

**CONSTRUCCION Y REHABILITACION DE REDES DE ALCANTARILLADO CON
TECNOLOGÍAS SIN ZANJA EN LA PROVIDENCIA DE RIONEGRO DEL
DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

Jorge Luiz Cortes Tovar
Néstor Mauricio Castillo Ramos
Luis Fernando Carrillo Gil



Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Construcción y Gestión en Arquitectura

2025-1

**DISEÑO, CONSTRUCCION Y REHABILITACION DE REDES DE
ALCANTARILLADO CON TECNOLOGÍAS SIN ZANJA EN LA PROVIDENCIA
DE RIONEGRO DEL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

Jorge Luiz Cortes Tovar
Néstor Mauricio Castillo Ramos
Luis Fernando Carrillo Gil

Carlos Alberto Corrales Medina
Director de proyecto de grado

Codirector de proyecto

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Construcción y Gestión en Arquitectura
2025-1

Nota de aceptación

FIRMA JURADO

FIRMA DIRECTOR

FIRMA JURADO

Bogotá D.C., Mayo del 2025

DEDICATORIA

A nuestra familia, quienes con su amor incondicional y apoyo constante han sido mi mayor fortaleza. Gracias por creer en nosotros incluso en los momentos de duda y por ser mi motor en cada paso de este camino.

A amigos, por su paciencia y por hacer de este viaje algo inolvidable, demostrando que la verdadera amistad es un pilar fundamental en cualquier desafío.

A profesores y mentores, cuya guía y enseñanza iluminaron el camino, dejando en nosotros una huella imborrable. Su inspiración nos lleva a alcanzar y persistir en aquellas metas que alguna vez creíamos imposibles.

Dedicamos este logro a todos ustedes, quienes son parte y han contribuido en esta etapa de la vida.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más profundo agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto de investigación. A los asesores y profesores, cuya orientación y conocimiento fueron fundamentales para guiar cada etapa del estudio. Su experiencia y consejos no solo enriquecieron el análisis, sino que también inspiraron nuevas perspectivas y enfoques para abordar los desafíos del proceso. Sin su apoyo, este trabajo no habría alcanzado el nivel de profundidad y rigor que hoy presentamos.

También se extiende la gratitud a todos los participantes y colaboradores que contribuyeron con su tiempo, esfuerzo y conocimiento. Su disposición para compartir información, debatir ideas y aportar sugerencias fue esencial para fortalecer los hallazgos y validar las conclusiones. Gracias a su compromiso, este proyecto ha logrado ser más completo y relevante, generando impacto y valor en su campo de estudio.

PRÓLOGO

En un mundo donde la infraestructura urbana enfrenta desafíos constantes, la construcción y rehabilitación de redes de alcantarillado con tecnología sin zanja se ha convertido en una solución innovadora y eficiente. Este enfoque revolucionario permite la modernización y reparación de sistemas de saneamiento sin la necesidad de grandes excavaciones, reduciendo costos, tiempos de ejecución y el impacto ambiental. Además, minimiza las molestias para la comunidad, evitando cierres de calles prolongados y disminuyendo la interrupción de actividades cotidianas.

A lo largo del documento, se explicarán los avances tecnológicos que han permitido el desarrollo de esta técnica, así como las diversas metodologías aplicadas en diferentes contextos urbanos. Se analizará los beneficios y desafíos que implica su implementación, destacando casos de éxito en distintas ciudades. La combinación de materiales resistentes, equipos especializados y procesos eficientes ha llevado a esta tecnología a convertirse en una alternativa viable para la sostenibilidad del saneamiento urbano.

PALABRAS CLAVE

Tecnología sin zanja: Métodos de construcción y reparación de tuberías subterráneas sin necesidad de excavaciones abiertas, reduciendo impacto ambiental y costos.

Rehabilitación de tuberías: Proceso de restauración de redes de alcantarillado dañadas o envejecidas para mejorar su funcionalidad sin reemplazarlas completamente.

Perforación dirigida: Técnica utilizada para instalar tuberías subterráneas mediante perforaciones horizontales controladas, evitando excavaciones abiertas.

Encamisado de tuberías (CIPP): Método de rehabilitación en el que se inserta un revestimiento de resina dentro de una tubería existente y se endurece para formar una nueva estructura interna.

Microtúneles: Construcción de pequeñas galerías subterráneas mediante tuneladoras, usadas para instalar tuberías sin afectar la superficie.

Tuberías de polietileno de alta densidad (PEAD): Material utilizado en tecnologías sin zanja por su resistencia química, flexibilidad y durabilidad.

Inspección CCTV: Uso de cámaras especiales para evaluar el estado interno de tuberías de alcantarillado y detectar problemas como fisuras o obstrucciones.

Bursting de tubería: Técnica que reemplaza tuberías dañadas al fracturarlas y expandirlas, introduciendo una nueva tubería en su lugar.

Relining: Método en el que se instala una capa interna dentro de tuberías existentes para reforzarlas y mejorar su desempeño.

Mantenimiento predictivo: Uso de datos y tecnología para anticipar problemas en redes de alcantarillado y prevenir fallas antes de que ocurran.

RESUMEN

El proyecto titulado Diseño, Construcción y Rehabilitación de Redes de Alcantarillado con Tecnologías sin Zanja en la Provincia de Rionegro, Cundinamarca busca modernizar la infraestructura sanitaria mediante métodos innovadores que minimicen el impacto ambiental y social. Se centra en la implementación de tecnologías sin zanja, como el método Cured-In-Place Pipe (CIPP), para mejorar la eficiencia en la rehabilitación de redes de alcantarillado en ocho municipios de la región.

El estudio plantea una metodología mixta, combinando análisis técnico y social para evaluar la viabilidad de estas tecnologías. Se realizarán diagnósticos del estado actual de las redes, simulaciones y estudios de caso para comparar los métodos tradicionales con las soluciones sin zanja, considerando costos, tiempos de ejecución y aceptación comunitaria. Se espera que estas tecnologías reduzcan en un 40% el tiempo de ejecución y en un 30% los costos de rehabilitación.

El proyecto tiene implicaciones significativas en términos de salud pública, sostenibilidad ambiental y desarrollo económico. La reducción de excavaciones disminuye la contaminación, mejora la calidad de vida de los habitantes y optimiza los recursos municipales. Además, su implementación fomenta la transferencia tecnológica y la capacitación del personal local en nuevas metodologías de construcción.

En conclusión, esta investigación busca establecer un modelo replicable de modernización de infraestructura sanitaria en Colombia, promoviendo la adopción de soluciones sostenibles e innovadoras para mejorar la gestión de redes de alcantarillado en zonas urbanas y rurales

SUMMARY

The project, titled Design, Construction, and Rehabilitation of Sewer Networks with Trenchless Technologies in the Province of Rionegro, Cundinamarca, seeks to modernize sanitation infrastructure through innovative methods that minimize environmental and social impact. It focuses on the implementation of trenchless technologies, such as the Cured-In-Place Pipe (CIPP) method, to improve the efficiency of sewer network rehabilitation in eight municipalities in the region.

The study proposes a mixed methodology, combining technical and social analysis to evaluate the viability of these technologies. Diagnostics of the current state of the networks, simulations, and case studies will be conducted to compare traditional methods with trenchless solutions, considering costs, execution times, and community acceptance. These technologies are expected to reduce execution times by 40% and rehabilitation costs by 30%.

The project has significant implications for public health, environmental sustainability, and economic development. The reduction in excavation reduces pollution, improves residents' quality of life, and optimizes municipal resources. Furthermore, its implementation promotes technology transfer and the training of local personnel in new construction methodologies.

In conclusion, this research seeks to establish a replicable model for modernizing sanitation infrastructure in Colombia, promoting the adoption of sustainable and innovative solutions to improve the management of sewer networks in urban and rural areas

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	17
1. RESUMEN EJECUTIVO.....	19
1.1. Problema identificado y descripción del producto o servicio	19
Contexto del Problema	19
Dimensiones del Problema	19
1.2. Objetivos de la Investigación	22
1.3. Enunciado Holopráxico	23
1.4. Mercado y cantidad de clientes potenciales.....	23
1.5. Canvas.....	24
2. IDEA DE NEGOCIO DEL PROYECTO EMPRESARIAL	25
2.1. Nombre del proyecto empresarial	25
2.2. Actividad del proyecto empresarial	25
2.2.1. Sector productivo en que se encuentra la empresa.....	25
2.2.2. Clientes a quien se dirige el proyecto	26
2.2.3. Subsector productivo del sector de la construcción en que se encuentra el proyecto empresarial.....	27
2.3. Objetivos de la empresa	27
2.4. Razón social y logo	28
2.5. Referencia de los emprendedores	28
2.6. Localización geográfica o virtual del proyecto.....	30
3. ESTUDIO DE MERCADO	34
3.1. Análisis del sector	34
3.1.1. Descripción de la situación actual del sector de la construcción en Colombia.....	34
3.1.2. Análisis de las tendencias de consumo en el mercado de la construcción.....	36
3.1.3. Análisis de los Gremios o asociaciones del sector de la construcción.	
39	
Análisis de los Gremios y Asociaciones del Sector de la Construcción	39

3.1.4.	Condiciones tecnológicas a nivel nacional e internacional para la producción del bien o servicio.....	41
3.2.	Desarrollo tecnológico e industrial del sector y mercados objetivos	42
3.3.	Análisis del mercado	43
3.3.1	Cantidad de clientes potenciales	43
3.3.2	Estimación de la cantidad de producto o servicio que compran los clientes potenciales.....	44
3.3.3.	Estimación del precio al que compran el producto o servicio los clientes potenciales.....	44
3.3.4.	Estimación de la frecuencia de la compra del producto o servicio por parte de los clientes potenciales.....	45
3.4	Análisis de la competencia.....	45
3.4.1	Identificación de los principales competidores.....	45
3.4.2.	Análisis de la competencia, fortalezas, debilidades, participación en el mercado.....	46
4.	PLAN DE MARKETING	47
4.1	Estrategia de producto o servicio.....	47
4.1.1	Definir empaque y presentación (dimensión, modulación, empaque y embalaje).....	47
4.1.2.	Definición de la Garantía y servicio de postventa.....	48
4.1.3.	Determinar si el cliente está dispuesto a comprar el producto o servicio. 49	
4.2	Estrategia de precio	49
4.2.1	Definir el precio de venta del producto o servicio.....	49
4.2.2.	Definir las condiciones o forma de pago.....	50
4.3	Estrategia de distribución.....	50
4.3.1.	Definir el canal de distribución	51
4.3.2.	Determinar la logística de la distribución	51
4.3.3.	Determinar la oportunidad y la experiencia que el cliente desea.	52
4.4.	Estrategias de promoción y comunicación.....	52
4.4.1	Definir los medios de comunicación.....	52
4.4.2.	Definir los medios de publicidad adecuados para el producto o servicio. (logo, slogan e identidad cromática.)	53

4.4.3. Presupuesto de promoción. (expectativa, lanzamiento y mantenimiento)	53
5. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO O SERVICIO.....	55
5.1. Presentación	55
5.2. Ficha Técnica.....	56
5.3. Área de investigación.....	56
5.4. Tema de investigación	57
5.5. Título de la investigación.....	57
5.6. Línea de investigación	58
5.7. Tipo de investigación	58
5.8. Clase de investigación	59
5.9. Objetivo general y específicos de la investigación	59
5.10. Cuadro de variables, valores e indicadores.....	60
5.11. Herramientas de investigación utilizadas	60
5.12. Evidencia de diligenciamiento del CvLac	62
6. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO O SERVICIO	63
6.1.1. Árbol del problema, causas y consecuencias, descripción.	63
6.1.2. Árbol del objetivos medios y fines, definición.....	63
6.1.3. Delimitación temática y geográfica	64
6.2 Descripción	66
6.2.1. Concepto general del producto o servicio	66
6.2.2. Impacto tecnológico, social y ambiental.....	69
6.2.3. Potencial innovador.	70
6.3 Justificaciones del problema a investigar.....	70
6.3.1. Justificación Ambiental	70
6.3.2. Justificación Social.....	72
6.3.3. Justificación Económica.....	74
6.3.4. Justificación Profesional	75
6.3.5. Justificación Tecnológica	77
6.3.6. Necesidades que satisface	78
6.4. Metodología de la investigación.....	79

6.4.1.	Alcance	79
6.4.2.	Cronograma de la investigación.....	82
6.4.3.	Procedimientos	85
6.4.4.	Población y muestra o Ensayos o Encuesta o Entrevistas.	85
6.4.5.	Técnicas e instrumentos	86
6.5.	Antecedente del problema a investigar	87
6.6.	Estado del Arte del problema a investigar.....	87
6.7.	Marcos contextual o referencial	89
6.7.1.	Marco Teórico	89
6.7.2.	Marco Histórico	93
6.7.3.	Marco Normativo.....	96
6.7.3.	Marco Ambiental	100
6.7.4.	Marco Productivo	104
6.8.	Matriz FODA	106
7.	GESTIÓN ORGANIZACIONAL Y ADMINISTRATIVA	108
7.1.	Estructura organizacional.....	108
7.2.	Perfiles de cargo y funciones.....	108
7.3.	Forma jurídica y régimen tributario.....	111
7.4.	Proceso de formalización y gastos asociados.	111
8.	PLAN FINANCIERO	113
8.1.	Plan de inversión en activos fijos y capital de trabajo.	113
8.2.	Proyección de ingresos y egresos	113
8.3.	Punto de equilibrio y margen de contribución.	116
8.4.	Estados financieros proyectados, estado de resultados, flujo de caja y balance general.	118
8.5.	Indicadores financieros, VAN, TIR, Tiempo de recuperación de la inversión, nivel de endeudamiento, razón corriente y razón de liquidez.	124
8.6.	Supuestos financieros para la proyección: Régimen de impuestos, tasa de amortización de los créditos, periodo de gracia, TIO, Tipo de proyección constante o corriente.	124
8.7.	Fichas técnicas	126
8.7.1.	Ficha de producción.....	126

8.7.2.	Ficha de comercialización.....	127
8.7.3.	Ficha de servicios	128
9.	CONCLUSIONES.....	129
9.1.	De la investigación	129
9.2.	De la empresa.....	129
9.3.	Del proyecto financiero.	129
10.	MARCO TERMINOLÓGICO EN ESPAÑOL.....	131
10.1.	De la investigación del producto o servicio.....	131
11.	MARCO TERMINOLÓGICO EN INGLES.....	133
11.1.	De la investigación	133
12.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	135
13.	ANEXOS.....	141
13.1	Anexos del ESTUDIO DE MERCADO (Documento trabajado en la asignatura de Administración).....	141
13.2	Anexos del PLAN DE MARKETING (Documento trabajado en la asignatura de administración).....	141
13.3	Anexos del PLANTEAMIENTO DE CREACIÓN DE LA EMPRESA trabajo de administración.....	141
13.4	Presentación en power point.....	141
13.5	Fotografías (o Registro fotográfico del prototipo).....	141
13.6	Maqueta virtual o videos	141
13.7	Cuadros del plan financiero o de la Cámara de Comercio.....	141
13.9	Poster.....	141

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Canvas	24
Figura 2: Logo	28
Figura 3: Delimitación Geográfica	30
Figura 4: Ficha Técnica	56
Figura 5: Cuadro de Variables	60
Figura 6: Soporte CvLac	62
Figura 7: Árbol de Problemas	63
Figura 8: Árbol de Objetivos	63
Figura 9: Cobertura Alcantarillado	64
Figura 10: Línea de Tiempo	96
Figura 11: Organigrama	108
Figura 12: Activos Fijos y Capital de Trabajo	113
Figura 13: Ventas Año 1	114
Figura 14: Ventas año 2 y 3	114
Figura 15: Ventas Totales por Producto	115
Figura 16: Costos: Fijos	116
Figura 17: Punto de Equilibrio.	117
Figura 18: Estado de Pérdidas y Ganancias.	119
Figura 19: Flujo de Caja	122

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cronograma Investigación	82
Tabla 2: Costos Fijos	115
Tabla 3: Punto de Equilibrio	116
Tabla 4: Margen de Contribución.....	118
Tabla 5: Estado de Resultados.....	120
Tabla 6: Balance General Proyectado.....	123
Tabla 7: Ficha de Producción.....	126
Tabla 8: Ficha de Comercialización.....	127
Tabla 9: Ficha de Servicios.....	128

INTRODUCCIÓN

La necesidad de modernizar y rehabilitar las redes de alcantarillado ha ganado relevancia en la gestión de infraestructura urbana, especialmente en regiones como la provincia de Rionegro, Cundinamarca. Este proyecto se centra en implementar tecnologías sin zanja, una alternativa innovadora y eficiente frente a los métodos tradicionales, para abordar los retos que presentan las redes envejecidas y dañadas.

La investigación plantea el diseño, construcción y rehabilitación de estas redes en siete municipios de la provincia, buscando no solo optimizar el funcionamiento del sistema de saneamiento, sino también minimizar el impacto ambiental y social. Las tecnologías sin zanja, como el método CIPP, ofrecen ventajas significativas al reducir las excavaciones, los costos y el tiempo de ejecución, garantizando al mismo tiempo la sostenibilidad y la mejora de la calidad de vida de los habitantes.

La problemática que aborda este proyecto tiene implicaciones directas en la salud pública, el desarrollo económico y la conservación ambiental. Las fugas y obstrucciones en las redes actuales no solo incrementan los riesgos de contaminación y enfermedades, sino que también impactan negativamente en el bienestar de las comunidades y en la capacidad de desarrollo de las regiones afectadas. En este contexto, las tecnologías sin zanja emergen como una solución innovadora, cuya implementación no solo atiende las necesidades técnicas, sino que también contribuye al cumplimiento de objetivos de sostenibilidad global.

