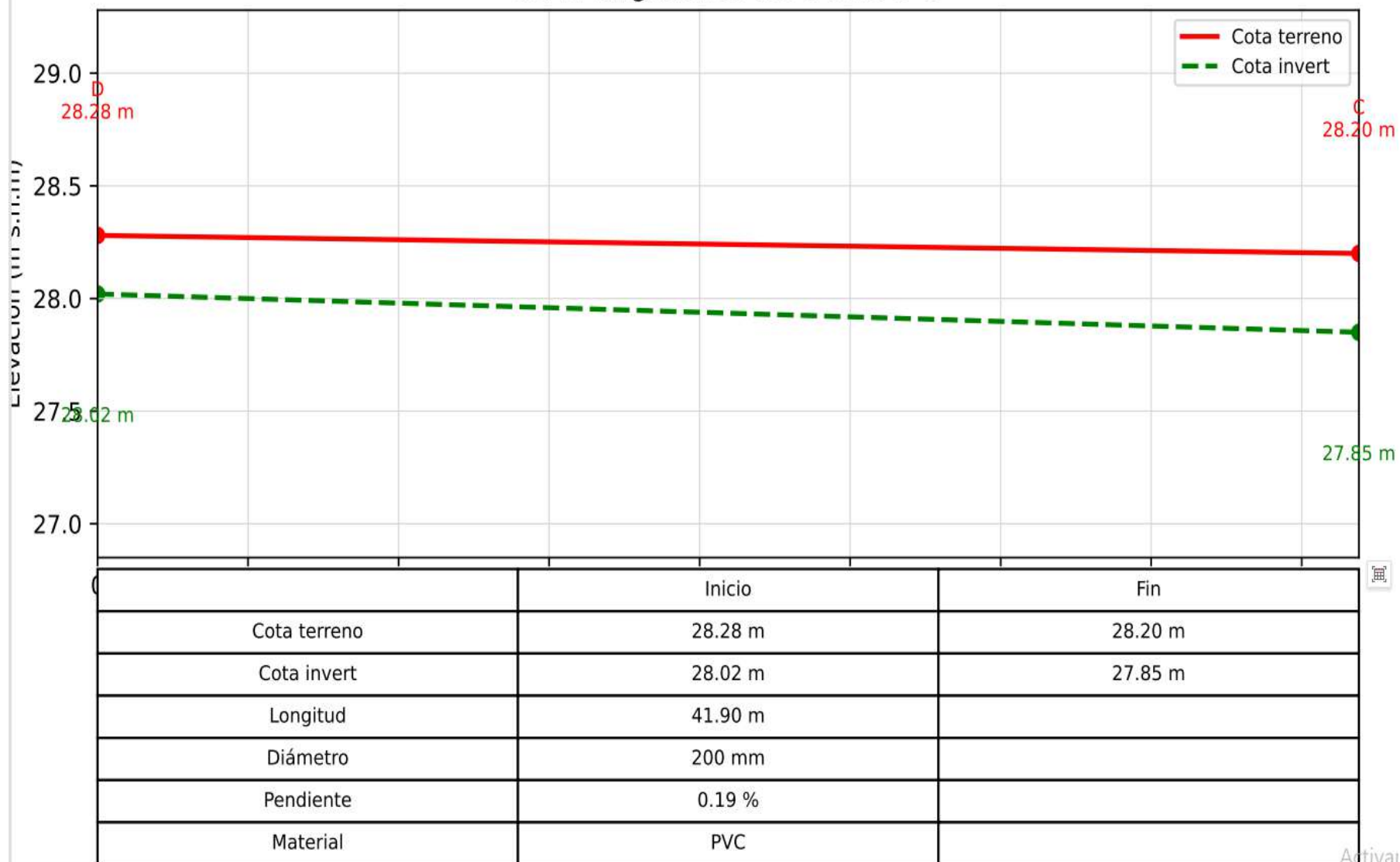
Activar
Ver a Conf

FUENTE: Jair Rentería



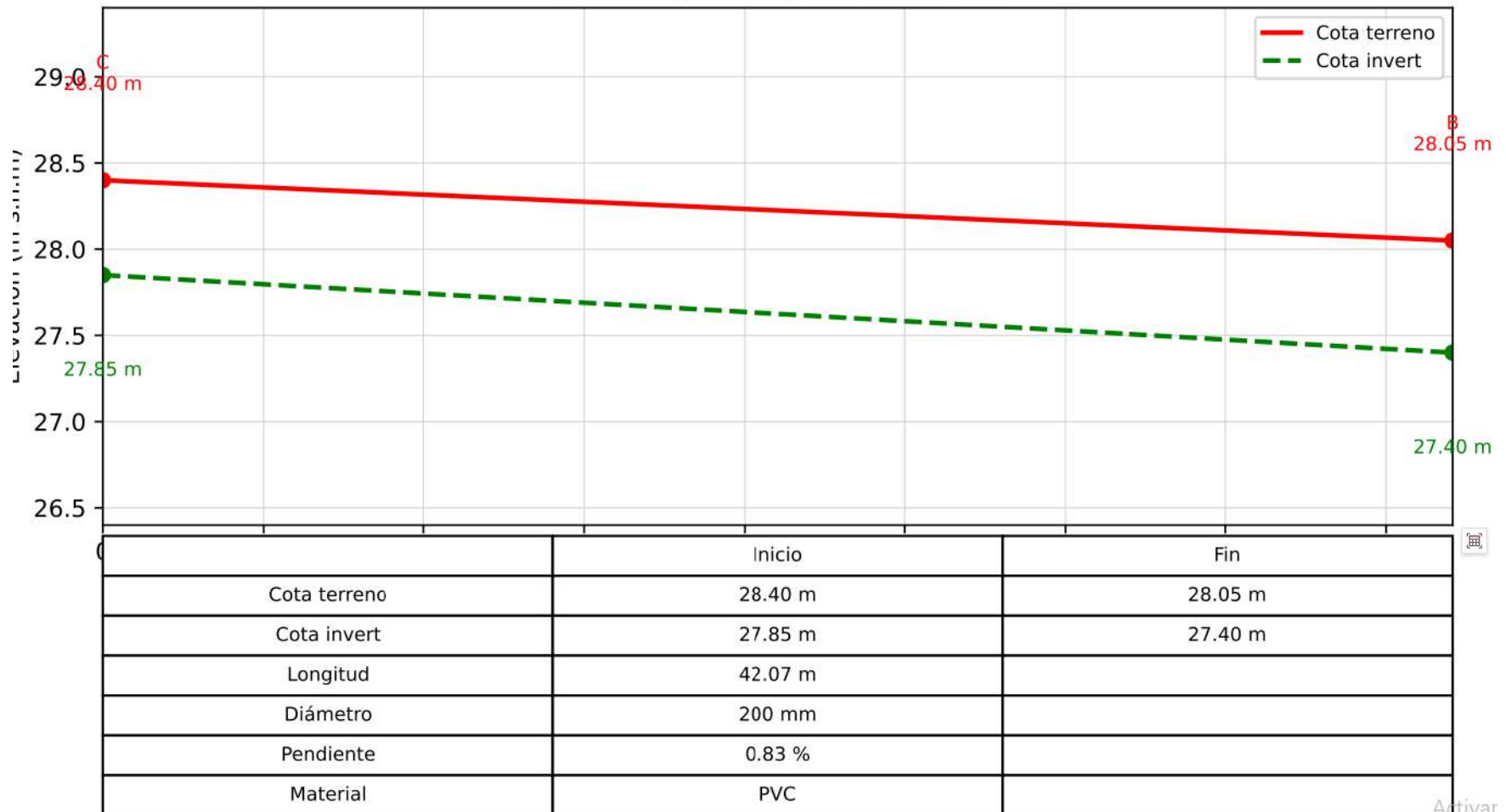
FUENTE: Jair Rentería

Perfil longitudinal del tramo D-C



FUENTE: Jair Rentería

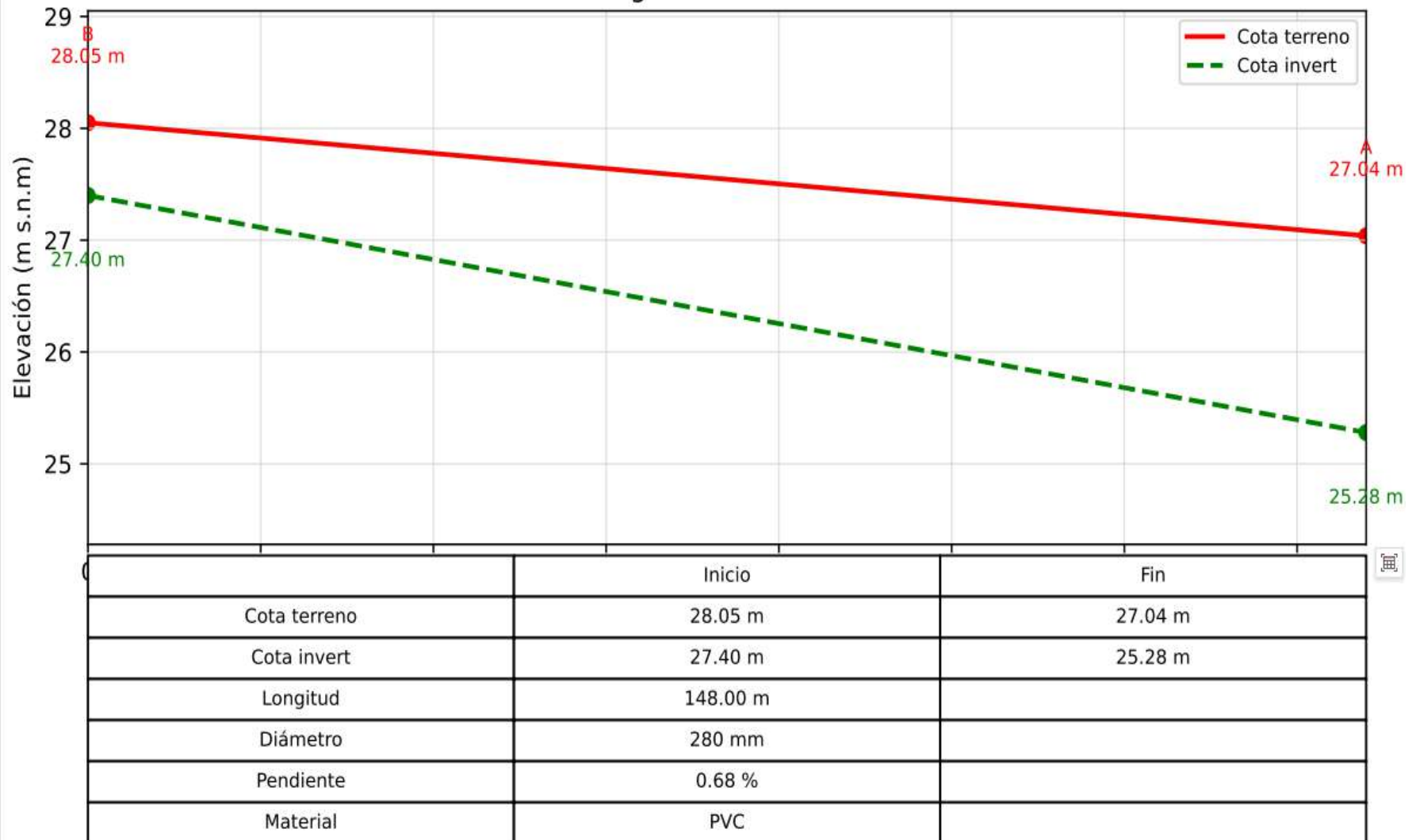
Perfil longitudinal del tramo C-B



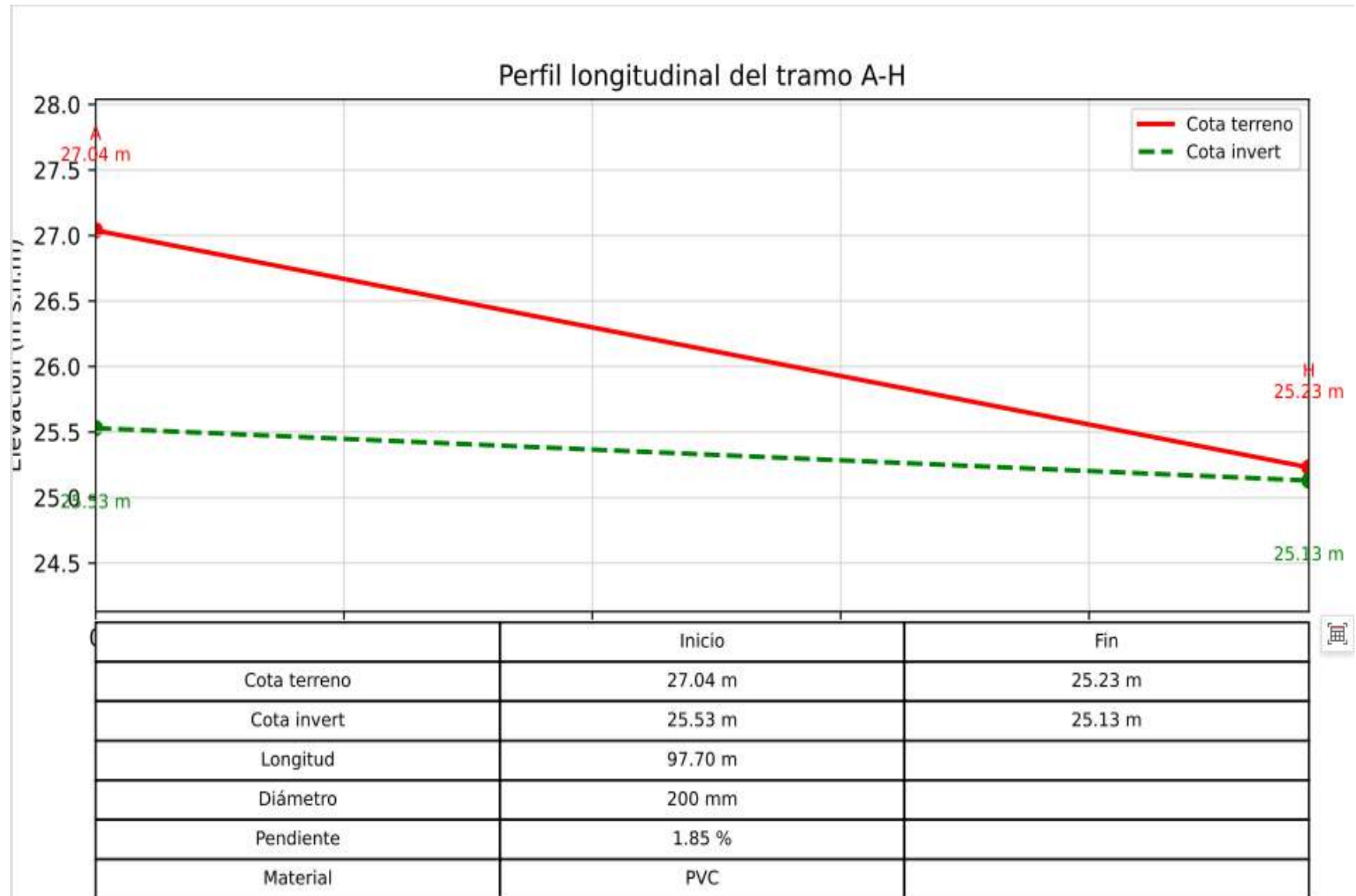
Activar
Ver a Cont

FUENTE: Jair Rentería

Perfil longitudinal del tramo B-A

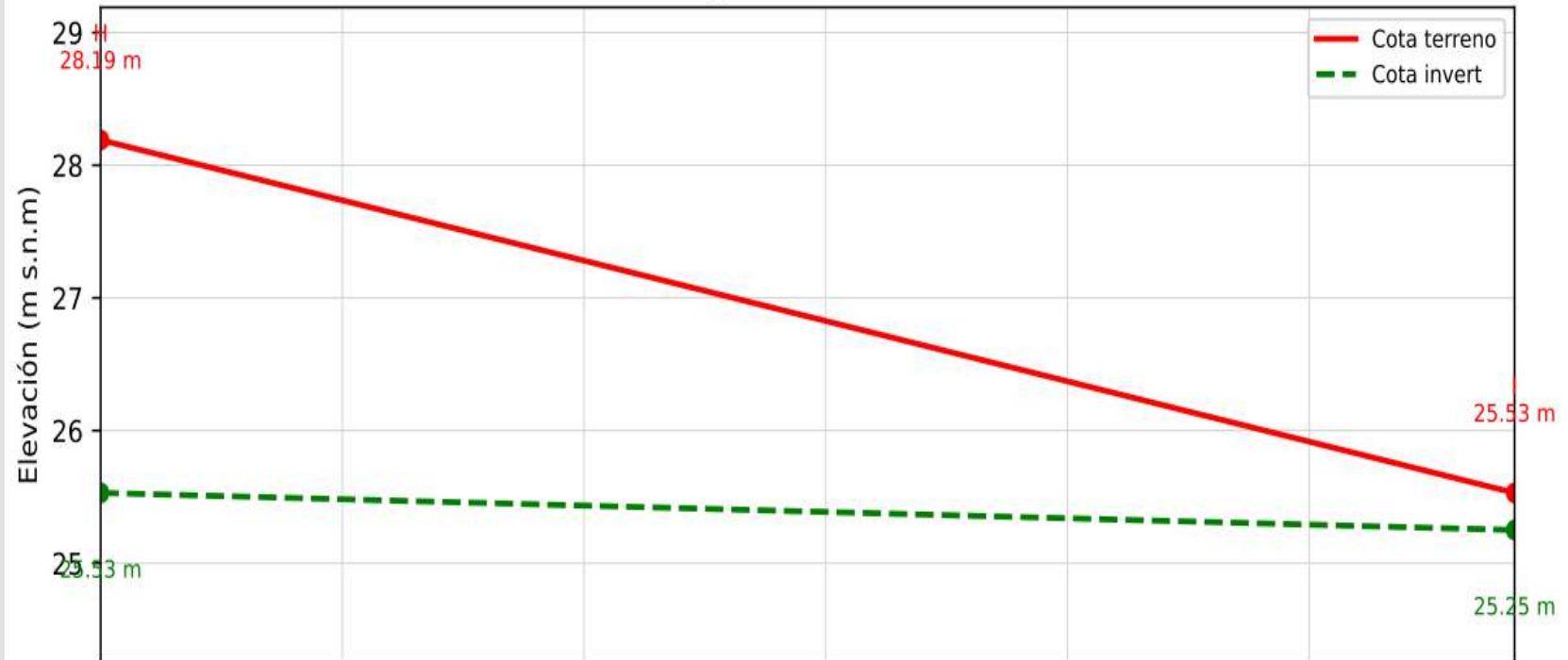


FUENTE: Jair Rentería