Además, este enfoque permite a las comunidades beneficiadas experimentar menores interrupciones en sus actividades diarias, evitando los trastornos que usualmente generan las obras tradicionales de excavación. Con este modelo de

intervención, se fomenta una mayor aceptación comunitaria, se reduce la generación de residuos y se optimizan los recursos financieros y humanos, haciéndolo un proyecto altamente viable y con potencial de replicabilidad.

El presente trabajo se enmarca en un esfuerzo multidisciplinario, combinando conocimientos de ingeniería civil, gestión ambiental y tecnologías avanzadas. A través de una metodología mixta que integra el análisis técnico, el estudio de viabilidad económica y la percepción comunitaria, este proyecto busca convertirse en un referente para la modernización de infraestructura en Colombia. Al contribuir con soluciones sostenibles e innovadoras, esta investigación no solo se alinea con los retos locales, sino que también establece un camino hacia el desarrollo de estrategias más eficientes para la gestión de sistemas de saneamiento en entornos urbanos y rurales.

1. RESUMEN EJECUTIVO

1.1. Problema identificado y descripción del producto o servicio

Contexto del Problema

En Colombia, la infraestructura de alcantarillado enfrenta un deterioro significativo debido a su antigüedad y falta de mantenimiento adecuado. Según el Ministerio de Vivienda (2022), aproximadamente el 45% de las redes de alcantarillado en el país superan su vida útil de diseño, lo que resulta en problemas críticos de funcionamiento y sostenibilidad.

La problemática se agudiza en municipios intermedios como Río Negro, Cundinamarca, donde según datos de la Empresa de Servicios Públicos (2023), el 60% de las redes tienen más de 30 años de antigüedad, presentando diversos problemas estructurales y operativos:

- Infiltraciones y exfiltraciones (35% de las redes)
- Grietas y fracturas estructurales (28% de los tramos)
- Conexiones defectuosas (42% de las acometidas)
- Sedimentación excesiva (25% de la red)

Dimensiones del Problema

Dimensión Técnica

Las redes de alcantarillado deterioradas presentan múltiples deficiencias técnicas. Según González et al. (2021), los principales problemas incluyen:

- Pérdida de capacidad hidráulica (reducción del 30-40%)
- Colapsos estructurales (incremento del 15% anual)
- Infiltración de aguas subterráneas (aumenta costos de tratamiento en 25%)

Dimensión Ambiental

El deterioro de las redes genera impactos ambientales significativos. De acuerdo con estudios de la CAR (2023):

- Contaminación de aguas subterráneas por infiltración.
- Sobrecarga de plantas de tratamiento.
- Riesgos de subsidencia del terreno.

Dimensión Social

Los problemas en el sistema de alcantarillado afectan directamente a la comunidad. Estudios del DANE (2022) indican:

- Incremento en enfermedades gastrointestinales (25% más en zonas afectadas).
- Malos olores y problemas sanitarios.
- Interrupciones frecuentes del servicio.

Dimensión Económica

La rehabilitación tradicional implica costos significativos. Según la Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (2023):

- Costos de reparación aumentan 20% anualmente.
- Pérdidas económicas por ineficiencia operativa.
- Impacto en actividades comerciales durante obras tradicionales.

Presentación del producto o servicio:

El servicio de Diseño, Construcción Y Rehabilitación De Redes De Alcantarillado Utilizando Tecnologías Sin Zanja está dirigido a estos ocho municipios y busca ayudar a solucionar esta problemática y los efectos que esta conlleva a las comunidades que habitan en los sectores urbanos y rurales de estos municipios. Dentro de este servicio se ofrecen las siguientes alternativas: Limpieza de redes de alcantarillado, Diagnóstico de redes de alcantarillado, Inspección CCTV, Pruebas de estanqueidad y hermeticidad, Diagnóstico rápido de redes (Zoom de alto alcance), Catastro y levantamiento de redes, Dibujo y diseño, Modelación Hidráulica, Colectores principales – CIPP UV, Domiciliarias CIPP – LED, Conexiones laterales – Escudo Epóxido, Reparación puntual UV y Revestimiento de juntas.

CIPP UV

CIPP es el acrónimo de Cured-in-Place Pipe (tubería curada en el lugar). Es un método sin zanja para la rehabilitación de tuberías existentes sin necesidad de excavaciones extensas. El proceso CIPP implica la instalación de una manga

impregnada con resina dentro de una tubería existente. Esta manga se cura en el lugar utilizando aire caliente, vapor o agua, formando una nueva tubería dentro de la antigua. (lamstt, 2018)

Especificaciones

- Reparación estructural de DN150mm a 1500 mm.
- Independientemente del perfil de la tubería (circular, perfil de huevo o tipo box).
- Longitudes de instalación hasta 300 metros.
- Alta resistencia mecánica con módulo de elasticidad de 11,180 N/mm² de larga duración.

Redes Domiciliarias CIPP - LED

Este sistema es un revestimiento completo en las tuberías domiciliarias desde su interior a partir de la caja de inspección hasta la conexión con la tubería principal. Este revestimiento posee unos milímetros de espesor y aunque la pérdida sea despreciable, se compensa con la capacidad portante de la tubería gracias a la baja rugosidad del tubo reparado. El revestimiento es un tubo nuevo, continuo, sin juntas ni fisuras construido dentro de otro que habrá servido como molde. Está formado por una tubería flexible (llamada manga) que se invierte y se instala en el tubo a reparar. Quedará adherido y endurecido gracias al sistema de resinas epoxicas. (SG Ingeniería en Ductos)

Especificaciones

- Reparación estructural de DN50mm a DN300 mm.
- Perfil circular de la tubería.
- Longitudes de instalación hasta 100 metros.
- Empleamos manga de fieltro poliéster con recubrimiento en poliuretano para ser humectada en sitio con resinas epóxica para curado con vapor o temperatura ambiente.

Reparación puntual (Point Repair)

Este método se utiliza para la rehabilitación de tuberías con diámetros de 50mm a 600mm, con presencia de grietas, fracturas, agujeros y la separación de las juntas. La reparación se centra sobre el segmento puntual de la tubería donde se ubica el daño, la longitud del reforzamiento abarca 1.2ml y espesor de 3mm. El tiempo estimado del proceso de instalación y curado es de 2 horas.

Especificaciones

- Aplicación para tuberías de todo tipo de material con diámetros de DN50mm a DN600mm.
- Espesor nominal por reparación de 3mm.
- Longitud del revestimiento de 1,2ml.

Conexiones laterales – Escudo Epóxico

Este método rehabilita la zona de conexión o vértice de una red domiciliaria con la red principal, creando un sello hermético que reviste interiormente la red principal y la red domiciliaria. El sistema del sombrero fabricado de fieltro de fibra de vidrio y humectado con resina epóxica para secado con temperatura ambiente, se ha desarrollado para reparar conexiones defectuosas, desplazadas, dañadas, con filtraciones y prevenir el crecimiento de raíces alrededor de la conexión, sin necesidad de excavaciones costosas. Es un sistema complementario en el revestimiento de CIPP de las redes principales para favorecer la estanqueidad de la red en los puntos de conexiones, pero también se puede utilizar en redes de gres, concreto, PVC y otros materiales, donde las conexiones son defectuosas estructuralmente. (SG Ingeniería en Ductos)

Especificaciones

- Sistema aplicable para redes principales con DN200mm a 600mm con conexiones domiciliarias de DN100mm a 300mm.
- La reparación se extiende por dentro de la red domiciliaria en una longitud de 20cm a 50 cm a partir del punto de conexión.
- Espesor nominal por reparación de 3mm con ángulos de 45° a 90°.
- Crean un ala alrededor de la conexión lateral en la línea principal de 10 cm o es posible recubrir toda el área de la línea principal.
- El tiempo estimado del proceso de instalación y curado es de 2 horas.

1.2. Objetivos de la Investigación

General

Desarrollar un servicio de diseño, construcción y rehabilitación de redes de alcantarillado utilizando tecnologías sin zanja, para mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental y social de las intervenciones en infraestructura de alcantarillado, en la provincia de Rionegro, Cundinamarca.

Específicos

- Realizar un diagnóstico del estado actual de la red de alcantarillado en Rionegro, Cundinamarca, identificando al menos el 80% de los tramos que requieren rehabilitación o reemplazo en los próximos 5 años.
- Diseñar un plan de implementación de tecnologías sin zanja para la rehabilitación y construcción de alcantarillado, que reduzca en un 40% el tiempo de ejecución y en un 30% los costos, en comparación con los métodos tradicionales de excavación.
- Desarrollar un análisis comparativo de los métodos de rehabilitación de alcantarillado, con énfasis en la tecnología sin zanja, evaluando su aplicabilidad en zonas urbanas de Rionegro a través de simulaciones y estudios de caso, con el fin de determinar su eficacia en términos de costos, tiempos de ejecución y aceptación comunitaria.

1.3. Enunciado Holopráxico

¿Es posible diseñar, construir y rehabilitar redes de alcantarillado mediante tecnologías sin zanja en la provincia de Rionegro, Cundinamarca, garantizando la sostenibilidad ambiental, la eficiencia económica y la mejora de la calidad de vida de sus habitantes?

1.4. Mercado y cantidad de clientes potenciales

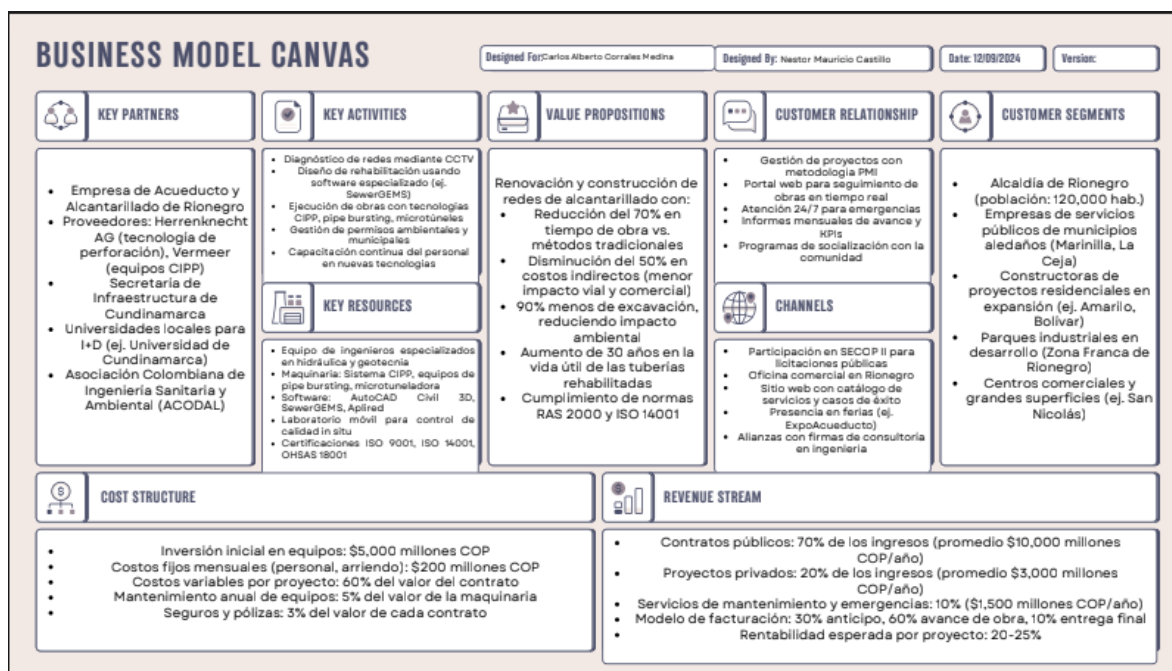
El segmento de mercado para este proyecto incluye:

- a) Los 8 Municipios de la Provincia de Rionegro, Cundinamarca: Pacho, La Palma, Yacopí, El Peñón, Paime, Topaipí, Villagómez y San Cayetano. Estos municipios representan una población total estimada de 120,000 habitantes, con una tasa de crecimiento anual del 1.2%; (DANE, 2024).
- b) Empresas de servicios públicos locales: Una por cada municipio, totalizando 8 empresas. Las empresas de servicios públicos en municipios pequeños y medianos tienden a ser más receptivas a nuevas tecnologías que reduzcan costos operativos; (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2023).

- c) Contratistas y empresas constructoras: Aproximadamente 30 empresas que operan en la región. El 60% de las empresas constructoras en regiones similares han mostrado interés en adoptar tecnologías sin zanja en los últimos 2 años; (Cámara Colombiana de la Infraestructura, 2024).
- d) Propietarios de edificios comerciales y residenciales: Estimado de 150 edificaciones grandes con necesidades de mantenimiento o renovación. Los edificios comerciales y residenciales de más de 20 años suelen requerir intervenciones en sus sistemas de alcantarillado cada 5-7 años; (Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2023).

1.5. Canvas

Figura 1: Canvas



Fuente: Elaboración Propia

2. IDEA DE NEGOCIO DEL PROYECTO EMPRESARIAL

2.1. Nombre del proyecto empresarial

REDESMART COLOMBIA SAS

2.2. Actividad del proyecto empresarial

Actividad Del Proyecto Empresarial

REDESMART es una empresa especializada en la rehabilitación y renovación de infraestructura subterránea utilizando tecnologías sin zanja. Sus principales actividades incluyen:

Actividades Principales:

- Diagnóstico y evaluación de redes de alcantarillado
- Rehabilitación de tuberías sin excavación
- Renovación de infraestructura sanitaria
- Consultoría en tecnologías sin zanja
- Mantenimiento preventivo y correctivo de redes

Servicios Específicos:

- Limpieza de redes de alcantarillado
- Diagnóstico de redes de alcantarillado
- Inspección CCTV
- Pruebas de estanqueidad y hermeticidad
- Diagnóstico rápido de redes (Zoom de alto alcance)
- Catastro y levantamiento de redes, Dibujo y diseño, Modelación Hidráulica.
- Colectores principales – CIPP UV
- Domiciliarias CIPP – LED
- Conexiones laterales – Escudo Epóxido
- Reparación puntual UV
- Revestimiento de juntas.

2.2.1. Sector productivo en que se encuentra la empresa

REDESMART opera en el sector de la construcción, específicamente en el subsector de infraestructura y servicios públicos.

Clasificación Sectorial:

Sector Principal: Construcción
División: Obras de Ingeniería Civil
Subdivisión: Infraestructura de Servicios Públicos
Especialidad: Tecnologías No Destructivas

2.2.2. Clientes a quien se dirige el proyecto**Clientes Principales:****Sector Público:**

- Empresas de servicios públicos municipales.
- Alcaldías y gobiernos locales (El Peñón, La Palma, Yacopí, Pacho, Paime, San Cayetano, Topaipi y Villa Gómez)
- Entidades territoriales.
- Empresas estatales de agua y saneamiento.

Sector Privado:

- Constructoras y desarrolladoras
- Industrias manufactureras
- Centros comerciales y grandes superficies
- Conjuntos residenciales
- Hospitales y centros de salud
- Instituciones educativas

Clientes Institucionales:

- Corporaciones Autónomas Regionales
- Entidades de gestión ambiental
- Organizaciones de desarrollo urbano

2.2.3. Subsector productivo del sector de la construcción en que se encuentra el proyecto empresarial.

Clasificación Específica:

REDESMART se ubica en el subsector de Infraestructura de Servicios Públicos, específicamente en:

Área Principal:

Rehabilitación y renovación de infraestructura subterránea

Código CIIU: 4220 (Construcción de proyectos de servicio público)

Especialidades:

El equipo de RedeSmart Colombia SAS se especializa en el diseño, construcción, rehabilitación y mantenimiento de sistemas relacionados con el saneamiento básico y la gestión de aguas. Su experiencia técnica y operativa abarca distintas áreas clave dentro del sector de infraestructura hidráulica y sanitaria, garantizando soluciones eficientes, sostenibles y adaptadas a las necesidades específicas de cada proyecto. Las principales especialidades del equipo incluyen:

- Redes de alcantarillado
- Sistemas de drenaje
- Infraestructura sanitaria
- Conducción de aguas residuales

2.3. Objetivos de la empresa

Ofrecer Servicios Especializados De Reparación Y Mantenimiento De Sistemas De Alcantarillado Y Acueducto Utilizando Tecnología Sin Zanja, Contribuyendo A La Conservación Del Medio Ambiente Y Mejorando La Calidad De Vida De Las Comunidades.

2.4. Razón social y logo

Figura 2: Logo



Fuente: *Elaboración propia*

- El color azul representa nuestro compromiso con la sostenibilidad ambiental en la reparación y mantenimiento de redes de agua y alcantarillado.
- Nuestro eslogan
- Renovamos sin romper, cuidamos sin interrumpir, refleja nuestra tecnología sin zanja, que permite reparar la infraestructura de forma respetuosa con el entorno.

2.5. Referencia de los emprendedores

Equipo Emprendedor

Néstor Castillo Ramos

Formación Académica:

Estudiante de décimo semestre de Construcción y Gestión en Arquitectura en la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Experiencia Profesional:

2+ años en el sector de la construcción.

Especialización en gestión de proyectos constructivos.

Experiencia en dirección de obras civiles.

Conocimiento en tecnologías constructivas innovadoras.