FUENTE: Jair Rentería

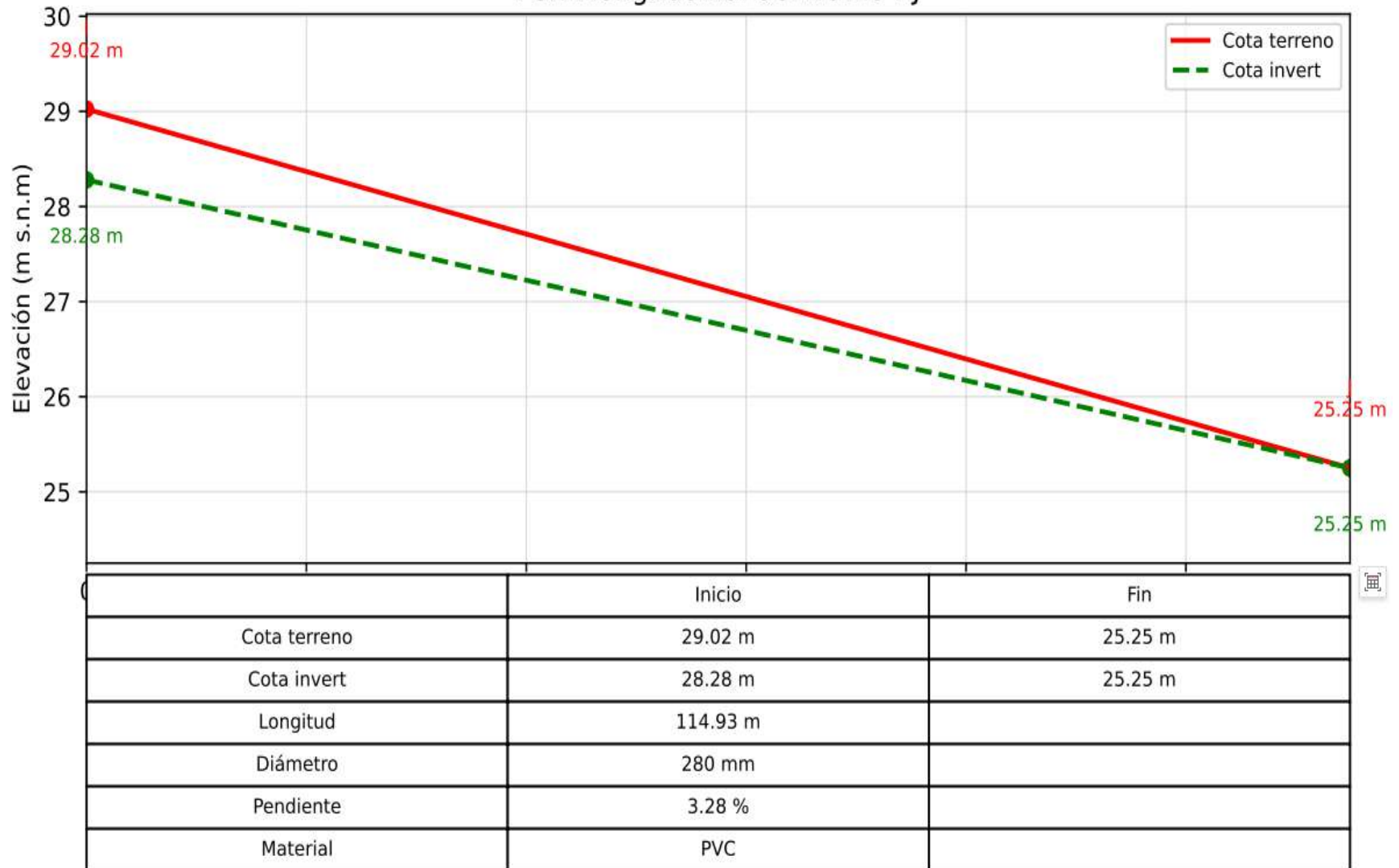
Perfil longitudinal del tramo H-I



	Inicio	Fin
Cota terreno	28.19 m	25.53 m
Cota invert	25.53 m	25.25 m
Longitud	117.00 m	
Diámetro	280 mm	
Pendiente	2.27 %	
Material	PVC	