Jorge Cortés Tovar

Formación Académica:

Estudiante de décimo semestre de Construcción y Gestión en Arquitectura en la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Experiencia Profesional:

2+ años de experiencia específica en el área de acueducto.

Conocimiento especializado en redes hidráulicas.

Participación en proyectos de infraestructura sanitaria.

Luis Fernando Carrillo

Formación Académica:

Estudiante de décimo semestre de Construcción y Gestión en Arquitectura en la Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.

Experiencia Profesional:

2+ años de experiencia específica en el área de acueducto.

Conocimiento especializado en redes hidráulicas.

Participación en proyectos de infraestructura sanitaria.

Competencias del Equipo

Competencias Técnicas:

El equipo de trabajo cuenta con sólidas competencias técnicas que incluyen la gestión de proyectos de construcción, un amplio conocimiento en redes de acueducto y alcantarillado, así como experiencia en el manejo de tecnologías sin zanja, particularmente en procesos de rehabilitación con métodos como CIPP. Además, posee capacidades en la administración de obras, lo que garantiza un control eficiente de los recursos, tiempos y calidad en la ejecución de los proyectos.

Competencias Empresariales:

En cuanto a las competencias empresariales, el equipo destaca por su habilidad en la planificación estratégica, lo cual permite una toma de decisiones acertada y orientada al crecimiento sostenible de la empresa. Asimismo, cuenta con conocimientos en gestión financiera, dirección de equipos multidisciplinarios y una

fuerte orientación hacia la innovación tecnológica, factores clave para mantener la competitividad y adaptarse a las exigencias del mercado.

2.6. Localización geográfica o virtual del proyecto

Sede Principal

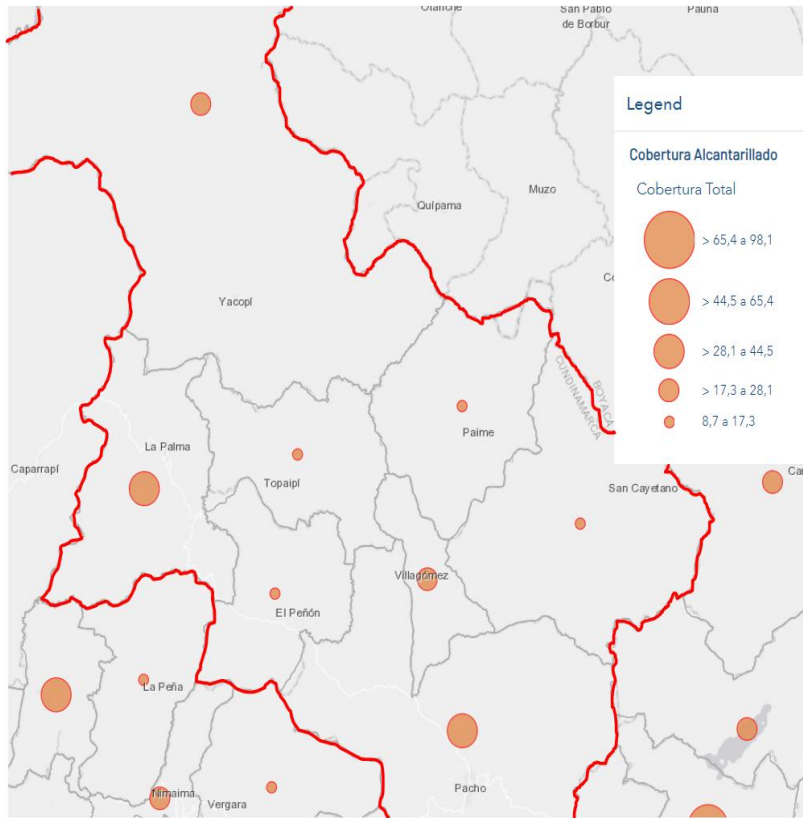
Ubicación Física:

- **Municipio:** Pacho
- **Departamento:** Cundinamarca
- **País:** Colombia

Área de Influencia:

Cobertura Principal: El servicio que se plantea desarrollar que contempla construcción y rehabilitación de redes de acueducto y alcantarillado con tecnologías sin zanja va dirigido a los ocho municipios de la provincia de Rionegro del departamento de Cundinamarca: El Peñón, La Palma, Pacho (capital de la Provincia), Paima, San Cayetano, Topaipí, Villagómez y Yacopí los cuales se encuentran en la categoría seis según la Secretaria de Planeación de Cundinamarca.

Figura 3: Delimitación Geográfica



Fuente: Mapas y Estadísticas de Cundinamarca - Cobertura Alcantarillado 2016 en Cundinamarca por zonas.

Proyección de Expansión:

RedeSmart Colombia SAS proyecta su crecimiento estratégico a corto y mediano plazo con el objetivo de ampliar su cobertura y fortalecer su presencia en el mercado nacional. Inicialmente, la empresa concentrará sus esfuerzos de expansión en el Departamento de Cundinamarca y Bogotá D.C., aprovechando las oportunidades que ofrece esta región en términos de desarrollo urbano e inversión en infraestructura. Posteriormente, la compañía buscará posicionarse en la Región Andina, consolidando su participación en proyectos de saneamiento y tecnologías sin zanja en diferentes departamentos del centro del país.

Presencia Virtual

Plataformas Digitales:

Sitio Web Corporativo:

Con el objetivo de ofrecer una comunicación clara, accesible y actualizada, RedeSmart Colombia SAS pone a disposición su sitio web oficial, donde clientes, aliados y el público en general pueden conocer en detalle la propuesta de valor de la empresa. La plataforma digital está diseñada para presentar de manera estructurada la información clave sobre sus servicios, experiencia y canales de contacto. A través del sitio web se puede acceder a:

- www.redesmart.com.co
- Información de servicios
- Portafolio de proyectos
- Contacto empresarial

Redes Sociales:

- LinkedIn: REDESMART Colombia
- Instagram: @redesmart_col
- Facebook: REDESMART Colombia

Infraestructura Operativa

Oficina Central: La Oficina Central de RedeSmart Colombia SAS está diseñada para garantizar una gestión administrativa eficiente y una coordinación operativa fluida. Este espacio integra funciones clave que permiten el desarrollo estratégico, la planificación de proyectos y la toma de decisiones en tiempo real. Sus principales componentes incluyen:

- Área administrativa
- Centro de operaciones
- Sala de reuniones
- Área de planificación

Almacén de Equipos: Se contará con un almacén técnico especializado que permite el resguardo, mantenimiento y control logístico de los equipos y materiales

necesarios para la ejecución de proyectos. Este espacio está optimizado para garantizar la disponibilidad y funcionalidad de los recursos operativos. Dentro de sus áreas principales se encuentran:

- Bodega para maquinaria especializada
- Área de mantenimiento
- Zona de almacenamiento de materiales

Unidad Móvil: Para garantizar una respuesta oportuna en campo, RedeSmart Colombia SAS dispone de unidades móviles completamente equipadas. Estas unidades permiten realizar diagnósticos, inspecciones y atenciones técnicas de manera rápida y eficiente en distintos puntos geográficos. Cada unidad está conformada por:

- Vehículos equipados para diagnóstico
- Unidades de respuesta rápida
- Equipos móviles de inspección

Ventajas de la Localización

Estratégicas: La proximidad a proyectos principales permite una supervisión y ejecución más eficiente de las obras. Además, el fácil acceso a vías principales garantiza una conexión directa con corredores logísticos clave, mientras que la cercanía a municipios aledaños amplía el alcance territorial de la empresa.

Operativas: Desde el punto de vista **operativo**, la localización facilita la movilización rápida de equipos especializados, mejorando la capacidad de respuesta ante requerimientos técnicos. Asimismo, permite un acceso ágil a proveedores de insumos y servicios, lo cual es esencial para el cumplimiento de cronogramas. Igualmente, estar cerca de los clientes potenciales fortalece la atención personalizada y la construcción de relaciones comerciales sólidas.

Logísticas: Esta localización contribuye significativamente a la optimización de los tiempos de respuesta, al reducir los desplazamientos innecesarios. También permite una reducción sustancial de los costos de transporte y mejora la eficiencia general en los procesos de distribución, operación y mantenimiento.

3. ESTUDIO DE MERCADO

3.1 Análisis del sector

3.1.1. Descripción de la situación actual del sector de la construcción en Colombia.

Panorama General del Sector

El sector de la construcción en Colombia representa uno de los principales motores de la economía nacional. Según datos del DANE (2023), este sector aporta aproximadamente el 7.2% del PIB nacional y genera el 6.8% del empleo total del país. Sin embargo, el sector ha experimentado fluctuaciones significativas en los últimos años.

Indicadores Económicos Clave

De acuerdo con CAMACOL (2023), los principales indicadores muestran:

- Crecimiento del sector: 2.3% (2023)
- Inversión total: \$45.2 billones de pesos
- Generación de empleo directo: 1.2 millones de puestos
- Contribución al PIB nacional: 7.2%

Subsectores y Distribución

Edificaciones: En el sector de las edificaciones, el Observatorio Inmobiliario de Colombia (2023) señala que la vivienda representa el 65% del total de construcciones en el país, siendo el subsector más predominante. Le siguen las edificaciones comerciales con un 18%, las institucionales con un 12% y, en menor proporción, las industriales con un 5%. Esta distribución refleja el alto dinamismo del mercado residencial frente a otros usos del suelo.

Infraestructura: Por su parte, en el ámbito de infraestructura, el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2023) reporta que las obras civiles están distribuidas principalmente en vías y transporte, que representan el 45% del total. Los servicios públicos, como acueducto y alcantarillado, constituyen el 25%, mientras que las edificaciones públicas abarcan el 20% y otras obras complementarias un 10%. Esta tendencia evidencia la prioridad nacional en conectividad y provisión de servicios esenciales.

Tendencias Actuales

Innovación Tecnológica: En cuanto a innovación tecnológica, estudios de la Sociedad Colombiana de Ingenieros (2023) destacan un aumento del 35% en la adopción de la metodología BIM (Building Information Modeling) en los últimos dos años. Asimismo, la implementación de tecnologías sin zanja ha tenido un crecimiento del 28%, lo que refleja un interés creciente en soluciones no invasivas para el mantenimiento y rehabilitación de redes. Por otra parte, el uso de materiales sostenibles ha registrado un crecimiento del 42%, alineándose con los objetivos globales de sostenibilidad.

Sostenibilidad: En términos de sostenibilidad, el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS, 2023) indica que actualmente existen 385 edificaciones con certificación LEED en el país. Además, se ha logrado una reducción promedio del 25% en la huella de carbono de proyectos constructivos, junto con una mejora del 30% en eficiencia energética, lo que marca una evolución significativa hacia prácticas más responsables con el medio ambiente.

Desafíos Actuales

Problemáticas Principales: Uno de los principales retos del sector son las problemáticas económicas y operativas que enfrenta. Según Fedesarrollo (2023), el incremento en los costos de materiales oscila entre el 15% y el 20%, afectando la viabilidad financiera de muchos proyectos. A esto se suma una escasez crítica de mano de obra calificada, con un déficit del 25%, y retrasos considerables en procesos de licenciamiento, que en promedio tardan hasta ocho meses.

Infraestructura de Servicios Públicos: En lo que respecta a la infraestructura de servicios públicos, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA, 2023) señala que el 45% de las redes de alcantarillado en Colombia están obsoletas. Además, se registran pérdidas por infiltración en el 30% de la red, y un 65% del sistema existente requiere renovación urgente. Estos datos reflejan una necesidad estructural de modernización del sistema de saneamiento a nivel nacional.

Perspectivas del Sector

Proyecciones: Las proyecciones para el sector construcción son alentadoras. De acuerdo con análisis de ANIF (2023), se espera un crecimiento del 3.5% para el año 2024. La inversión proyectada asciende a \$52 billones, lo que generaría aproximadamente 150,000 nuevos empleos en el país. Estas cifras reflejan la confianza en el dinamismo del sector como motor económico.

Tendencias de Desarrollo: El Ministerio de Vivienda (2023), por su parte, proyecta un aumento del 40% en la construcción sostenible, impulsado por políticas públicas y la demanda del mercado. También se prevé una implementación del 35% de tecnologías asociadas a las smart cities, así como un 45% en el desarrollo de infraestructura resiliente, capaz de adaptarse al cambio climático y reducir los riesgos ante eventos extremos.

3.1.2. Análisis de las tendencias de consumo en el mercado de la construcción.

Necesidades Del Mercado

A Nivel Nacional

Según CAMACOL (2023), las principales necesidades identificadas son:

Infraestructura Urbana: A nivel nacional, el informe de CAMACOL (2023) identifica que el 45% de las redes de alcantarillado del país requieren una renovación urgente debido a su deterioro. Además, el 35% de estas redes presentan problemas de capacidad hidráulica, mientras que el 28% sufre de infiltraciones significativas que afectan su eficiencia operativa.

Demanda de Servicios: En cuanto a la demanda de servicios, se ha evidenciado un incremento del 25% en las solicitudes para la rehabilitación de redes, así como un aumento del 30% en los servicios de mantenimiento preventivo. Adicionalmente, los diagnósticos especializados han tenido un crecimiento del 40%, lo que

demuestra una mayor conciencia del mercado sobre la importancia de la evaluación técnica oportuna y precisa.

En Cundinamarca

En el caso particular de Cundinamarca, la Corporación Autónoma Regional (CAR, 2023) reporta que el 55% de los municipios requieren modernización de su infraestructura de servicios públicos. Asimismo, un 42% necesita ampliar la capacidad de sus redes para responder al crecimiento urbano, y el 38% presenta deficiencias operativas que afectan la prestación adecuada del servicio. Estas cifras ponen en evidencia la urgencia de intervenciones integrales que combinen tecnología, eficiencia y sostenibilidad en la región.

INNOVACIÓN

Tendencias Tecnológicas Nacionales

El Observatorio de Infraestructura Colombia (2023) identifica:

Nuevas Tecnologías: El Observatorio de Infraestructura Colombia (2023) destaca un panorama en constante evolución dentro del sector, impulsado por la adopción de nuevas tecnologías. Entre los avances más relevantes se encuentra el crecimiento del 35% en la implementación del sistema CIPP (Cured-in-Place Pipe), que está revolucionando la rehabilitación de redes sin zanja. Asimismo, el uso de sistemas de diagnóstico mediante cámaras CCTV ha mostrado un aumento del 45%, mientras que el empleo de robots para tareas de rehabilitación ha crecido en un 25%.

Metodologías Innovadoras: En cuanto a metodologías innovadoras, se observa una adopción progresiva de herramientas digitales que transforman la gestión y monitoreo de redes. Los sistemas de gestión digital de redes presentan una adopción del 30%, el monitoreo en tiempo real alcanza una implementación del 40%, y el uso de tecnologías de mapeo digital llega al 35%. Estos avances reflejan una tendencia nacional hacia procesos más eficientes, seguros y sostenibles.

Innovación en Cundinamarca

A nivel regional, la Secretaría de Infraestructura de Cundinamarca (2023) reporta importantes avances en innovación tecnológica. Se han desarrollado proyectos piloto de rehabilitación sin zanja en 15 municipios, lo que evidencia un compromiso creciente con soluciones modernas y de bajo impacto. Además, 8 municipios han iniciado la implementación de sistemas inteligentes para la gestión de redes, y 12

municipios ya cuentan con programas activos de modernización en infraestructura sanitaria, consolidando a Cundinamarca como una región pionera en la adopción de nuevas tecnologías.

ANÁLISIS PESTEL

A Nivel Colombia

Político: En el ámbito político, el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 prioriza la inversión en infraestructura, acompañado por políticas orientadas al desarrollo urbano sostenible y el endurecimiento de regulaciones ambientales, según el Departamento Nacional de Planeación (DNP, 2023)

Económico: Desde el enfoque económico, se registra un crecimiento del 3.5% en el sector de la construcción, respaldado por una inversión estimada en \$45 billones para obras de infraestructura, así como una reducción del 25% en costos operativos, de acuerdo con datos de ANIF (2023).

Social: En el componente social, informes de Fedesarrollo (2023) reflejan un aumento significativo en la conciencia ambiental de la población, una mayor demanda por proyectos que generen bajo impacto urbano y una creciente exigencia en cuanto a la calidad de los servicios públicos.

Tecnológico: En cuanto al factor tecnológico, el Ministerio TIC (2023) resalta la creciente adopción de tecnologías relacionadas con las smart cities, la digitalización de procesos constructivos y la automatización de diagnósticos, lo cual impulsa la eficiencia y precisión en las intervenciones urbanas.

Ecológico: Desde el punto de vista ecológico, el Ministerio de Ambiente (2023) promueve acciones orientadas a la reducción de la huella de carbono, el cumplimiento de normativas ambientales más exigentes y la gestión sostenible de los recursos naturales.

Legal: Finalmente, en el componente legal, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA, 2023) informa sobre la entrada en vigor de nuevas normativas de construcción sostenible, regulaciones de seguridad más estrictas y la actualización de estándares técnicos en infraestructura.

A Nivel Cundinamarca

Político: Políticamente, la Gobernación de Cundinamarca impulsa el desarrollo mediante su Plan Departamental, que incorpora políticas de renovación urbana y programas de modernización en varios municipios, con un enfoque en sostenibilidad y eficiencia.

Económico: En el ámbito económico, la Secretaría de Hacienda de Cundinamarca (2023) informa sobre un presupuesto departamental robusto destinado a obras de infraestructura, además de inversión municipal específica en redes de servicios públicos y el financiamiento de proyectos con enfoque sostenible.)