FUENTE: Jair Rentería

Perfil longitudinal del tramo I-J



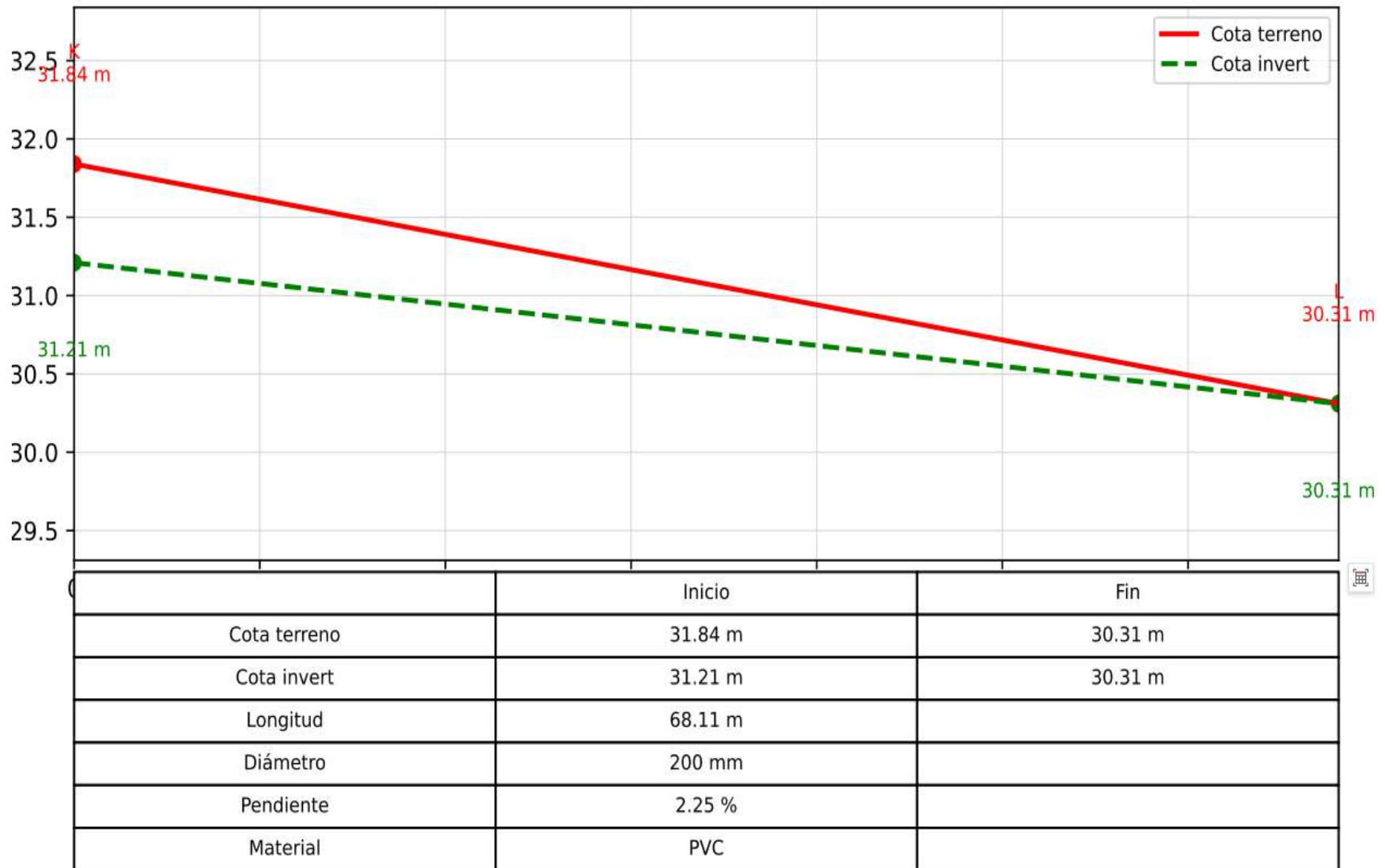
FUENTE: Jair Rentería

Perfil longitudinal del tramo J-K



FUENTE: Jair Rentería

Perfil longitudinal del tramo K-L



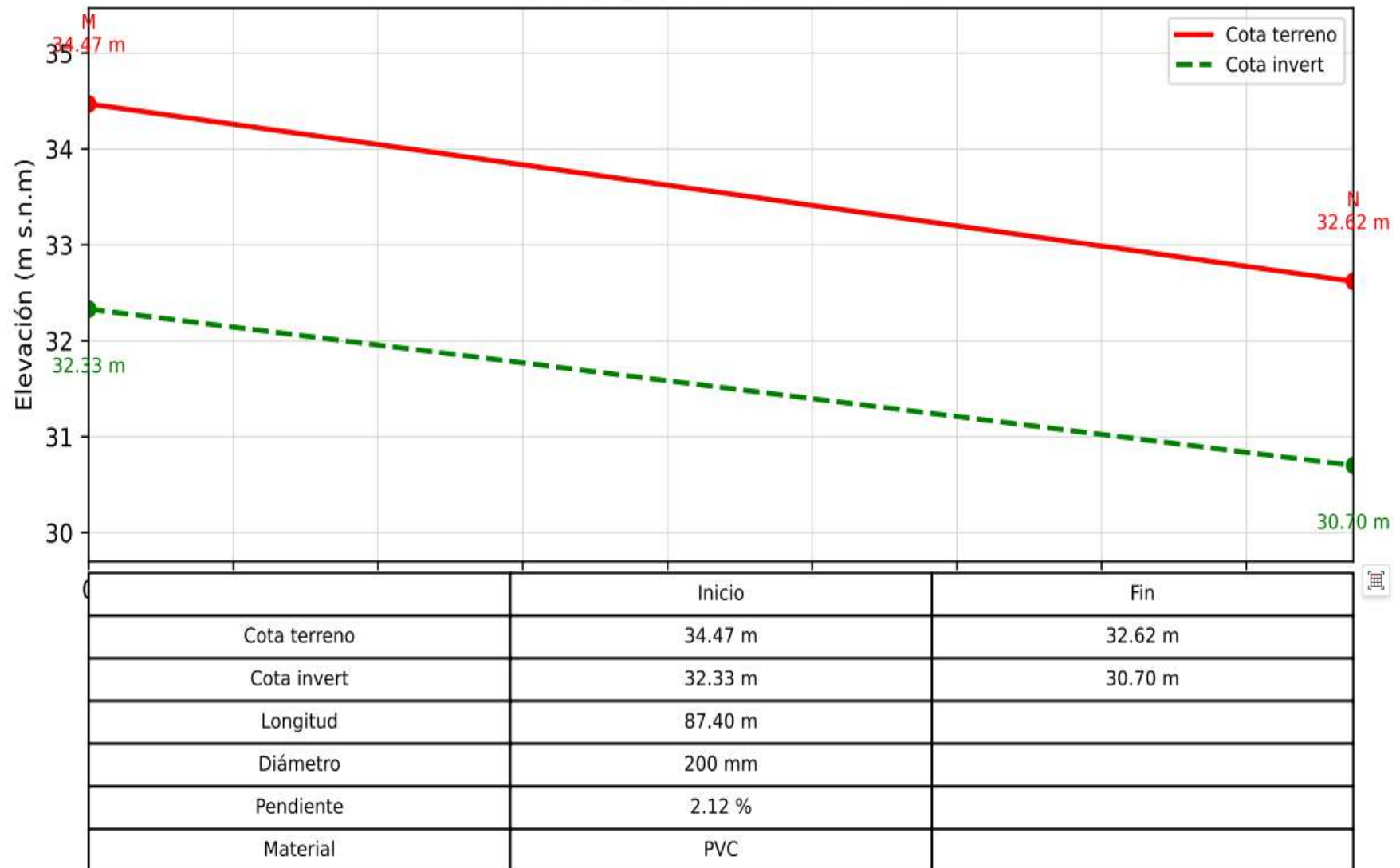
FUENTE: Jair Rentería

Perfil longitudinal del tramo L-M



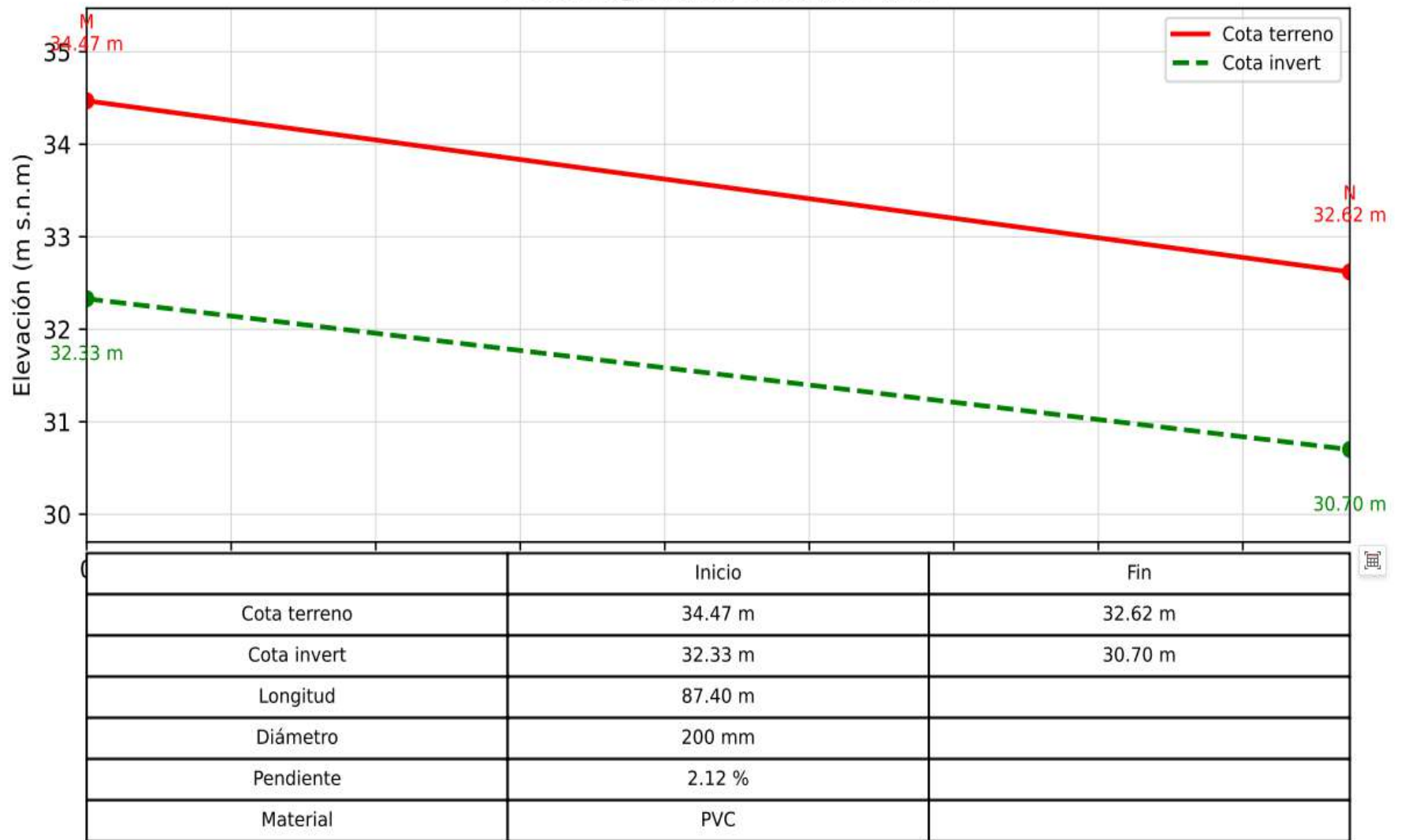
FUENTE: Jair Rentería

Perfil longitudinal del tramo M-N



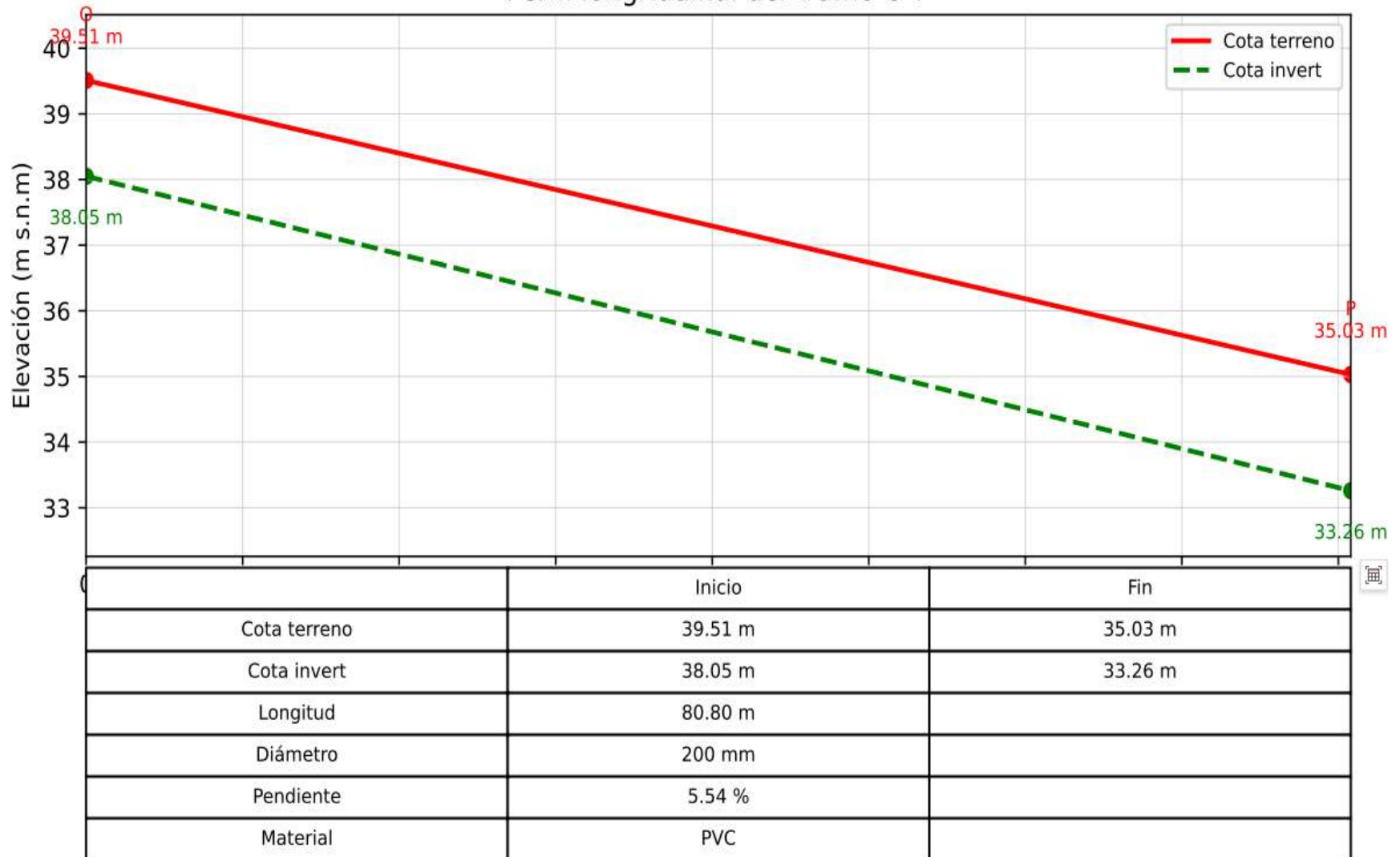
FUENTE: Jair Rentería

Perfil longitudinal del tramo M-N



FUENTE: Jair Rentería

Perfil longitudinal del tramo O-P



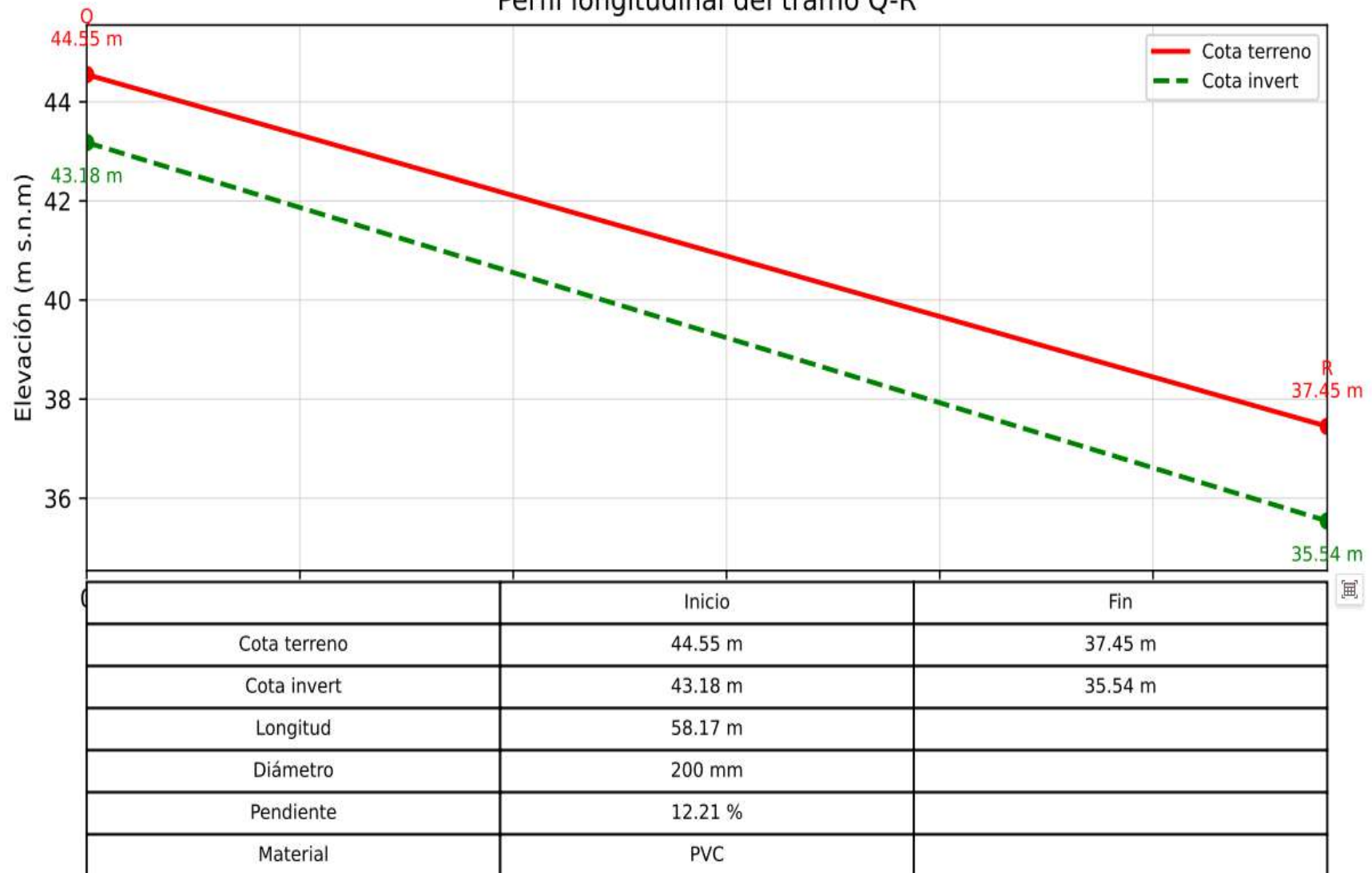
FUENTE: Jair Rentería

Perfil longitudinal del tramo P-Q



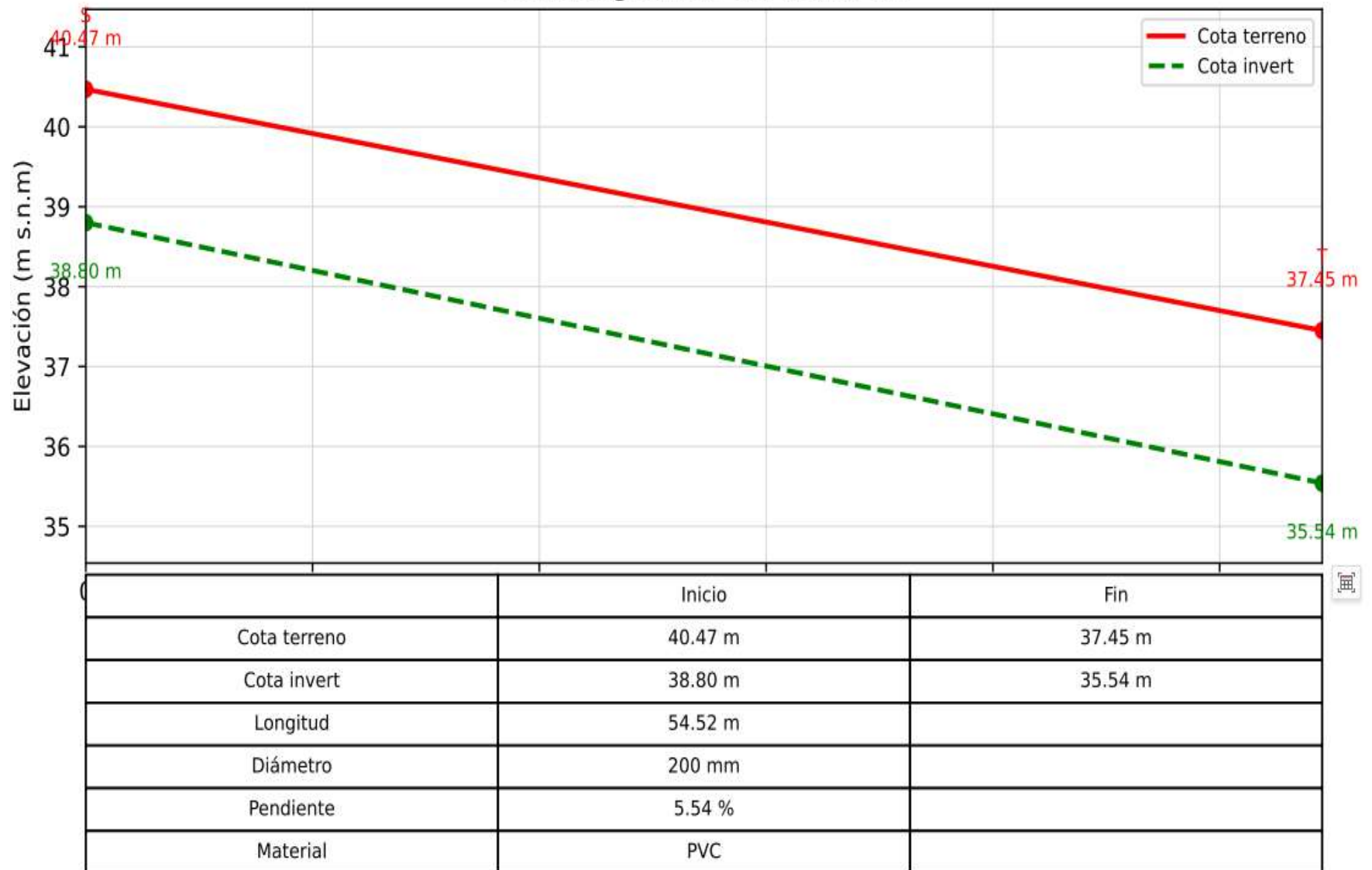
FUENTE: Jair Rentería

Perfil longitudinal del tramo Q-R

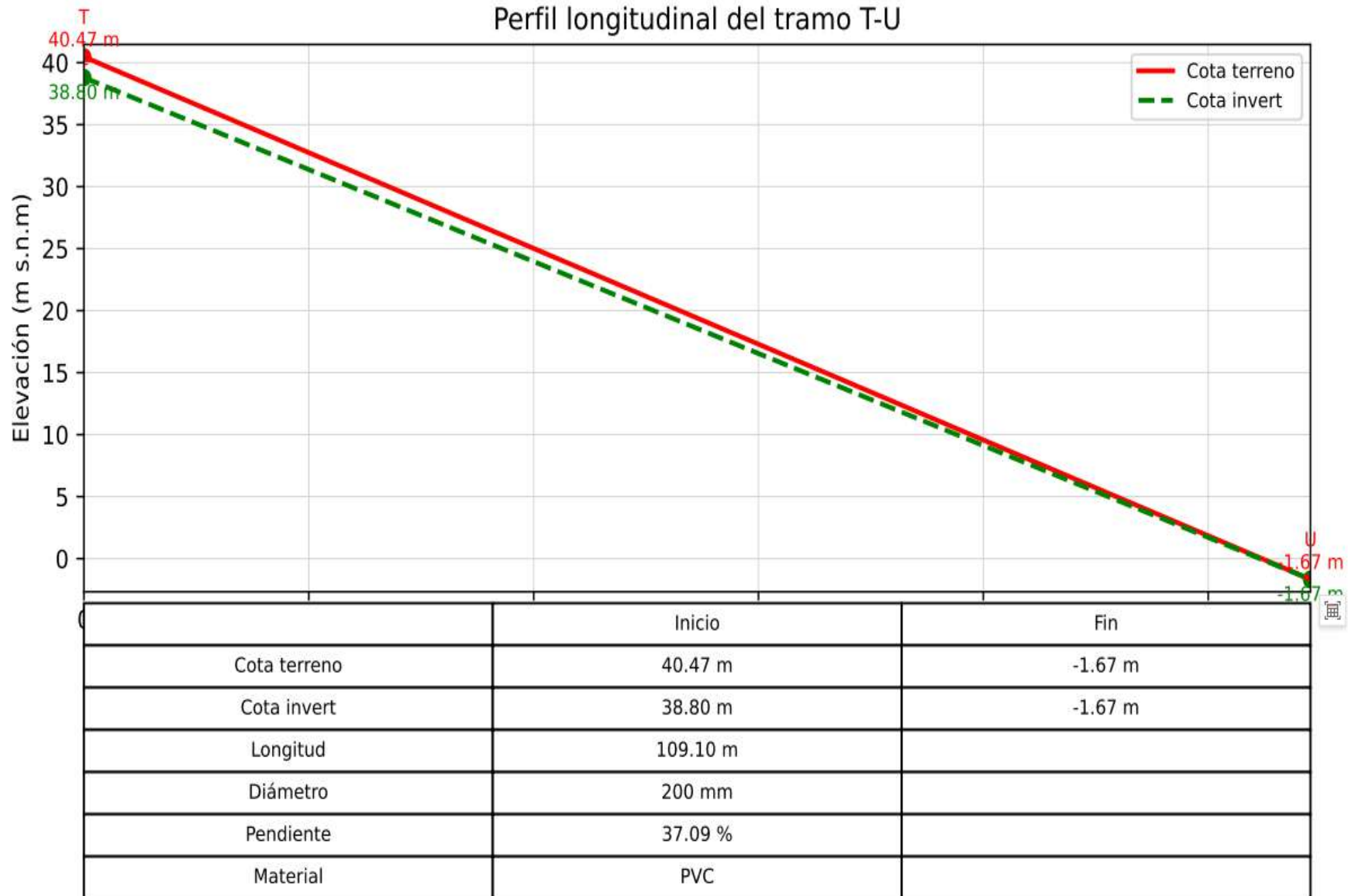


FUENTE: Jair Rentería

Perfil longitudinal del tramo S-T



FUENTE: Jair Rentería



FUENTE: Jair Rentería

4.5.2 MÉTODO ÁREAS DE APORTACIÓN

4.5.3 CAUDAL UNITARIO

- Caudal de diseño =11.84 L/s
- Áreas totales (Ha)= 33.5 Ha

$$qu = \frac{Qd}{Area\ total}$$

$$qu = \frac{11.84\ L/s}{33.5\ Ha}$$

$$qu = 0.353 \left(\frac{L}{seg} \right) * Ha$$

Ilustración 18: caudal unitario

Tramo	Área de Aportación (Ha)	Caudal Unitario (l/s-ha)	Caudal de Diseño Q = A·q (l/s)
H-I	2,21	0,353	0,78
I-J	2,82	0,353	0,995
J-K	2,82	0,353	0,995
K-L	4,34	0,353	1,532
L-M	0,6	0,353	0,212
M-N	0,86	0,353	0,304
N-O	2	0,353	0,706
O-P	1,21	0,353	0,427
P-Q	0,99	0,353	0,349