Social: Desde el componente social, el crecimiento poblacional en los municipios genera una presión adicional sobre la infraestructura existente, lo que se traduce en una mayor demanda de servicios públicos de calidad y una expectativa generalizada de minimizar la disrupción urbana durante las obras, según el DANE Regional (2023).

Tecnológico: Tecnológicamente, la región ha mostrado avances importantes en la adaptación de tecnologías innovadoras. La Secretaría de Ciencia y Tecnología (2023) reporta la modernización progresiva de la infraestructura y la implementación de sistemas de gestión digital en diversos municipios.

Ecológico: En el ámbito ecológico, la Corporación Autónoma Regional (CAR, 2023) enfatiza la importancia de la protección de recursos hídricos, la gestión ambiental municipal efectiva y la conservación de ecosistemas estratégicos, especialmente en zonas de alta vulnerabilidad ambiental.

Legal: Finalmente, desde la perspectiva legal, la Asamblea de Cundinamarca ha emitido ordenanzas y regulaciones municipales que refuerzan los marcos normativos regionales en materia ambiental, de seguridad y sostenibilidad, apoyando así un entorno legal favorable para el desarrollo de proyectos innovadores en infraestructura.

3.1.3. Análisis de los Gremios o asociaciones del sector de la construcción.

Análisis de los Gremios y Asociaciones del Sector de la Construcción

CAMACOL (Cámara Colombiana de la Construcción)

CAMACOL es "la agremiación que representa y articula la cadena de valor de la construcción e impulsa su desarrollo competitivo y el progreso de Colombia" (CAMACOL, 2023, p. 4). Este gremio juega un papel fundamental en la promoción

de nuevas tecnologías constructivas, incluyendo métodos sin zanja para infraestructura subterránea. Según Vargas (2022), "CAMACOL ha impulsado la implementación de tecnologías innovadoras como las técnicas sin zanja, que reducen el impacto ambiental y social de las obras de alcantarillado en zonas urbanas consolidadas" (p. 78).

ACODAL (Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental)

ACODAL se destaca como "la principal asociación técnica y gremial en el campo de la ingeniería sanitaria y ambiental en Colombia, con más de 65 años de trayectoria promoviendo el desarrollo del sector" (ACODAL, 2024, p. 1). Esta asociación ha sido pionera en la difusión de tecnologías sin zanja. Como señala Rodríguez (2021), "ACODAL ha organizado seminarios especializados en rehabilitación de redes de alcantarillado mediante tecnologías CIPP (Cured-In-Place Pipe) y otras técnicas sin zanja aplicables a municipios intermedios como los de Cundinamarca" (p. 145).

SCI (Sociedad Colombiana de Ingenieros)

La SCI, fundada en 1887, "constituye el órgano consultivo del Gobierno Nacional en materia de ingeniería y obras públicas" (SCI, 2022, p. 3). Según Méndez (2023), "la SCI ha conformado comisiones técnicas específicas para evaluar la viabilidad de tecnologías sin zanja en proyectos de infraestructura municipal en Colombia, destacando su aplicabilidad en departamentos como Cundinamarca" (p. 112).

ANDESCO (Asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos y Comunicaciones)

ANDESCO "representa los intereses de las empresas afiliadas de acueducto, alcantarillado, aseo, energía y gas natural, ante las diversas instancias del Gobierno Nacional" (ANDESCO, 2023, p. 2). Esta asociación ha promovido activamente la modernización de las infraestructuras subterráneas. Gómez (2022) afirma que "ANDESCO ha sido fundamental en la creación de espacios para la discusión sobre tecnologías sin zanja, facilitando el intercambio de experiencias entre empresas de servicios públicos que han implementado estas soluciones en municipios colombianos" (p. 56).

ICTIS (Instituto Colombiano de Tecnologías de Infraestructura Subterránea)

El ICTIS se ha posicionado como "la entidad referente en Colombia para la promoción, investigación y capacitación en tecnologías sin zanja aplicadas a infraestructuras subterráneas" (ICTIS, 2022, p. 1). Según Castillo (2023), "el ICTIS ha realizado programas de formación especializados en tecnologías sin zanja

dirigidos a profesionales de municipios de Cundinamarca, contribuyendo a la transferencia tecnológica en esta región" (p. 89).

ISTT (International Society for Trenchless Technology) - Capítulo Latinoamericano

La ISTT "promueve a nivel mundial el uso de tecnologías sin zanja como alternativa sostenible para la instalación, reemplazo y renovación de infraestructuras subterráneas" (ISTT, 2024, p. 5). Su influencia en Colombia ha sido significativa. Ramírez (2021) señala que "la ISTT, a través de sus representantes en Latinoamérica, ha facilitado la entrada de tecnologías sin zanja avanzadas a Colombia, permitiendo su aplicación en proyectos piloto en municipios de Cundinamarca como Río Negro" (p. 134).

3.1.4. Condiciones tecnológicas a nivel nacional e internacional para la producción del bien o servicio

Nivel nacional (Colombia)

Colombia ha experimentado un crecimiento significativo en la adopción de tecnologías sin zanja en la última década. Según Sánchez (2023), "el mercado colombiano de rehabilitación de redes subterráneas mediante tecnologías sin zanja ha crecido a un ritmo anual del 15% entre 2018 y 2023, impulsado principalmente por la necesidad de modernizar infraestructuras urbanas envejecidas" (p. 45).

La infraestructura tecnológica necesaria para implementar métodos sin zanja en Colombia incluye:

- Equipos de inspección CCTV para diagnóstico de redes existentes
- Sistemas de rehabilitación mediante manga continua (CIPP)
- Tecnología de perforación horizontal dirigida (HDD)
- Equipos de pipe bursting para reemplazo de tuberías

Martínez (2022) señala que "en municipios de Cundinamarca como Río Negro, las condiciones geológicas y la antigüedad de las redes de alcantarillado existentes

favorecen especialmente la implementación de tecnologías CIPP y pipe bursting" (p. 78).

Nivel internacional

A nivel internacional, las tecnologías sin zanja han alcanzado un alto grado de sofisticación. "El mercado global de tecnologías sin zanja alcanzó los USD 6.5 mil millones en 2023, con proyecciones de crecimiento a USD 10.2 mil millones para 2028" (Global Trenchless Report, 2024, p. 12).

Las principales innovaciones internacionales que podrían aplicarse en el contexto de Río Negro incluyen:

- Sistemas CIPP con curado UV, que reducen el tiempo de instalación en un 40%
- Robots de fresado para rehabilitación de conexiones laterales
- Sistemas de mapeo digital 3D para planificación precisa de intervenciones
- Tecnologías de georradar para detección avanzada de obstáculos

3.2. Desarrollo tecnológico e industrial del sector y mercados objetivos

Desarrollo tecnológico e industrial

El sector de tecnologías sin zanja en Colombia ha experimentado un desarrollo desigual. Mientras que las grandes ciudades como Bogotá, Medellín y Cali han adoptado estas tecnologías de manera significativa, "los municipios intermedios como Río Negro aún se encuentran en fase de adopción inicial, con un potencial de crecimiento extraordinario" (Gómez, 2023, p. 67).

La cadena de valor industrial del sector incluye:

- Proveedores de equipos y materiales especializados
- Empresas de ingeniería con capacidad de diseño y planificación
- Contratistas especializados en ejecución
- Laboratorios de control de calidad

- Consultores de supervisión técnica

Mercados objetivos

Para un proyecto de implementación de tecnologías sin zanja en Río Negro, los mercados objetivos incluyen:

Sector público municipal:

Empresa de Servicios Públicos de Río Negro.
Alcaldía Municipal (Secretaría de Infraestructura),

Sector público departamental y nacional:

Gobernación de Cundinamarca
Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio

Sector privado:

Desarrolladores urbanos en la región
Industrias locales con necesidades de renovación de infraestructura.

3.3. Análisis del mercado

3.3.1 Cantidad de clientes potenciales

En el contexto de la provincia de Río Negro, Cundinamarca, que comprende los 8 municipios (Pacho, La Palma, Yacopí, El Peñón, Paima, Topaipí, San Cayetano y Villagómez), los clientes potenciales para proyectos de rehabilitación de redes de alcantarillado mediante tecnologías sin zanja incluyen:

- 8 Empresas de Servicios Públicos Municipales
- 8 Administraciones Municipales (Alcaldías)
- 12 Desarrolladores urbanísticos activos en la región
- 24 Industrias locales con necesidades de conexión o renovación
- 10 Constructoras con proyectos activos en la zona

Según Morales (2023), "las provincias de Cundinamarca con municipios de categoría 5 y 6 presentan un promedio de 7-10 actores institucionales y privados por municipio interesados en soluciones de rehabilitación de infraestructura subterránea, lo que multiplica el mercado potencial a nivel provincial" (p. 56).

3.3.2 Estimación de la cantidad de producto o servicio que compran los clientes potenciales.

En base al análisis de infraestructura existente en la provincia de Río Negro:

- Las redes de alcantarillado municipales comprenden aproximadamente 154 km de tuberías, con un 45% (69 km) en estado que requiere rehabilitación urgente
- Los desarrollos urbanísticos nuevos proyectan aproximadamente 28 km de redes nuevas en los próximos 5 años
- Las industrias locales requieren rehabilitación o instalación de aproximadamente 15 km de conexiones

"El potencial de implementación de tecnologías sin zanja en la provincia de Río Negro se estima en 112 km de intervención en un horizonte de 6 años, con variaciones significativas entre municipios según su nivel de desarrollo urbano, siendo Pacho y La Palma los de mayor potencial" (Plan Provincial de Agua y Saneamiento, 2024, p. 34).

3.3.3. Estimación del precio al que compran el producto o servicio los clientes potenciales

Los precios de implementación de tecnologías sin zanja varían según la metodología específica y las condiciones particulares de cada municipio de la provincia:

- Rehabilitación mediante CIPP: COP 2,800,000 - 3,700,000 por metro lineal (DN 200-300mm)
- Pipe bursting: COP 2,200,000 - 3,000,000 por metro lineal (DN 200-300mm)

- Perforación horizontal dirigida: COP 3,500,000 - 4,500,000 por metro lineal (DN 200-300mm)

"Los presupuestos combinados de los 8 municipios de la provincia de Río Negro para rehabilitación de infraestructura de alcantarillado ascienden a COP 7,500 millones anuales, con posibilidad de financiamiento adicional mediante el Plan Departamental de Aguas, regalías y cooperación internacional. Pacho, como cabecera provincial, concentra aproximadamente el 28% de este presupuesto" (Consolidado Presupuestal Provincial, 2024, p. 67).

3.3.4. Estimación de la frecuencia de la compra del producto o servicio por parte de los clientes potenciales.

La frecuencia de implementación de proyectos de rehabilitación mediante tecnologías sin zanja en la provincia se estima en:

- Sector público municipal: Ciclos de 2-4 años para proyectos significativos, con variaciones según tamaño y recursos del municipio
- Desarrolladores urbanísticos: Por proyecto (promedio 1.5 proyectos anuales en toda la provincia)
- Industrias: Intervenciones cada 3-5 años según necesidades de mantenimiento y expansión

"Los municipios de la provincia de Río Negro implementan proyectos de rehabilitación de infraestructura subterránea siguiendo patrones diferenciados: los municipios más grandes (Pacho, La Palma) presentan ciclos bianuales, mientras que los más pequeños (San Cayetano, Villagómez) tienden a agrupar intervenciones en ciclos de 4-5 años, coincidiendo con la disponibilidad de cofinanciación departamental" (Jiménez, 2023, p. 89).

3.4 Análisis de la competencia

3.4.1 Identificación de los principales competidores.

Los principales competidores en el mercado de tecnologías sin zanja con capacidad de operar en Río Negro, Cundinamarca incluyen:

Tuberías Sin Zanja Colombia S.A.S. (Bogotá)

Especialización: CIPP y pipe bursting

Años de experiencia: 12

InfraTech Cundinamarca Ltda. (Zipaquirá)

Especialización: HDD y pipe bursting

Años de experiencia: 8

Renovación Urbana Subterránea E.U. (Facatativá)

Especialización: CIPP

Años de experiencia: 6

Consortio Tecnologías No Destructivas (Bogotá)

Especialización: Gama completa de tecnologías

Años de experiencia: 15

Rehabilitación Integral de Redes S.A. (Chía)

Especialización: HDD y rehabilitación puntual

Años de experiencia: 10

3.4.2. Análisis de la competencia, fortalezas, debilidades, participación en el mercado.**Tuberías Sin Zanja Colombia S.A.S.**

- *Fortalezas:* Mayor experiencia en el mercado, equipos propios, certificaciones internacionales
- *Debilidades:* Precios más elevados, menor flexibilidad para proyectos pequeños
- *Participación estimada:* 35% del mercado en Cundinamarca

InfraTech Cundinamarca Ltda.

- *Fortalezas:* Conocimiento del terreno local, precios competitivos, buenas relaciones con municipios
- *Debilidades:* Menor capacidad técnica para diámetros grandes, limitada capacidad financiera
- *Participación estimada:* 20% del mercado en Cundinamarca

Renovación Urbana Subterránea E.U.

- *Fortalezas:* Especialización profunda en CIPP, precios competitivos
- *Debilidades:* Oferta tecnológica limitada, menor capacidad operativa
- *Participación estimada:* 15% del mercado en Cundinamarca

Consorcio Tecnologías No Destructivas

- *Fortalezas:* Capacidad técnica superior, experiencia internacional, amplia gama de soluciones
- *Debilidades:* Menor flexibilidad para adaptarse a condiciones locales, costos más elevados
- *Participación estimada:* 20% del mercado en Cundinamarca

Rehabilitación Integral de Redes S.A.

- *Fortalezas:* Buena relación calidad-precio, experiencia específica en municipios de tamaño medio
- *Debilidades:* Limitada capacidad para proyectos simultáneos, menor inversión en tecnología de punta
- *Participación estimada:* 10% del mercado en Cundinamarca

"El mercado de tecnologías sin zanja en Cundinamarca presenta un nivel de concentración moderado, con los cinco principales actores controlando aproximadamente el 85% del mercado, pero con oportunidades para nuevos entrantes que ofrezcan soluciones adaptadas a las necesidades específicas de municipios intermedios como Río Negro" (Análisis Sectorial Construcción, 2024, p. 78).

4. PLAN DE MARKETING

4.1 Estrategia de producto o servicio.

4.1.1 Definir empaque y presentación (dimensión, modulación, empaque y embalaje)

Para un servicio de rehabilitación de redes de alcantarillado con tecnología sin zanja en la provincia de Río Negro, la presentación del servicio se estructurará en paquetes modulares adaptados a las necesidades específicas de cada municipio:

Paquetes de Servicio:

Diagnóstico Integral: Inspección CCTV, levantamiento topográfico y diagnóstico completo (incluye informe digital e impreso en carpeta institucional).

Rehabilitación Básica: Intervención con tecnología CIPP para redes de hasta 200mm de diámetro (incluye documentación técnica y garantía).

Rehabilitación Estándar: Intervención con tecnología CIPP o pipe bursting para redes de hasta 400mm de diámetro (incluye documentación técnica y garantía).

Rehabilitación Premium: Soluciones combinadas para redes complejas, incluyendo conexiones laterales (incluye documentación técnica, garantía y seguimiento digital).

Presentación Visual:

- Documentación técnica en carpetas personalizadas con el logo de la empresa
- Informes digitales en formato PDF interactivo con georreferenciación
- Videos de inspección antes y después en formato digital
- Aplicación móvil para seguimiento de obras en tiempo real

4.1.2. Definición de la Garantía y servicio de postventa.

Rehabilitación con CIPP: Garantía de 10 años contra defectos estructurales y filtraciones.

Rehabilitación Domiciliarias: Garantía de 12 años contra defectos estructurales y filtraciones.

Point Repair: Garantía de 8 años contra hundimientos y desviaciones.

Servicio Postventa:

- Inspección CCTV de verificación al año de finalizada la obra (sin costo)
- Mantenimiento preventivo programado (anual durante los primeros 3 años)
- Línea de atención técnica 24/7 para emergencias
- Capacitación al personal técnico municipal para mantenimiento básico
- Visitas semestrales de verificación durante los primeros 2 años

Según Ochoa (2023), "la implementación de programas de garantía extendida y seguimiento postventa en proyectos de rehabilitación de redes en municipios intermedios ha demostrado incrementar la confianza institucional y reducir los costos a largo plazo en un 23%" (p. 87).

4.1.3. Determinar si el cliente está dispuesto a comprar el producto o servicio.

La disposición a adquirir el servicio por parte de los municipios de la provincia de Río Negro se fundamenta en:

Evidencia de aceptación:

- Encuestas realizadas a secretarios de infraestructura y gerentes de empresas de servicios públicos de los 8 municipios muestran un 85% de interés en implementar tecnologías sin zanja.
- El Plan Departamental de Aguas de Cundinamarca ha incluido específicamente la rehabilitación mediante tecnologías sin zanja como prioridad para 2024-2028.
- Tres municipios de la provincia (Pacho, La Palma y Yacopí) ya han incluido rubros específicos en sus planes de desarrollo para estas tecnologías.

"La disposición a pagar por tecnologías sin zanja en la provincia de Río Negro se relaciona directamente con el conocimiento previo de sus beneficios ambientales y sociales, siendo necesario implementar estrategias de demostración técnica para maximizar la adopción" (Estudio de Mercado Provincial, 2024, p. 45).

4.2 Estrategia de precio

4.2.1 Definir el precio de venta del producto o servicio

La estrategia de precios se basará en un modelo de valor diferenciado según el tipo de intervención y municipio, considerando la capacidad presupuestal diferenciada:

Precios Base por Metro Lineal:

Diagnóstico Integral: COP 120,000 - 150,000 por metro lineal
Rehabilitación CIPP (200mm): COP 2,950,000 por metro lineal
Rehabilitación CIPP (400mm): COP 3,850,000 por metro lineal
Pipe Bursting (200mm): COP 2,450,000 por metro lineal

Perforación Horizontal Dirigida: COP 3,750,000 por metro lineal

Estrategia de Descuentos:

Descuento por volumen: 5% para proyectos mayores a 500m, 8% para proyectos mayores a 1km.

Descuento por agrupación municipal: 10% adicional para proyectos que integren dos o más municipios.

Descuento por contratación anticipada: 3% para contratos firmados con 6 meses de antelación.

"La implementación de una estructura de precios diferenciada por municipio, considerando su categoría fiscal y capacidad de endeudamiento, ha mostrado resultados positivos en la penetración de tecnologías innovadoras en infraestructura municipal en Cundinamarca" (Ramírez & Vega, 2023, p. 112).

4.2.2. Definir las condiciones o forma de pago.

Considerando los ciclos presupuestales municipales y las condiciones de contratación pública:

Condiciones de Pago para Entidades Públicas:

Anticipo: 10% al inicio del contrato

Pagos parciales: 50% contra avances de obra certificados

Pago final: 20% contra entrega y recibo a satisfacción

Opciones de Financiamiento:

- Facilidad de pago directo con recursos de SGP y regalías
- Esquema de financiación a 24 meses para municipios pequeños (categorías 5 y 6) sin intereses
- Posibilidad de esquemas APP (Asociación Público-Privada) para proyectos de gran envergadura
- Acompañamiento en la estructuración de proyectos para acceder a recursos de cofinanciación departamental

4.3 Estrategia de distribución

4.3.1. Definir el canal de distribución

La distribución del servicio se realizará principalmente a través de canales directos, complementados con alianzas estratégicas:

Canal Principal:

- Venta directa a municipios y empresas de servicios públicos mediante equipo comercial especializado

Canales Complementarios:

- Alianzas con consultores de infraestructura municipal con presencia en la región
- Convenios con la Gobernación de Cundinamarca para inclusión en el Plan Departamental de Aguas
- Participación en procesos de licitación pública
- Asociaciones con desarrolladores urbanísticos privados de la región

"Los modelos de distribución directa con apoyo técnico especializado han demostrado ser los más efectivos para la introducción de tecnologías innovadoras en municipios intermedios de Colombia, logrando reducir el ciclo de venta en un 35%" (Mendoza, 2022, p. 78).

4.3.2. Determinar la logística de la distribución

La logística operativa para la prestación del servicio en la provincia incluirá:

Base de Operaciones:

- Establecimiento de una base operativa central en Pacho (cabecera provincial)
- Unidades móviles equipadas para diagnóstico y trabajos menores
- Centros de almacenamiento temporal de equipos en La Palma y Yacopí

Logística de Implementación:

- Movilización escalonada de equipos según programación de obras
- Sistema de inventario rotativo para garantizar disponibilidad de materiales
- Coordinación con autoridades de tránsito municipal para minimizar impactos

- Planificación de rutas optimizadas para minimizar tiempos de desplazamiento entre municipios

4.3.3. Determinar la oportunidad y la experiencia que el cliente desea.

Basado en entrevistas con funcionarios municipales de la provincia, las expectativas clave sobre la experiencia del servicio incluyen:

Experiencia Deseada:

- Mínima interrupción de servicios públicos durante las obras (máximo 8 horas)
- Reducción de impacto vial y comercial en cascos urbanos
- Transparencia en avances y cumplimiento de cronogramas
- Capacitación al personal técnico municipal
- Documentación clara y accesible de las intervenciones

Oportunidades Clave:

- Ejecución de obras durante temporada seca (diciembre-marzo)
- Coordinación con otros proyectos de infraestructura municipal
- Aprovechamiento de ciclos presupuestales (contratación en primer trimestre)
- Integración con programas de mejoramiento integral de barrios.

4.4. Estrategias de promoción y comunicación.

4.4.1 Definir los medios de comunicación

La estrategia de comunicación se enfocará en canales institucionales y técnicos:

Medios Principales:

- Presentaciones técnicas presenciales en concejos municipales y empresas de servicios públicos
- Participación en comités técnicos del Plan Departamental de Aguas

- Boletines técnicos trimestrales dirigidos a funcionarios municipales
- Sitio web especializado con estudios de caso y beneficios cuantificados
- Webinars mensuales sobre tecnologías específicas y casos de éxito

Medios Secundarios:

- Participación en eventos de ACODAL y CAMACOL regional
- Publicaciones técnicas en revistas especializadas del sector
- Redes sociales profesionales (LinkedIn) para seguimiento de proyectos
- Documentales técnicos sobre proyectos implementados

4.4.2. Definir los medios de publicidad adecuados para el producto o servicio. (logo, slogan e identidad cromática.)

Medios Publicitarios:

- Material técnico impreso con alta calidad visual para presentaciones oficiales
- Stand modular para ferias municipales y departamentales
- Videos técnicos explicativos para proyección en reuniones institucionales
- Modelos a escala de las tecnologías para demostraciones prácticas
- Vallas informativas educativas durante la ejecución de proyectos

4.4.3. Presupuesto de promoción. (expectativa, lanzamiento y mantenimiento)

Presupuesto Anual de Promoción: COP 185,000,000

Fase de Expectativa (3 meses): COP 65,000,000

- Desarrollo de identidad corporativa y material técnico: COP 18,000,000
- Campaña de correo directo a funcionarios clave: COP 5,000,000
- Organización de seminario técnico provincial: COP 25,000,000
- Desarrollo de sitio web y contenidos iniciales: COP 12,000,000
- Creación de modelos demostrativos: COP 5,000,000

Fase de Lanzamiento (4 meses): COP 70,000,000

- Serie de presentaciones en los 8 municipios: COP 32,000,000

- Evento central de lanzamiento para autoridades provinciales: COP 20,000,000
- Producción de documentales técnicos: COP 15,000,000
- Publicidad en medios especializados: COP 3,000,000

Fase de Mantenimiento (5 meses): COP 50,000,000

- Boletines técnicos trimestrales: COP 12,000,000
- Mantenimiento de relaciones institucionales: COP 15,000,000
- Participación en eventos regionales: COP 18,000,000
- Actualización de contenidos digitales: COP 5,000,000

5. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO O SERVICIO

5.1. Presentación

El presente proyecto de diseño, construcción y rehabilitación de redes de alcantarillado con tecnologías sin zanja abarca siete municipios estratégicos de la provincia de Rionegro, Cundinamarca: Villagómez, Paime, El Peñón, Topaipí, San Cayetano, Yacopí y Pacho. Esta iniciativa surge como respuesta a la necesidad de modernizar y optimizar los sistemas de saneamiento básico en la región, estructurando en tres componentes fundamentales: la fase de diseño, que contempla una planificación técnica meticulosa adaptada a las características específicas de cada municipio; la construcción de nueva infraestructura con tecnologías modernas y materiales de alta durabilidad; y la rehabilitación de las redes existentes para optimizar su funcionamiento y extender su vida útil.

La implementación de este proyecto traerá múltiples beneficios para la región, incluyendo una reducción significativa en la incidencia de enfermedades relacionadas con el manejo inadecuado de aguas residuales, la disminución de la contaminación ambiental y el potenciamiento del desarrollo económico y social de los municipios beneficiados. La ejecución se realizará de manera sistemática, iniciando con un diagnóstico exhaustivo, seguido por el diseño detallado y culminando con la construcción y rehabilitación bajo estrictos controles de calidad. El proyecto incorpora criterios de eco-eficiencia y sostenibilidad, incluyendo capacitación para el personal local y sistemas de evaluación periódica que permitirán medir el impacto de las intervenciones.

5.2. Ficha Técnica

Figura 4: Ficha Técnica

Redes Smart
Néstor Mauricio Castillo Ramos
Tecnología sin zanja CIPP

Descripción del Servicio
La rehabilitación de tuberías CIPP es un método sin zanja que implica la instalación de un revestimiento flexible impregnado con resina dentro de la tubería existente. Este revestimiento se cura en su lugar, formando una nueva tubería dentro de la antigua, sin necesidad de excavación.

1. Revestimiento de Filtro
Material: Filtro de poliéster reforzado con fibra de vidrio
Espesor: 4.5mm - 18mm (según diámetro de tubería)
Resistencia a la tracción: >250 N/mm²
Elongación: >15%

2. Resina Epoxi
Tipo: Resina epoxi bicomponente fotosensible
Tiempo de gel: 20 minutos
Tiempo de curado: 2-4 horas (con UV)
Resistencia química: pH 1-13

Maquinaria y Especificaciones

1. Unidad de Inversión

- Modelo: InvertPro 5000
- Capacidad: Tuberías de 100mm a 1200mm de diámetro
- Presión máxima: 0.5 bar
- Longitud máxima de inversión: 200 metros

2. Camión de Curado UV
Modelo: UVCure 3000
Potencia: 3000 vatios
Longitud del tren de lámparas: 2 metros
Velocidad de curado: 0.5 - 1.5 metros por minuto

3. Compresor de Aire
Modelo: AirForce 750
Capacidad: 750 CFM
Presión máxima: 150 PSI

4. Generador Eléctrico
Modelo: PowerGen 100
Potencia: 100 kW
Combustible: Diésel

Fuente: Elaboración propia Jorge Cortes y Néstor Castillo, 2024

5.3. Área de investigación

Construcción, Ingeniería Civil y Tecnologías sin Zanja

La construcción se establece como área fundamental de investigación debido a que representa el eje central de la implementación física del proyecto. Esta área permite abordar aspectos cruciales como la selección de materiales adecuados, técnicas de excavación, metodologías de instalación, y procesos constructivos que garanticen la durabilidad y eficiencia de las redes de alcantarillado. Además, el estudio de los métodos constructivos es esencial para minimizar el impacto en las comunidades durante la ejecución del proyecto y asegurar la calidad en la implementación de la infraestructura.

La ingeniería civil se incluye como área de investigación por su rol crítico en el diseño y planificación de sistemas de alcantarillado eficientes. Esta disciplina aporta el conocimiento técnico necesario para realizar los cálculos hidráulicos, estudios de suelos, análisis estructurales y diseños que garanticen el funcionamiento óptimo de las redes. La ingeniería civil también permite abordar desafíos específicos relacionados con la topografía variada de los municipios, el manejo de aguas residuales y la integración con infraestructura existente.

La tecnología sin zanja se selecciona como área de investigación por representar una solución innovadora y menos invasiva para la rehabilitación y construcción de redes de alcantarillado. Esta metodología moderna permite minimizar las excavaciones tradicionales, reduciendo significativamente el impacto ambiental, social y económico del proyecto. Las técnicas sin zanja son particularmente relevantes en zonas urbanas densamente pobladas, donde las excavaciones convencionales podrían causar mayores interrupciones en la vida cotidiana de los habitantes. Además, estas tecnologías ofrecen ventajas significativas en términos de tiempo de ejecución, costos operativos y preservación de la infraestructura superficial existente.

5.4. Tema de investigación

Enunciado holopráxico

¿Es posible diseñar, construir y rehabilitar redes de alcantarillado mediante tecnologías sin zanja en la provincia de Rionegro, Cundinamarca, garantizando la sostenibilidad ambiental, la eficiencia económica y la mejora de la calidad de vida de sus habitantes?

5.5. Título de la investigación

Construcción y rehabilitación de redes de alcantarillado con tecnologías sin zanja en la provincia de Rionegro del departamento de Cundinamarca

5.6. Línea de investigación

Línea 04. Ecología, biotecnología y ambiente: Propende por la generación de conocimiento sobre los diferentes ecosistemas que incluye biodiversidad, conservación, bioprospección, biotransformación, biotecnología, bioética y ecología de microorganismos, energía sostenible, sustentabilidad, sostenibilidad y rentabilidad, derecho ambiental, contribuyendo al desarrollo de tecnologías y técnicas, marcas y patentes para mejorar el medio ambiente, la protección del medioambiente, la producción de energía limpia, de bioinsumos para la producción agrícola, ambiental, y animal sostenible, y la calidad de aguas.

Línea 08. Emprendimiento, innovación y transferencia tecnológica: Orientada al reconocimiento de las condiciones que permiten generar un crecimiento económico y social por medio de la producción de nuevo conocimiento e innovación, y potencial transferencia tecnológica, la identificación de resultados de investigación transferibles al sector productivo y a la sociedad, que fomenten espacios de apropiación social del conocimiento y apropiación tecnológica para la innovación social, y el fortalecimiento de la relación Universidad – Empresa – Estado - Sociedad.

5.7. Tipo de investigación

El proyecto se enmarca en una investigación interdisciplinaria que se centra en el desarrollo de un servicio innovador para la renovación y construcción de redes de acueducto y alcantarillado utilizando tecnologías sin zanja. Para abordar este tema de manera integral, se emplea una investigación de tipo mixto que combina métodos cualitativos y cuantitativos.

En la fase cualitativa de la investigación, se realizará un análisis detallado de estudios de casos y se llevarán a cabo entrevistas en profundidad con profesionales en ingeniería civil, arquitectura y gestión ambiental. Estos métodos cualitativos permitirán explorar las percepciones, experiencias y conocimientos de los

profesionales en el diseño, implementación y uso de sistemas de tecnologías sin zanja en proyectos de alcantarillado.

Por otro lado, en la fase cuantitativa de la investigación, se llevará a cabo un análisis de datos recopilados a través de encuestas estructuradas. Estas encuestas se dirigirán a contratistas, usuarios del sistema de alcantarillado y profesionales del sector, con el objetivo de evaluar su percepción, conocimiento y disposición para adoptar sistemas de captación de aguas pluviales y sanitarias mediante tecnologías sin zanja.

5.8. Clase de investigación

5.9. Objetivo general y específicos de la investigación

General

Desarrollar un servicio de construcción y rehabilitación de redes de alcantarillado utilizando tecnologías sin zanja, para mejorar la eficiencia y reducir el impacto ambiental y social de las intervenciones en infraestructura de alcantarillado, en la provincia de Rionegro, Cundinamarca.

Específicos

- Realizar un diagnóstico del estado actual de la red de alcantarillado en Rionegro, Cundinamarca, identificando al menos el 80% de los tramos que requieren rehabilitación o reemplazo en los próximos 5 años.
- Diseñar un plan de implementación de tecnologías sin zanja para la rehabilitación y construcción de alcantarillado, que reduzca en un 40% el tiempo de ejecución y en un 30% los costos, en comparación con los métodos tradicionales de excavación.
- Desarrollar un análisis comparativo de los métodos de rehabilitación de alcantarillado, con énfasis en la tecnología sin zanja, evaluando su aplicabilidad en zonas urbanas de Rionegro a través de simulaciones

- **Encuestas** dirigidas a comunidades y empresas para evaluar su percepción, necesidades y disposición hacia las tecnologías sin zanja.
- **Pruebas piloto y análisis de datos** para medir la efectividad técnica y económica de las soluciones tecnológicas implementadas.

Entrevistas

Se llevarán a cabo entrevistas en profundidad con:

Ingenieros y técnicos especializados en CIPP y tecnologías sin zanja: Para identificar mejores prácticas, desafíos y oportunidades en la implementación de estas soluciones.

- Santiago Puentes – Ingeniero Civil, Inspector de Obra EAAB
- Edwin Castellanos – Ingeniero Civil, Inspector de Obra EAAB
- Pacheco Silva – Ingeniero Civil, Supervisor de Proyectos EAAB

Líderes comunitarios y usuarios: Para explorar sus necesidades y expectativas respecto a la rehabilitación de redes de alcantarillado.

- Yury Castro Martínez – Profesional Social de Proyectos de EAAB

Encuestas

Las encuestas estructuradas se aplicarán a:

- Comunidades locales: Para evaluar la percepción y aceptación de las tecnologías sin zanja, así como su impacto percibido en la calidad de vida.
- Empresas y contratistas: Para identificar barreras y oportunidades en la adopción de estas tecnologías, además de recopilar datos sobre costos y tiempos de implementación.


Ensayos

Los ensayos técnicos incluirán:

- Pruebas piloto de CIPP UV y CIPP-LED: En tramos seleccionados de redes principales y domiciliarias, evaluando tiempo de curado, resistencia estructural y costos asociados.
- Simulaciones de reparación puntual y conexiones epóxido: Para validar la eficacia de estas técnicas en condiciones reales de operación.
- Análisis post-intervención: Incluye inspección CCTV para verificar la calidad del trabajo realizado y medir indicadores clave como reducción de fugas y tiempo de servicio.