Q-R	0,99	0,353	0,349
S-T	2,12	0,353	0,748
T-U	3,74	0,353	1,32

FUENTE: Jair Rentería

4.5.4 TABLA DE TRAMOS

Ilustración 19: tablas de tramos

Tramo		COTAS		Longitud (m)	Q Diseño (l/s)	VELOCIDAD ASUMIDA	DIAMETRO INTERNO	Área (m2) Tubo lleno	Pendiente(m/m)
De	A								
G	F	34,88	29,4	41,7	0,57384461	4,337336801	0,2	0,03	0,131414868
F	D	29,4	28,28	26,7	0,37442976	2,450497569	0,2	0,03	0,041947566
D	E	28,28	28,2	81,95	0,850716472	0,373827641	0,2	0,03	0,000976205
D	C	28,28	28,2	41,9	0,61634461	0,522803971	0,2	0,03	0,001909308
C	B	28,4	28,05	42,07	0,614199993	1,091311324	0,2	0,03	0,008319468
B	A	28,05	27,039	148	1,380716472	0,790181623	0,28	0,03	0,006831081
A	H	27,039	25,23	97,7	1,427559699	1,628069337	0,2	0,03	0,018515865
H	I	28,19	25,53	117	1,690716472	1,441551268	0,28	0,03	0,022735043
I	J	29,024	25,25	114,93	1,64134461	1,732472898	0,28	0,03	0,032837379
J	K	30,81	28,28	31,25	1,840783231	3,404365221	0,2	0,03	0,08096
K	L	31,84	30,31	68,11	2,407005238	1,793251367	0,2	0,03	0,022463662
L	M	34,45	32,33	72,7	1,852005238	2,043156438	0,2	0,03	0,029160935
M	N	34,47	32,62	87,4	1,257485391	1,740728514	0,2	0,03	0,021167048
N	O	35,22	35,034	60,3	1,192559699	0,664505701	0,2	0,03	0,003084577
O	P	39,51	35,03	80,8	1,557767814	2,817307309	0,2	0,03	0,055445545
P	Q	44,55	39,51	116	1,396855405	1,99282186	0,28	0,03	0,043448276
Q	R	44,55	37,45	58,17	0,87884461	4,180040964	0,2	0,03	0,122056043
S	T	40,47	37,45	54,52	1,440716472	2,815959752	0,2	0,03	0,055392517
T	U	40,47		109,1	2,409505238	7,287106593	0,2	0,03	0,370944088