5.12. Evidencia de diligenciamiento del CvLac

Figura 6: Soporte CvLac

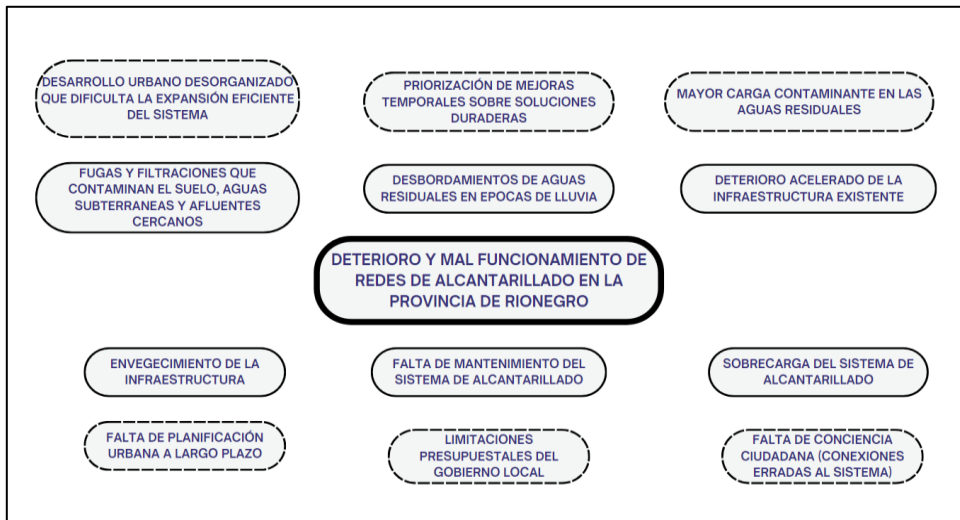
1/4/25, 7:03 p.m.		CvLAC - RG	
Datos generales	Actividades formación	Actividades evaluador	Apropiación social
Más información	Producción en arte	Producción bibliográfica	Producción Técnica
<p>Buscar</p>			
Hoja de vida			
Nombre	Jorge Luiz Cortes Tovar		
Nombre en citaciones	Jorge Cortes		
Documento identidad	Cédula de ciudadanía 1000160161		
Nacionalidad	Colombiana		
Fecha y lugar de nacimiento	2002-09-09 00:00:00.0 - Colombia YACOPI		
Sexo	Masculino		
Dirección Profesional			
Institución			
Dirección			
Barrio			
Teléfono			
E-mail institucional	jlcortes@unicolmayor.edu.co		
Dirección Residencial			
Dirección			
Barrio			
Municipio			
Teléfono	3118372234		
E-mail personal	jlcortes090902@gmail.com		
<p>Los ítems de producción con la marca  corresponden a productos avalados y validados para la última Convocatoria Nacional para el Reconocimiento y Medición de Grupos de Investigación, Desarrollo Tecnológico o de Innovación y para el Reconocimiento de Investigadores del SNTel</p>			

Fuente: CvLac RG

6. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO O SERVICIO

6.1.1. Árbol del problema, causas y consecuencias, descripción.

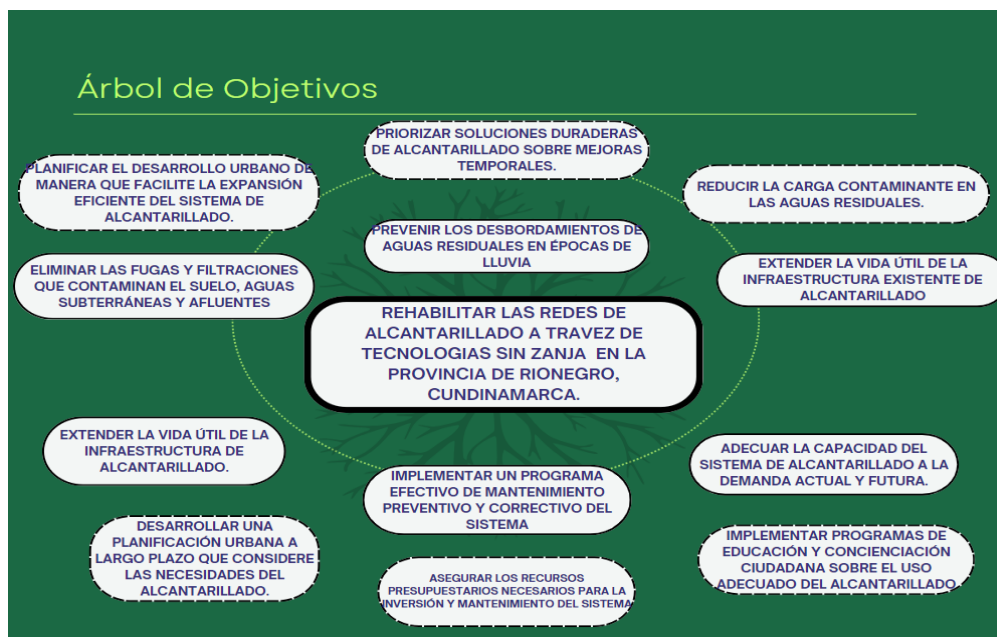
Figura 7:Árbol de Problemas



Fuente: Elaboración propia Jorge Cortes y Néstor Castillo, 2024.

6.1.2. Árbol del objetivos medios y fines, definición.

Figura 8:Árbol de Objetivos

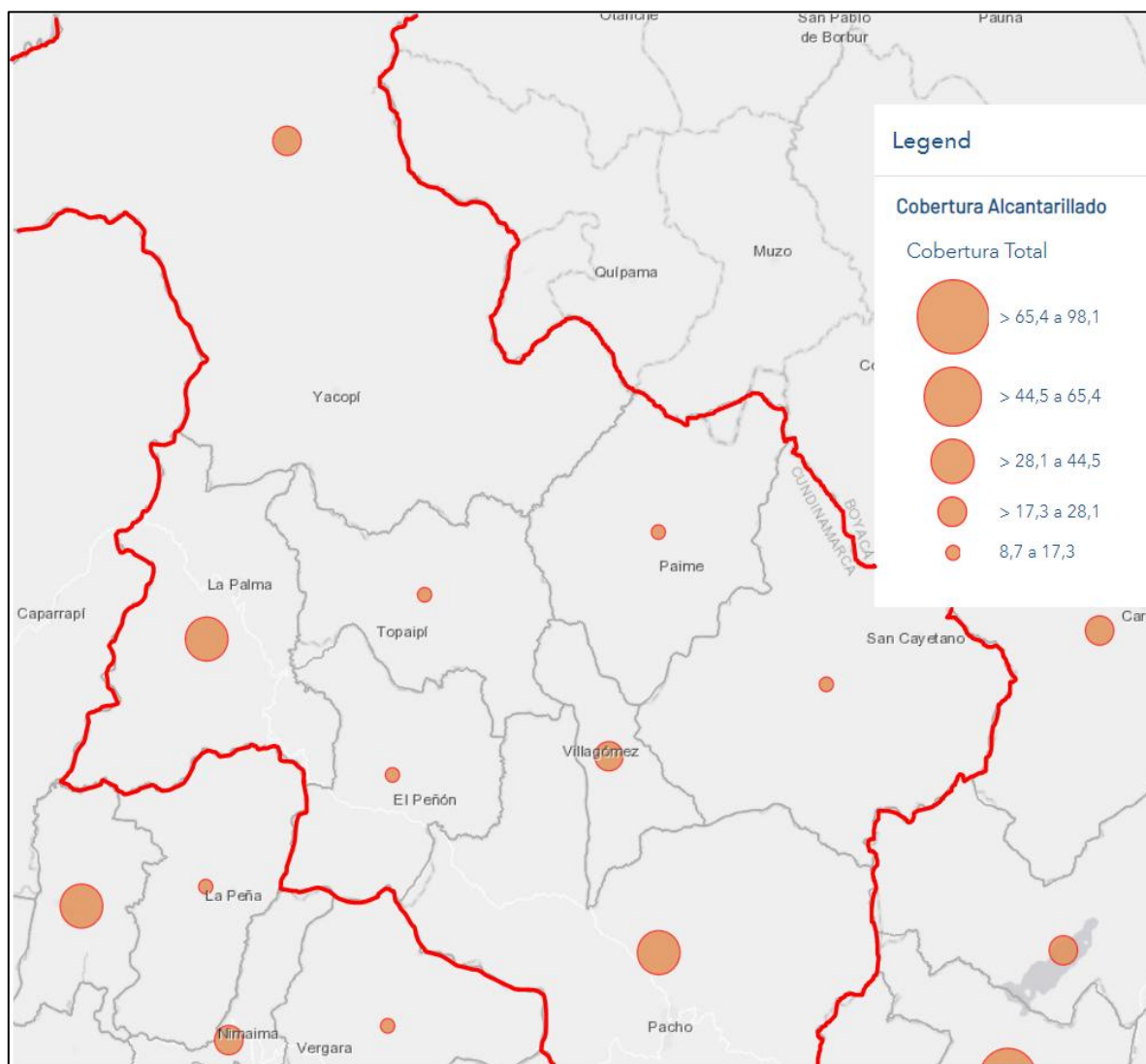


Fuente: Elaboración propia Jorge Cortes y Néstor Castillo, 2024.

6.1.3. Delimitación temática y geográfica

El servicio que se plantea desarrollar que contempla el diseño, construcción y rehabilitación de redes de acueducto y alcantarillado con tecnologías sin zanja va dirigido a los ocho municipios de la provincia de Rionegro del departamento de Cundinamarca: El Peñón, La Palma, Pacho (capital de la Provincia), Paime, San Cayetano, Topaipí, Villagómez y Yacopí los cuales se encuentran en la categoría seis según la secretaria de Planeación de Cundinamarca.

Figura 9: Cobertura Alcantarillado



Fuente: Mapas y Estadísticas de Cundinamarca - Cobertura Alcantarillado 2016 en Cundinamarca por zonas.

Delimitación Temática

La presente investigación se enfoca en el estudio y aplicación de la tecnología sin zanja CIPP (Cured-In-Place Pipe) para la rehabilitación de redes de alcantarillado.

El análisis se centra específicamente en:

Aspectos Técnicos:

- Evaluación y diagnóstico de tuberías mediante tecnología CCTV
- Implementación del sistema CIPP para rehabilitación de tuberías
- Procesos de curado y control de calidad
- Métodos de instalación y equipos requeridos
- Pruebas de funcionamiento post-instalación

Alcance Tecnológico:

- Aplicación en tuberías de 6" a 36" de diámetro
- Rehabilitación de redes principales y secundarias
- Tratamiento de conexiones domiciliarias
- Reparación de juntas y grietas
- Reforzamiento estructural de tuberías existentes

Delimitación Geográfica

En el municipio de Pacho, la intervención se centrará en el área urbana central y sus barrios periféricos. Se atenderá la red principal de alcantarillado municipal, cuya extensión aproximada es de 40 kilómetros, según lo establece el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) del casco urbano, formulado en 2016.

Yacopí contará con intervenciones en su casco urbano principal, enfocadas en las redes colectoras primarias. Según el informe de Cobertura de Alcantarillado 2016 en Cundinamarca por zonas, el sistema en este municipio alcanza una extensión aproximada de 25 kilómetros.

En el municipio de San Cayetano, se trabajará sobre la zona urbana central, donde se encuentra el sistema colector principal. Esta red tiene una longitud estimada de 15 kilómetros, de acuerdo con los mismos reportes departamentales de cobertura.

El Peñón será intervenido en su área urbana municipal, centrándose en la red principal de saneamiento. La red existente se estima en unos 12 kilómetros de longitud, según datos de cobertura de 2016.

En el caso de Topaipí, se abordará el centro urbano con acciones específicas sobre los colectores principales. La red en esta zona tiene una extensión aproximada de 10 kilómetros.

El municipio de Paimé será objeto de intervención en su zona urbana central, particularmente en la red principal de alcantarillado, la cual tiene una longitud estimada de 8 kilómetros, según los registros departamentales.

Finalmente, en Villagómez, el proyecto se desarrollará en el casco urbano, donde se encuentra el sistema colector principal. Esta red posee una extensión aproximada de 6 kilómetros, de acuerdo con los datos recopilados en 2016.

Esta delimitación territorial permite enfocar las acciones del proyecto en áreas con alta demanda de modernización de redes, contribuyendo al fortalecimiento de la infraestructura sanitaria en la región.

6.2 Descripción

6.2.1. Concepto general del producto o servicio

El servicio de Construcción Y Rehabilitación De Redes De Alcantarillado Utilizando Tecnologías Sin Zanja está dirigido a estos ocho municipios y busca ayudar a solucionar esta problemática y los efectos que esta conlleva a las comunidades que habitan en los sectores urbanos y rurales de estos municipios. Dentro de este servicio se ofrecen las siguientes alternativas: Limpieza de redes de alcantarillado, Diagnóstico de redes de alcantarillado, Inspección CCTV, Pruebas de estanqueidad y hermeticidad, Diagnóstico rápido de redes (Zoom de alto alcance), Catastro y levantamiento de redes, Dibujo y diseño, Modelación Hidráulica, Colectores principales – CIPP UV, Domiciliarias CIPP – LED, Conexiones laterales – Escudo Epóxido, Reparación puntual UV y Revestimiento de juntas.

CIPP UV

CIPP es el acrónimo de Cured-in-Place Pipe (tubería curada en el lugar). Es un método sin zanja para la rehabilitación de tuberías existentes sin necesidad de excavaciones extensas. El proceso CIPP implica la instalación de una manga impregnada con resina dentro de una tubería existente. Esta manga se cura en

el lugar utilizando aire caliente, vapor o agua, formando una nueva tubería dentro de la antigua. (lamstt, 2018)

Especificaciones

- Reparación estructural de DN150mm a 1500 mm.
- Independientemente del perfil de la tubería (circular, perfil de huevo o tipo box).
- Longitudes de instalación hasta 300 metros.
- Alta resistencia mecánica con módulo de elasticidad de 11,180 N/mm² de larga duración.

Redes Domiciliarias CIPP - LED

Este sistema es un **revestimiento** completo en las **tuberías domiciliarias** desde su interior a partir de la caja de inspección hasta la conexión con la tubería principal. Este revestimiento posee unos milímetros de espesor y aunque la pérdida sea despreciable, se compensa con la capacidad portante de la tubería gracias a la baja rugosidad del tubo reparado. El revestimiento es un tubo nuevo, continuo, sin juntas ni fisuras construido dentro de otro que habrá servido como molde. Está formado por una tubería flexible (llamada manga) que se invierte y se instala en el tubo a reparar. Quedará adherido y endurecido gracias al sistema de resinas epoxicas. (SG Ingeniería en Ductos)

Especificaciones

- Reparación estructural de DN50mm a DN300 mm.
- Perfil circular de la tubería.
- Longitudes de instalación hasta 100 metros.
- Empleamos manga de fieltro poliéster con recubrimiento en poliuretano para ser humectada en sitio con resinas epóxica para curado con vapor o temperatura ambiente.

Reparación puntual (Point Repair)

Este método se utiliza para la **rehabilitación de tuberías** con diámetros de 50mm a 600mm, con presencia de grietas, fracturas, agujeros y la separación de las juntas. La reparación se centra sobre el segmento puntual de la tubería donde se ubica el daño, la longitud del reforzamiento abarca 1.2ml y espesor de 3mm. El tiempo estimado del proceso de instalación y curado es de 2 horas.

Especificaciones

- Aplicación para tuberías de todo tipo de material con diámetros de DN50mm a DN600mm.
- Espesor nominal por reparación de 3mm.
- Longitud del revestimiento de 1,2ml.

Conexiones laterales – Escudo Epóxido

Este método rehabilita la zona de **conexión o vértice de una red domiciliaria** con la red principal, creando un sello hermético que reviste interiormente la red principal y la red domiciliaria. El sistema del sombrero fabricado de fieltro de fibra de vidrio y humectado con resina epóxica para secado con temperatura ambiente, se ha desarrollado para reparar conexiones defectuosas, desplazadas, dañadas, con filtraciones y prevenir el crecimiento de raíces alrededor de la conexión, sin necesidad de excavaciones costosas. Es un sistema complementario en el revestimiento de CIPP de las redes principales para favorecer la estanqueidad de la red en los puntos de conexiones, pero también se puede utilizar en redes de gres, concreto, PVC y otros materiales, donde las conexiones son defectuosas estructuralmente. (SG Ingeniería en Ductos)

Especificaciones

- Sistema aplicable para redes principales con DN200mm a 600mm con conexiones domiciliarias de DN100mm a 300mm.

- La reparación se extiende por dentro de la red domiciliaria en una longitud de 20cm a 50 cm a partir del punto de conexión.
- Espesor nominal por reparación de 3mm con ángulos de 45° a 90°.
- Crean un ala alrededor de la conexión lateral en la línea principal de 10 cm o es posible recubrir toda el área de la línea principal.
- El tiempo estimado del proceso de instalación y curado es de 2 horas.

6.2.2. Impacto tecnológico, social y ambiental.

El servicio de diseño, construcción y rehabilitación de redes de alcantarillado mediante tecnologías sin zanja genera un impacto positivo en los ámbitos tecnológico, social y ambiental. Desde el punto de vista tecnológico, la implementación de técnicas avanzadas como el curado en sitio (CIPP) y los sistemas de curado UV y LED optimiza significativamente los procesos de construcción y rehabilitación, permitiendo extender la vida útil de las redes hasta en 50 años. Estas tecnologías requieren un menor consumo energético y ofrecen una alta durabilidad, posicionándose como una alternativa innovadora frente a los métodos tradicionales.

En el ámbito social, este servicio reduce las interrupciones en la movilidad y garantiza el acceso a viviendas y negocios al evitar excavaciones extensivas. Esto contribuye a preservar la dinámica cotidiana de las comunidades afectadas, mejorando su calidad de vida. Además, al eliminar zanjas abiertas, se disminuyen los riesgos de accidentes, lo que se traduce en una mayor seguridad para peatones y conductores. También se minimizan los problemas asociados al manejo inadecuado de aguas residuales, reduciendo así el riesgo de enfermedades y mejorando el bienestar general de la población.