FUENTE: Jair Rentería

Ilustración 20: tablas de tramos

COTAS		Profundidad (m)	
Sup	Inf	Sup	Inf
33,15	28,25	1,73	1,15
28,25	27,61	1,15	0,67
28,02	27,61	0,26	0,59
28,02	27,85	0,26	0,35
27,85	27,4	0,55	0,65
27,4	25,28	0,65	1,759
25,53	25,13	1,509	0,1
25,53	25,25	2,66	0,28
28,28	25,25	0,744	0
30,31	28,28	0,5	0
31,21	30,31	0,63	0
31,21	31,21	3,24	1,12
32,33	30,7	2,14	1,92
32,62	33,26	2,6	1,774
38,05	33,26	1,46	1,77
43,18	38,05	1,37	1,46
43,18	35,54	1,37	1,91
38,8	35,54	1,67	1,91
38,8		1,67	0

FUENTE: Jair Rentería

4.5.5 DIÁMETROS CALCULADOS

- VELOCIDAD ASUMIDA = 0.45M/S
- CAUDAL (Q) A-B = 0.57 L/s

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{vS * \pi}}$$

$$d = \sqrt{\frac{4(0.57)}{0.45 * \pi}}$$

$$d = 1.26 \text{ m}$$

4.5.6 PENDIENTE CALCULADA

- COTA 1 = 34.88
- COTA 2 = 29.40
- LONGITUD = 41.7

$$S_c = \frac{C1 - C2}{L}$$

$$S_c = \frac{34.88 - 29.4}{41.7}$$

$$S_c = 0.13$$

4.5.7 RADIO HIDRÁULICO

- DIAMETRO = 0.20m

$$Rh = \frac{\pi * D^{2/4}}{\pi * D}$$

$$Rh = \frac{\pi * 0.20^{\frac{2}{4}}}{\pi * 0.20}$$

$$R = 0.5L/s$$

4.5.8 VELOCIDAD

- Radio Hidráulico (h) = 0.05 L/s
- Pendiente (S) = 0.03 m
- Coeficiente de Manning = 0.11

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

$$V = \frac{0.05^{2/3} * 0.03^{1/2}}{0.011}$$

$$V = 2.14 L/s$$

5. CAPITULO V

5.1 CONCLUSIONES