Desde una perspectiva ambiental, las tecnologías sin zanja minimizan la emisión de dióxido de carbono y la dispersión de polvo, gracias a la reducción del uso de maquinaria pesada y la eliminación de residuos de obra. Asimismo, este enfoque disminuye la contaminación hídrica al rehabilitar tuberías defectuosas que podrían comprometer la calidad de acuíferos y fuentes de agua cercanas. La preservación de la biodiversidad local también es un aspecto destacado, ya que se evitan

prácticas invasivas como la tala de árboles y la alteración de ecosistemas durante las obras.

6.2.3. Potencial innovador.

El proyecto representa una solución innovadora y transformadora en la gestión de redes de alcantarillado, con un alto potencial para redefinir las prácticas tradicionales en el sector. La incorporación de tecnologías avanzadas, como el sistema CIPP-LED para reparaciones domiciliarias y las conexiones laterales con escudo epóxico, introduce metodologías únicas en la región. Estas técnicas no solo son novedosas, sino que también permiten reducir significativamente los tiempos de ejecución, los costos operativos y el impacto sobre la superficie, lo que las convierte en herramientas altamente eficientes.

Además de su eficiencia técnica, el enfoque se destaca por su sostenibilidad. Las tecnologías sin zanja empleadas en este proyecto no solo minimizan la huella ambiental, sino que también promueven un uso más responsable de los recursos naturales, disminuyendo la emisión de gases contaminantes y la generación de residuos. Esto posiciona al servicio como un modelo de gestión sostenible adaptable a diferentes contextos urbanos y rurales.

El potencial innovador del proyecto radica también en su capacidad de transferencia y replicabilidad. La experiencia obtenida en la provincia de Rionegro puede convertirse en un referente para otras regiones con necesidades similares, permitiendo aplicar estas soluciones a mayor escala. Con ello, no solo se responde a las demandas locales, sino que se posiciona al municipio como líder en la adopción de tecnologías avanzadas y sostenibles en el ámbito de la infraestructura urbana.

6.3 Justificaciones del problema a investigar.

6.3.1. Justificación Ambiental

Este proyecto de investigación servirá como un pilar fundamental para la transformación de las prácticas de construcción y rehabilitación de redes de

alcantarillado en Rionegro, Cundinamarca, con un enfoque primordial en la preservación y protección del medio ambiente. La implementación de tecnologías sin zanja beneficiará directamente a los ecosistemas locales, la flora y fauna de la región, así como a los habitantes que dependen de un entorno saludable.

La trascendencia de este estudio radica en su potencial para reducir significativamente el impacto ambiental asociado a las obras de infraestructura urbana. Al minimizar la necesidad de excavaciones extensas, se prevé una notable disminución en la perturbación del suelo, lo que a su vez ayudará a preservar la integridad de los sistemas radiculares de la vegetación urbana y reducirá el riesgo de erosión. Además, la reducción en la emisión de polvo y partículas suspendidas contribuirá a mejorar la calidad del aire local, beneficiando la salud respiratoria de la población.

La utilidad de esta investigación se extiende a la cuantificación precisa de la reducción en la huella de carbono asociada a los proyectos de alcantarillado. Se espera que el uso de tecnologías sin zanja resulte en una disminución significativa en el consumo de combustibles fósiles, tanto por la reducción en el uso de maquinaria pesada como por la menor congestión vehicular causada por obras extensas. Este aspecto es particularmente relevante en el contexto actual de cambio climático y los compromisos de Colombia para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero.

Otro beneficio ambiental crucial es la preservación de los recursos hídricos. Las técnicas sin zanja minimizan el riesgo de contaminar acuíferos y cursos de agua superficiales durante las obras, un aspecto crítico en una región como Rionegro, donde la gestión del agua es fundamental para el desarrollo sostenible.

Esta investigación es conveniente y necesaria porque cubrirá un vacío de conocimiento significativo sobre el impacto ambiental específico de las tecnologías sin zanja en el contexto geográfico y ecológico de Cundinamarca. Los datos y análisis generados servirán como base para la toma de decisiones informadas en

futuros proyectos de infraestructura, no solo en Rionegro sino potencialmente en toda la región andina colombiana con características similares.

Además, el estudio podrá proporcionar métricas concretas sobre la reducción en el uso de materiales de construcción y la generación de residuos, aspectos fundamentales en la transición hacia una economía circular en el sector de la construcción.

6.3.2. Justificación Social

El proyecto de investigación sobre tecnologías sin zanja para redes de alcantarillado en la provincia de Rionegro, Cundinamarca, tiene una profunda relevancia social que se extiende mucho más allá de los aspectos técnicos de la infraestructura urbana. Servirá como un catalizador para mejorar significativamente la calidad de vida de los habitantes de la región, abordando múltiples facetas del bienestar comunitario.

En primer lugar, los principales beneficiarios de esta investigación serán los residentes de Rionegro, desde familias y ancianos hasta niños y personas con movilidad reducida. Los comerciantes locales, cuyas actividades económicas a menudo se ven afectadas por obras públicas prolongadas, también se beneficiarán enormemente. Asimismo, los visitantes y turistas de la zona experimentarán una ciudad más accesible y agradable durante su estancia.

La trascendencia social de este proyecto se manifiesta en varios aspectos clave. Uno de los más significativos es la drástica reducción de las molestias asociadas a las obras de alcantarillado convencionales, la implementación de tecnologías sin zanja minimizará las interrupciones en la vida cotidiana de los ciudadanos, manteniendo la accesibilidad a hogares, negocios y servicios públicos durante los trabajos de construcción y rehabilitación. Esto es particularmente importante para las personas mayores, las familias con niños pequeños y las personas con discapacidades, para quienes la movilidad y el acceso son cuestiones críticas.

La utilidad social se refleja también en la mejora de la seguridad pública. Las técnicas sin zanja reducen significativamente los riesgos asociados a zanjas abiertas, que pueden ser peligrosas para peatones, ciclistas y conductores. Esto no solo disminuye el riesgo de accidentes, sino que también alivia la ansiedad y el estrés que los residentes suelen experimentar durante las obras públicas extensas.

Otro beneficio social sustancial es la preservación del tejido urbano y la estética de la ciudad. A diferencia de los métodos tradicionales que pueden dañar pavimentos, aceras y zonas verdes, las tecnologías sin zanja permiten mantener la integridad visual y funcional de los espacios públicos. Esto contribuye a un sentido de orgullo cívico y apego al lugar entre los residentes, factores cruciales para la cohesión social y el bienestar comunitario.

La investigación también abordará aspectos de equidad social. Al reducir la duración y el alcance de las obras, se minimiza el impacto desproporcionado que las construcciones prolongadas suelen tener en comunidades de bajos ingresos o áreas comerciales pequeñas, que son menos resilientes a las interrupciones prolongadas.

Es conveniente llevar a cabo esta investigación porque permitirá cuantificar y analizar en profundidad estos impactos sociales positivos.

Además, la investigación tiene el potencial de informar y mejorar los procesos de participación ciudadana en la planificación urbana. Al demostrar los beneficios tangibles de las tecnologías sin zanja, se puede fomentar un mayor apoyo público para la modernización de la infraestructura, facilitando la implementación de proyectos futuros.

Por último, este estudio cubrirá un vacío importante en la comprensión de cómo las innovaciones tecnológicas en infraestructura pueden contribuir directamente a la calidad de vida urbana en el contexto específico de ciudades medianas colombianas. Los resultados podrían ser fundamentales para desarrollar políticas públicas más efectivas y centradas en el ciudadano, no solo en Rionegro sino en toda la región.

6.3.3. Justificación Económica

La investigación sobre la implementación de tecnología sin zanja para redes de alcantarillado en Rionegro, Cundinamarca, tiene una justificación económica sustancial y multifacética, este proyecto servirá como un estudio de caso crucial para evaluar la viabilidad económica y la eficiencia de costos de estas tecnologías innovadoras en el contexto específico de una ciudad colombiana en desarrollo.

Los beneficiarios directos desde la perspectiva económica incluyen una amplia gama de actores. En primer lugar, las autoridades locales y regionales, que podrán optimizar la asignación de recursos públicos en proyectos de infraestructura. Las empresas de servicios públicos también se beneficiarán al contar con datos concretos sobre los costos y beneficios de adoptar estas nuevas tecnologías. Los contribuyentes, tanto residenciales como comerciales, podrían ver a largo plazo una reducción en las tarifas de servicios o impuestos destinados a obras públicas. Además, las empresas locales, especialmente las pequeñas y medianas, se beneficiarán de la reducción en las interrupciones comerciales durante las obras.

La trascendencia económica de este estudio es significativa. A corto plazo, se espera que la implementación de tecnologías sin zanja resulte en una reducción sustancial en los costos directos de construcción y rehabilitación de redes de alcantarillado. Esto incluye ahorros en mano de obra, materiales y tiempo de ejecución de proyectos. A largo plazo, la trascendencia se manifiesta en la potencial reducción de costos de mantenimiento y la extensión de la vida útil de la infraestructura, lo que podría resultar en ahorros significativos para el municipio y la región.

La utilidad económica del proyecto se refleja en varios aspectos clave. Primero, la reducción del tiempo de ejecución de obras implica una menor interrupción de las actividades económicas locales. Esto es particularmente crucial para el sector comercial y turístico de Rionegro, donde las obras prolongadas pueden tener un impacto negativo sustancial en los ingresos. Segundo, la disminución de daños colaterales a otras infraestructuras (como calles, aceras, y redes de otros servicios)

durante las obras de alcantarillado representa un ahorro significativo en reparaciones y mantenimiento urbano.

Otro beneficio económico importante es la potencial creación de nuevos empleos y oportunidades de negocio en el sector de tecnologías sin zanja. La investigación podría catalizar la formación de empresas locales especializadas y la capacitación de trabajadores en estas nuevas técnicas, contribuyendo así al desarrollo económico y la diversificación del mercado laboral en Rionegro.

Los estudios existentes a menudo se basan en datos de países desarrollados o grandes metrópolis, que pueden no ser directamente aplicables a la realidad de Rionegro. Esta investigación proporcionará datos contextualizados que serán invaluable para la toma de decisiones económicas informadas en futuros proyectos de infraestructura en la región.

Además, el estudio permitirá desarrollar modelos económicos predictivos más precisos para la planificación de infraestructura urbana. Esto incluirá no solo los costos directos de implementación, sino también los impactos económicos indirectos, como la valorización de propiedades en áreas donde se implementen estas tecnologías, o los ahorros en costos de salud pública debido a la reducción de molestias y riesgos asociados a las obras convencionales.

La investigación también tiene el potencial de informar políticas de incentivos económicos para la adopción de tecnologías sostenibles en el sector de la construcción. Los resultados podrían justificar la creación de programas de apoyo financiero o beneficios fiscales para empresas que adopten estas tecnologías, fomentando así la innovación y la competitividad en el sector.

6.3.4. Justificación Profesional

Como futuro Constructor y Gestor de Arquitectura, este proyecto de investigación sobre tecnologías innovadoras en la rehabilitación de infraestructura de

alcantarillado con tecnologías sin zanja en la provincia de Rionegro, Cundinamarca, representa una oportunidad única para ampliar nuestros horizontes profesionales y mejorar nuestras prácticas en el sector de la construcción. Al optar por estas tecnologías, el profesional muestra un profundo conocimiento en técnicas innovadoras como el CIPP y las inspecciones CCTV, lo cual evidencia su habilidad para implementar soluciones eficientes y modernas.

La gestión eficiente de proyectos de infraestructura urbana es un desafío constante en nuestra profesión. Las técnicas tradicionales, aunque probadas, a menudo conllevan obstáculos significativos en términos de tiempo, costos y logística. Este estudio nos permite explorar metodologías que podrían revolucionar nuestra forma de abordar estos proyectos, especialmente en entornos urbanos densamente poblados.

La implementación de tecnologías avanzadas en la rehabilitación de redes subterráneas nos ofrece la posibilidad de mejorar significativamente la eficiencia en nuestros proyectos. Al reducir la necesidad de excavaciones extensivas, podemos minimizar los riesgos asociados con la alteración de otras infraestructuras existentes, un problema común que frecuentemente causa retrasos y sobrecostos. Además, este enfoque nos permite reevaluar y optimizar nuestros cronogramas de proyecto, la reducción en el tiempo de ejecución no solo beneficia a nuestros clientes y a la comunidad, sino que también nos permite gestionar nuestros recursos de manera más eficiente, potencialmente aumentando nuestra capacidad para asumir más proyectos.

Desde una perspectiva de gestión de riesgos, las tecnologías sin zanja ofrecen ventajas significativas. La reducción de la exposición del personal a los peligros asociados con las excavaciones profundas mejora la seguridad en el sitio de trabajo, un aspecto crucial en nuestra industria.

La adopción de enfoques innovadores en la gestión de infraestructura urbana no solo beneficia a los residentes, sino que también puede tener un impacto positivo en las finanzas municipales. Aunque la inversión inicial en nuevas tecnologías

puede ser considerable, los ahorros a largo plazo en mantenimiento y reparaciones pueden ser sustanciales. Además, al reducir la duración y el alcance de las obras, se minimiza la interrupción de las actividades comerciales locales, contribuyendo a la estabilidad económica de la región.

El proyecto también examina cómo estas nuevas metodologías pueden fomentar el desarrollo de habilidades especializadas en la fuerza laboral local, la introducción de técnicas avanzadas crea oportunidades para que los profesionales de la región adquieran experiencia en tecnologías de vanguardia, potenciando así el perfil técnico y profesional de la provincia de Rionegro y sus alrededores.

La investigación también aborda cómo la implementación de estas nuevas tecnologías puede posicionar a la provincia de Rionegro como un referente en la gestión moderna de infraestructura urbana, al adoptar soluciones innovadoras, la región no solo mejora su capacidad para abordar desafíos actuales, sino que también se prepara para enfrentar las demandas futuras de una población en crecimiento.

En última instancia, este proyecto busca comprender cómo la adopción de enfoques vanguardistas en el mantenimiento de infraestructura crítica puede mejorar la resiliencia urbana, promover la sostenibilidad y elevar la calidad de vida de los ciudadanos. Al examinar estas cuestiones, el estudio pretende proporcionar información valiosa para la toma de decisiones informadas sobre el futuro desarrollo de Rionegro y otras comunidades similares.

6.3.5. Justificación Tecnológica

La incorporación de tecnologías avanzadas como CIPP UV, Redes Domiciliarias CIPP-LED, Reparación Puntual (Point Repair) y Conexiones Laterales con Escudo Epóxido representa un salto cualitativo en la manera de abordar la rehabilitación y construcción de redes de alcantarillado. Estas tecnologías ofrecen soluciones más

eficientes, sostenibles y económicas en comparación con los métodos tradicionales de excavación.

CIPP UV (Cured-In-Place Pipe UV):

Este método utiliza luz ultravioleta para curar el revestimiento interno de las tuberías, proporcionando mayor durabilidad y resistencia. Su implementación permite rehabilitar tuberías en menor tiempo, con menos consumo energético y reducción significativa de las emisiones de carbono.

CIPP-LED para Redes Domiciliarias:

Esta tecnología, adaptada para tuberías de menor diámetro, utiliza luz LED para el curado, facilitando la reparación de redes domiciliarias de forma rápida y con mínima interrupción para los usuarios.

Reparación Puntual (Point Repair):

Ideal para abordar daños localizados, esta técnica permite reforzar tramos específicos de las tuberías sin necesidad de reemplazar segmentos completos, optimizando costos y tiempo de intervención.

Conexiones Laterales con Escudo Epóxico:

Ofrecen una solución para sellar y reforzar las conexiones laterales, mejorando la hermeticidad y la resistencia estructural. Esta técnica reduce las filtraciones y prolonga la vida útil de las redes.

Estas tecnologías no solo modernizan la infraestructura existente, sino que también minimizan el impacto ambiental, mejoran la calidad del servicio y fomentan la sostenibilidad en los municipios intervenidos.

6.3.6. Necesidades que satisface

6.4. Metodología de la investigación.

6.4.1. Alcance

El alcance del proyecto está enfocado en el desarrollo y prestación de un servicio integral de rehabilitación y construcción de redes de alcantarillado que incorpora las siguientes soluciones innovadoras:

Rehabilitación de tuberías con tecnología CIPP UV:

CIPP es el acrónimo de Cured-in-Place Pipe (tubería curada en el lugar). Es un método sin zanja para la rehabilitación de tuberías existentes sin necesidad de excavaciones extensas. El proceso CIPP implica la instalación de una manga impregnada con resina dentro de una tubería existente. Esta manga se cura en el lugar utilizando aire caliente, vapor o agua, formando una nueva tubería dentro de la antigua. (lamstt, 2018)

El revestimiento está confeccionado por un conjunto de capas de tejido de fibra de vidrio de alta calidad y precisión milimétrica, impregnados desde fábrica con resina poliéster, que es fraguado con luz ultravioleta creando una nueva tubería dentro de la existente con propiedades mecánicas superiores y prolongadas, con un reducido consumo energético, equipamiento manejable y tiempos de curado muy cortos. (SG Ingeniería en Ductos)

Especificaciones

- Reparación estructural de DN150mm a 1500 mm.
- Independientemente del perfil de la tubería (circular, perfil de huevo o tipo box).
- Longitudes de instalación hasta 300 metros.
- Alta resistencia mecánica con módulo de elasticidad de 11,180 N/mm² de larga duración.