Con base en los análisis realizados y el uso de tecnologías actualizadas, el nuevo diseño proyecta mejoras importantes en términos de eficiencia hidráulica. El uso de tuberías de PVC de 200 mm con pendientes mínimas ajustadas a la topografía permite mantener velocidades adecuadas que evitan sedimentaciones y garantizan el arrastre de sólidos, previniendo obstrucciones. Asimismo, se consideran las condiciones topográficas del sector para lograr un flujo gravitacional continuo y eficiente, reduciendo la necesidad de estaciones de bombeo y optimizando la operación.

El proyecto abordó de manera integral los aspectos hidráulicos, topográficos, urbanos, legales y sociales. Se utilizaron métodos geométricos y exponenciales para la proyección poblacional, se realizaron cálculos hidráulicos para estimar los caudales de diseño y se emplearon herramientas normativas como las Normas INEN y la normativa del MIDUVI. Esta aproximación multidisciplinaria permitió establecer una base técnica sólida para garantizar el adecuado dimensionamiento de la red y la elección correcta de materiales, pendientes, velocidades y profundidades de instalación.

La propuesta no solo resuelve un problema técnico, sino que también constituye una intervención de carácter social. La cobertura sanitaria es un derecho básico y su ausencia profundiza las desigualdades. El rediseño se convierte en una herramienta de inclusión social y de fortalecimiento de la planificación urbana. Brindar infraestructura sanitaria adecuada en zonas urbano-marginales contribuye a dignificar a sus habitantes y a consolidar una ciudad más equitativa y resiliente.

5.2 RECOMENDACIONES

Es fundamental que EMAPAG, INTERAGUA y el Municipio de Guayaquil desarrollen e institucionalicen un cronograma de mantenimiento regular del sistema sanitario. Este debe incluir limpieza de tuberías, inspección de cámaras, monitoreo de caudales y reparación de componentes dañados. La implementación de estas acciones permitirá alargar la vida útil del sistema, reducir costos por mantenimiento correctivo y evitar colapsos en la red.

Se recomienda realizar un levantamiento georreferenciado y detallado de toda la infraestructura sanitaria existente y proyectada. Esta base de datos debe estar disponible para todas las instituciones públicas que intervienen en el saneamiento urbano, a fin de facilitar la planificación de futuras intervenciones y garantizar la compatibilidad entre sistemas hidráulicos, viales y urbanos.

Es clave involucrar a los moradores del sector en procesos de socialización, vigilancia y corresponsabilidad del uso adecuado del sistema sanitario. Se sugiere implementar talleres, campañas educativas y la creación de comités barriales de saneamiento que actúen como enlaces entre la comunidad y las entidades públicas. Esto contribuirá a una mayor apropiación del sistema y reducirá las conexiones ilegales, el mal uso y el vandalismo sobre la infraestructura.

Se sugiere que las fases siguientes del proyecto incorporen tecnologías limpias como sistemas de reutilización de aguas grises, biodigestores comunitarios o humedales artificiales para el tratamiento natural de aguas residuales. Además, se debe promover el uso de materiales reciclables, de bajo impacto ambiental y de larga durabilidad, alineados con los principios de la economía circular.

Se recomienda que las entidades responsables del diseño y ejecución del sistema sanitario mantengan actualizados a sus profesionales mediante cursos, diplomados y certificaciones sobre normativas INEN, modelos hidráulicos (como SewerGEMS), manejo de redes en GIS, y tecnologías modernas de tratamiento. Esto fortalecerá la capacidad institucional para afrontar retos técnicos presentes y futuros.

Dado que el crecimiento urbano en el sector es dinámico, se aconseja actualizar cada cinco años los estudios poblacionales, caudales y condiciones topográficas. Estas actualizaciones permitirán ajustar el diseño y la operación del sistema a nuevas demandas y prevenir problemas por subdimensionamiento.

Finalmente, se recomienda utilizar este estudio como referencia para intervenir en otros sectores de Guayaquil y del país que presentan condiciones similares de déficit en saneamiento. La combinación de diagnóstico técnico, participación comunitaria y enfoque normativo constituye una herramienta eficaz para transformar realidades urbanas desde la ingeniería civil.

6. CAPITULO VI

6.1 ANEXOS



Ilustración 21: Realización de topografía



Ilustración 22: Recolección de puntos de cotas



Ilustración 23: Recolección de puntos de cotas



Ilustración 24: PUNTOS ESTRATÉGICOS PARA EL CÁLCULO DE COTAS

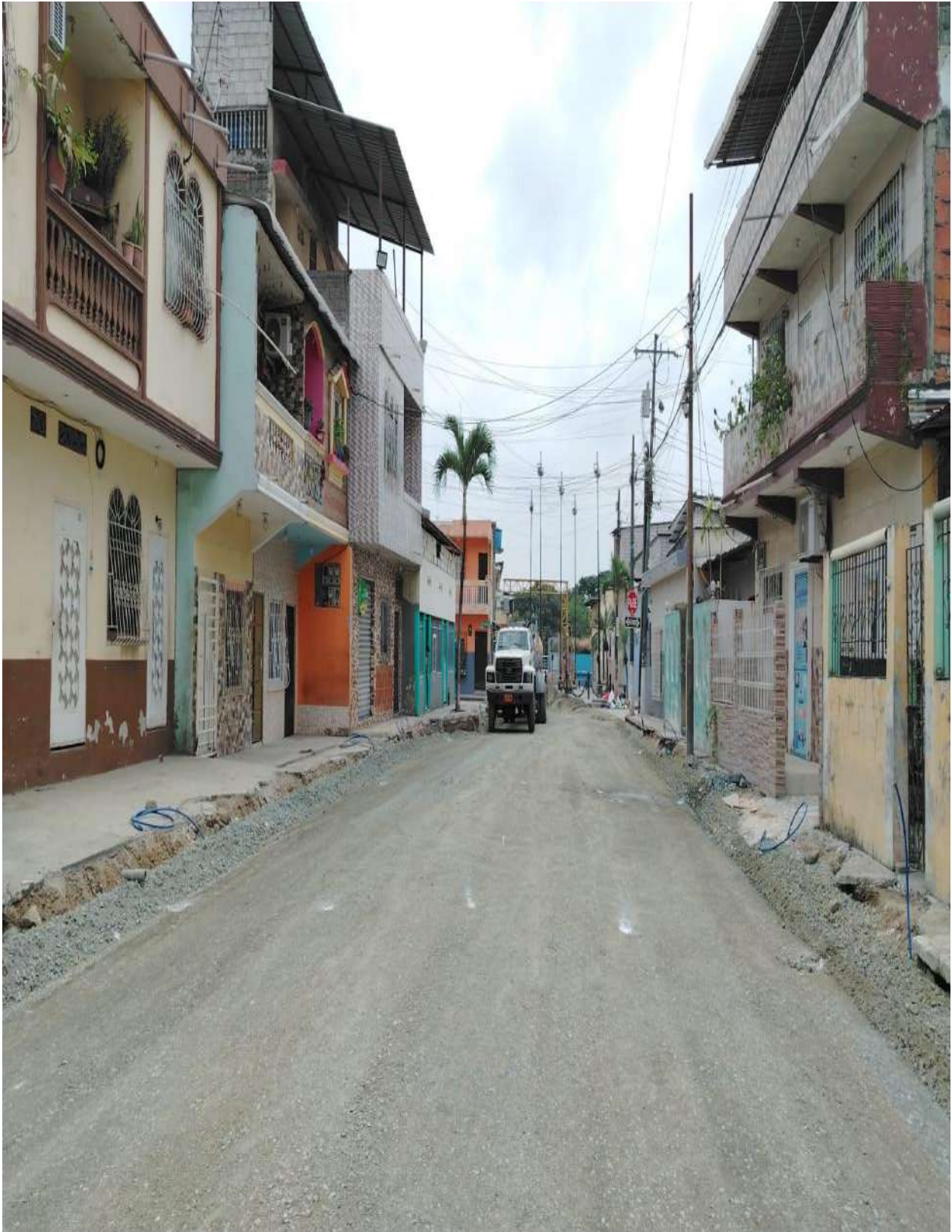


Ilustración 25: TRAMOS G-F



Ilustración 26: TRAMOS D-E

7. CAPITULO VII

7.1 BIBLIOGRAFÍA

Metcalf & Eddy. (2014). Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery.

Mara, D. (2004). Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries.

OMS. (2021). Progress on Sanitation and Hygiene 2000–2020.

UN-Habitat. (2020). World Cities Report.

CEPAL. (2020). Agua y Saneamiento en América Latina.

EMAPAG. (2022). Informe Técnico de Redes Sanitarias.

INEC. (2021). Estadísticas de servicios básicos.

INEN. (2016). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0059.

NSF. (2018). Sanitary Sewer Design Manual.

EPA. (2012). Design Manual: Sewer Systems.

Bentley Systems. (2020). SewerGEMS User Guide.

Villacís, J. et al. (2021). Análisis hidráulico en Guayaquil.

Sánchez, F. et al. (2020). Evaluación de sistemas sanitarios en zonas urbanas marginales.

Rojas, M. et al. (2019). Infraestructura sanitaria en América del Sur.

Jaramillo, D. & Salazar, A. (2022). Crecimiento urbano y alcantarillado en Guayaquil.

Guzmán, L. et al. (2021). Planificación y gestión del saneamiento urbano.

Muñoz, C. & López, A. (2021). Rediseño de redes sanitarias en sectores urbanos.

SENPLADES. (2018). Plan Nacional de Desarrollo Urbano.

Municipio de Guayaquil. (2023). Diagnóstico sectorial de infraestructura.

UN. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Rodríguez, P. (2020). Uso de software hidráulico en saneamiento urbano.