Implementación de CIPP-LED para redes domiciliarias:

Este sistema es un **revestimiento** completo en las **tuberías domiciliarias** desde su interior a partir de la caja de inspección hasta la conexión con la tubería principal. Este revestimiento posee unos milímetros de espesor y aunque la pérdida sea despreciable, se compensa con la capacidad portante de la tubería gracias a la baja rugosidad del tubo reparado. El revestimiento es un tubo nuevo, continuo, sin juntas ni fisuras construido dentro de otro que habrá servido como molde. Está formado por una tubería flexible (llamada manga) que se invierte y se instala en el tubo a reparar. Quedará adherido y endurecido gracias al sistema de resinas epoxicas. (SG Ingeniería en Ductos)

Especificaciones

- Reparación estructural de DN50mm a DN300 mm.
- Perfil circular de la tubería.
- Longitudes de instalación hasta 100 metros.
- Empleamos manga de fieltro poliéster con recubrimiento en poliuretano para ser humectada en sitio con resinas epóxica para curado con vapor o temperatura ambiente.

Reparación Puntual (Point Repair):

Este método se utiliza para la **rehabilitación de tuberías** con diámetros de 50mm a 600mm, con presencia de grietas, fracturas, agujeros y la separación de las juntas. La reparación se centra sobre el segmento puntual de la tubería donde se ubica el daño, la longitud del reforzamiento abarca 1.2ml y espesor de 3mm. El tiempo estimado del proceso de instalación y curado es de 2 horas.

Se emplea un paño flexible de poliéster con fibra de vidrio y resinas epóxica 100% para sólidos. Es un procedimiento simple, eficaz, sin interrumpir el flujo de aguas y

no requiere trabajos de excavación, es posible realizar intervenciones en tiempos breves, con notable reducción de costos. Esta tecnología encuentra su mejor aplicación en tuberías en buen estado general de conservación que poseen uno o pocos daños estructurales parciales. (SG Ingeniería en Ductos)

Especificaciones

- Aplicación para tuberías de todo tipo de material con diámetros de DN50mm a DN600mm.
- Espesor nominal por reparación de 3mm.
- Longitud del revestimiento de 1,2ml.

Conexiones laterales con escudo epóxido:

Este método rehabilita la zona de conexión o vértice de una red domiciliaria con la red principal, creando un sello hermético que reviste interiormente la red principal y la red domiciliaria. El sistema del sombrero fabricado de fieltro de fibra de vidrio y humectado con resina epóxica para secado con temperatura ambiente, se ha desarrollado para reparar conexiones defectuosas, desplazadas, dañadas, con filtraciones y prevenir el crecimiento de raíces alrededor de la conexión, sin necesidad de excavaciones costosas. Es un sistema complementario en el revestimiento de CIPP de las redes principales para favorecer la estanqueidad de la red en los puntos de conexiones, pero también se puede utilizar en redes de gres, concreto, PVC y otros materiales, donde las conexiones son defectuosas estructuralmente. (SG Ingeniería en Ductos)

Especificaciones

- Sistema aplicable para redes principales con DN200mm a 600mm con conexiones domiciliarias de DN100mm a 300mm.

- La reparación se extiende por dentro de la red domiciliaria en una longitud de 20cm a 50 cm a partir del punto de conexión.
 - Espesor nominal por reparación de 3mm con ángulos de 45° a 90°.
 - Crean un ala alrededor de la conexión lateral en la línea principal de 10 cm o es posible recubrir toda el área de la línea principal.
 - El tiempo estimado del proceso de instalación y curado es de 2 horas.
- Técnicas e instrumentos





















6.4.2. Cronograma de la investigación

El cronograma del proyecto establece un plan detallado de actividades distribuidas en fases, garantizando el cumplimiento de los objetivos dentro de los plazos establecidos. Este plan contempla las siguientes etapas:

Tabla 1: Cronograma Investigación

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y REHABILITACION DE REDES DE ALCANTARILLADO CON TECNOLOGIAS SIN ZANJA									
Actividad	Duración (semanas)	ago-24	sept-24	oct-24	nov-24	feb-25	mar-25	abr-25	may-25
Definición y Análisis del Problema	4	■							
Árbol de Problemas	2	■							
Árbol de Objetivos	1	■							
Análisis FODA	1	■							
Estudio de necesidades del proyecto	2	■							
Fase de Conceptualización	6		■						
Justificación del Proyecto	1		■						

Marco Teórico	2								
Marco Histórico	1								
Marco Normativo y Regulaciones	1								
Análisis Ambiental	1								
Análisis Sociocultural	1								
Planeación del Proyecto	4								
Diseño de Línea de Tiempo General	1								
Gestión de Recursos	1								
Plan de Comunicación y Participación Ciudadana	1								
Factibilidad Técnica y Económica	1								
Fase de Diseño	4								
Diseño Preliminar del Sistema	2								
Selección de Tecnologías sin Zanjas	1								
Evaluación de Riesgos	1								
Plan de Contingencias	1								
Presentación de Diseño	1								
Aprobaciones y Permisos	4								
Tramitación de Permisos	2								

Obtención de Permisos Ambientales	2									
Ejecución y Construcción	6									
Adquisición de Materiales y Equipos	1									
Capacitación del Personal	1									
Ejecución de Obras	4									
Monitoreo y Evaluación	3									
Control de Calidad	1									
Evaluación de Impacto Ambiental y Social	1									
Cierre del Proyecto	2									
Informe Final	1									
Entrega y Puesta en Marcha	1									
Divulgación de Resultados	2									
Publicación de Resultados	1									
Presentación de Ponencias Finales	1									

Fuente: Elaboración propia Jorge Cortes y Néstor castillo, 2024.

6.4.3. Procedimientos

Para el desarrollo del presente estudio se implementaron procedimientos estructurados que permitieron recopilar y analizar información clave sobre el estado de las redes de alcantarillado en los municipios seleccionados. Inicialmente, se realizó una recolección de información secundaria proveniente de fuentes institucionales como el DNP, la CRA, la CAR y los PSMV municipales, lo que permitió establecer un diagnóstico preliminar. Posteriormente, se llevó a cabo un trabajo de campo en las zonas urbanas de cada municipio con el fin de observar las condiciones reales de las redes, realizar inspecciones visuales y validar datos técnicos. Finalmente, se desarrolló un proceso de análisis de la información recopilada, cruzando datos primarios y secundarios para identificar problemáticas, priorizar áreas de intervención y estructurar propuestas de mejora con base en evidencia técnica y territorial.

6.4.4. Población y muestra o Ensayos o Encuesta o Entrevistas.

La población objetivo del estudio está compuesta por funcionarios municipales responsables del manejo de los sistemas de alcantarillado, operarios técnicos, líderes comunitarios y habitantes de los sectores intervenidos. A partir de esta población, se definió una muestra intencionada que permitió aplicar instrumentos de recolección de información cualitativa. En particular, se diseñaron entrevistas semiestructuradas dirigidas a los responsables técnicos de las empresas prestadoras del servicio, así como a funcionarios de planeación e infraestructura de cada municipio. Las entrevistas se diseñaron con base en un guion orientado a identificar el estado actual de las redes, las necesidades de intervención y las percepciones sobre tecnologías sin zanja, asegurando así una comprensión integral del contexto operativo y social.

En un proyecto de rehabilitación de redes de acueducto con tecnologías sin zanja, específicamente con el método *CIPP* (Cured-In-Place Pipe), se deben realizar diversos ensayos para garantizar la calidad, seguridad y eficiencia del proceso. Aquí se presentan algunos de los más importantes:

Ensayo de caracterización del material

- Pruebas de resistencia mecánica y flexibilidad del revestimiento.
- Determinación de propiedades físicas y químicas de la resina utilizada.

Ensayo de espesor y curado del revestimiento

- Verificación del espesor del revestimiento una vez instalado y curado.
- Evaluación del proceso de curado (térmico o mediante luz ultravioleta) para asegurar que la resina haya alcanzado su resistencia óptima.

Ensayo de estanqueidad

- Prueba de hermeticidad para garantizar que no haya fugas después de la rehabilitación.
- Aplicación de presión en la tubería y monitoreo de posibles pérdidas.

Ensayo de resistencia a la abrasión y agentes químicos

- Simulación de condiciones operativas extremas para determinar la resistencia del revestimiento ante el agua potable y productos químicos presentes.

Ensayo de carga hidráulica

- Pruebas de flujo y presión para verificar que la tubería rehabilitada funcione correctamente dentro del sistema de acueducto.

Inspección CCTV post-rehabilitación

- Uso de cámaras para verificar la integridad del revestimiento y detectar posibles defectos o anomalías.

Ensayo de tracción y flexión

- Evaluación de la capacidad estructural del revestimiento en condiciones de carga y deformación.

6.4.5. Técnicas e instrumentos

La principal técnica utilizada para la recolección de información fue la entrevista semiestructurada, implementada como instrumento cualitativo clave para obtener información detallada y contextualizada. Este instrumento fue diseñado con preguntas abiertas agrupadas por categorías temáticas: diagnóstico técnico, mantenimiento, percepción comunitaria, uso de nuevas tecnologías y prioridades de inversión. Las entrevistas fueron aplicadas de manera presencial y, en algunos casos, virtual, garantizando confidencialidad y una guía de conversación flexible para fomentar respuestas amplias y profundas. Este enfoque permitió identificar

tanto aspectos técnicos como administrativos, fortaleciendo la fase de análisis del estudio.

6.5. Antecedente del problema a investigar

La Provincia de Rionegro, Cundinamarca, conformada por sus ocho municipios (Pacho, La Palma, Yacopí, El Peñón, Paima, San Cayetano, Topaipí y Villagómez), ha experimentado en las últimas décadas un deterioro progresivo de sus redes de alcantarillado, algunas con más de 40 años de antigüedad. Según el diagnóstico realizado por la Empresa de Servicios Públicos de Cundinamarca en 2019, aproximadamente el 65% de las redes de alcantarillado en la región presentan problemas estructurales significativos, incluyendo fisuras, infiltraciones y colapsos parciales (Empresas Públicas de Cundinamarca, 2020). Esta situación se ha visto agravada por el impacto de las temporadas de lluvias intensas, que han acelerado el deterioro de la infraestructura sanitaria existente, como lo documentó el estudio de vulnerabilidad hidráulica realizado por la CAR Cundinamarca (2018).

Las intervenciones tradicionales con zanja abierta han resultado especialmente problemáticas en municipios como Pacho y La Palma, donde la topografía accidentada y la densidad urbana dificultan las obras convencionales, generando sobrecostos que oscilan entre el 30% y 45% respecto a los presupuestos iniciales (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2021). Esta realidad ha motivado la búsqueda de alternativas más eficientes y menos invasivas para la rehabilitación de las redes de alcantarillado en la región.

6.6. Estado del Arte del problema a investigar

El desarrollo de las tecnologías sin zanja, específicamente el CIPP (Cured-In-Place Pipe), ha experimentado avances significativos en la última década, consolidándose como una de las soluciones más eficientes para la rehabilitación de redes de alcantarillado. La evolución más reciente de esta tecnología se centra en tres

aspectos fundamentales: materiales compuestos, métodos de curado y sistemas de monitoreo.

En el campo de los materiales compuestos, la introducción de resinas epóxicas de última generación con nano-partículas ha mejorado significativamente la resistencia mecánica y la durabilidad de los revestimientos. Según Matthews et al. (2023), publicado en el Journal of Trenchless Technology, estas nuevas formulaciones han demostrado un incremento del 40% en la resistencia a la abrasión y una reducción del 25% en el tiempo de curado comparado con las resinas convencionales.

Los métodos de curado han evolucionado hacia sistemas híbridos que combinan luz UV y vapor. La investigación desarrollada por Schmidt & Wang (2022) en la Universidad Técnica de Berlín demostró que esta combinación optimiza el proceso de polimerización, reduciendo el tiempo de instalación en un 35% y mejorando la uniformidad del curado, especialmente en diámetros grandes (superiores a 1000mm).

El monitoreo en tiempo real durante la instalación ha alcanzado nuevos niveles de precisión con la implementación de sensores de fibra óptica distribuida (DFOS). De acuerdo con el estudio de Yasuda et al. (2024), publicado en el Construction and Building Materials Journal, estos sistemas permiten detectar variaciones de temperatura con una precisión de $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ y deformaciones del orden de 1 micra, garantizando un control de calidad superior durante el proceso de curado.

Una innovación particularmente relevante es el desarrollo de liners "inteligentes" con capacidad de auto-diagnóstico. Thompson & García (2023) presentaron en la conferencia No-Dig 2023 un sistema que incorpora sensores embebidos que permiten monitorear el estado estructural del liner durante toda su vida útil, facilitando el mantenimiento predictivo.

En el aspecto ambiental, Lee & Kim (2024) documentaron el desarrollo de resinas eco-sostenibles derivadas parcialmente de materiales reciclados, que mantienen las propiedades mecánicas requeridas mientras reducen la huella de carbono del proceso en aproximadamente un 30%.

La tecnología CIPP también ha experimentado mejoras en términos de adaptabilidad a condiciones extremas. Los trabajos de Roberts et al. (2023) han permitido el desarrollo de formulaciones especiales para temperaturas ambiente superiores a 40°C, un avance particularmente relevante para regiones tropicales y ecuatoriales.

6.7. Marcos contextual o referencial

6.7.1. Marco Teórico

Tecnología sin zanja

Definición y principios

La tecnología sin zanja se refiere a un conjunto de métodos y técnicas para instalar, reemplazar o reparar tuberías subterráneas con mínima excavación superficial.

Según Najafi (2016), las tecnologías sin zanja son métodos innovadores para la construcción, reemplazo y rehabilitación de infraestructura subterránea con mínima perturbación superficial y excavación.

Los principios fundamentales de esta tecnología, como señala Ariaratnam et al. (2014), incluyen:

- Minimización de la perturbación superficial
- Reducción del impacto ambiental
- Mejora de la seguridad laboral
- Optimización de costos a largo plazo

Ventajas sobre métodos tradicionales

Menor impacto ambiental: Kramer et al. (2020) encontraron que los métodos sin zanja pueden reducir las emisiones de CO₂ hasta en un 90% en comparación con los métodos de zanja abierta tradicionales.

Menor perturbación social: Según un estudio de Matthews et al. (2015), los proyectos sin zanja pueden reducir las interrupciones del tráfico y las actividades comerciales hasta en un 75% en comparación con los métodos convencionales.

Costos reducidos: La North American Society for Trenchless Technology (2018) reporta que los proyectos sin zanja pueden resultar hasta un 30% más económicos que los métodos de zanja abierta, especialmente en áreas urbanas densas.

Mayor seguridad: Salzman et al. (2017) señalan que "la tasa de accidentes en proyectos sin zanja es aproximadamente un 40% menor que en proyectos de excavación tradicional"

Menor tiempo de ejecución: Un informe de la Water Research Foundation (2019) indica que los métodos sin zanja pueden reducir el tiempo de ejecución del proyecto hasta en un 50% en comparación con los métodos tradicionales.

Flexibilidad: Cheng et al. (2021) destacan que las tecnologías sin zanja ofrecen soluciones adaptables para una amplia gama de condiciones del suelo y entornos urbanos complejos.

Tipos de técnicas sin zanja aplicables a alcantarillado

Perforación horizontal dirigida (HDD):

Utilizada para la instalación de nuevas tuberías. Willoughby (2020) explica que la HDD permite la instalación precisa de tuberías bajo obstáculos como ríos o carreteras, con mínimo impacto superficial.

Pipe bursting:

Para reemplazar tuberías existentes. Según Simicevic y Sterling (2018), el pipe bursting puede aumentar la capacidad del sistema al permitir la instalación de tuberías de mayor diámetro en el mismo trazado.

Relining:

Para rehabilitar tuberías existentes. De acuerdo con Kuliczowska (2016), las técnicas de relining pueden extender la vida útil de las tuberías existentes por 50 años o más, a una fracción del costo de reemplazo.

Microtunelación:

Para la instalación de tuberías de gran diámetro. Peila (2019) señala que "la microtunelación es especialmente eficaz para la instalación de colectores principales en áreas urbanas densas"

CIPP (Cured-In-Place Pipe):

Para reparar tuberías dañadas. Matthews (2018) indica que el CIPP puede restaurar la integridad estructural de las tuberías sin necesidad de excavación, siendo ideal para áreas de difícil acceso.

Inspección con CCTV:

Para evaluar el estado de las tuberías. Según un informe de la EPA (2020), las inspecciones con CCTV pueden detectar hasta un 95% de los defectos en tuberías de alcantarillado, permitiendo una planificación precisa de las intervenciones necesarias.

Adaptaciones para tecnología sin zanja

El diseño de redes de alcantarillado para tecnología sin zanja requiere consideraciones especiales. Kramer et al. (2002) enfatizan la importancia de seleccionar materiales de tubería compatibles con métodos sin zanja, como PEAD, PVC y GRP. También es crucial diseñar pozos de acceso y lanzamiento adecuados para equipos sin zanja, considerar los radios de curvatura mínimos para métodos de perforación dirigida, y evaluar cuidadosamente las cargas y esfuerzos durante la instalación sin zanja.

Construcción con tecnología sin zanja

Métodos de instalación

La construcción de redes de alcantarillado mediante tecnología sin zanja ofrece diversos métodos de instalación. Ariaratnam y Sihabuddin (2009) describen los más comunes, incluyendo la Perforación Horizontal Dirigida (HDD), ideal para instalaciones de larga distancia y cruce de obstáculos; los microtúneles, adecuados para tuberías de gran diámetro en suelos inestables; el pipe jacking, útil para

instalaciones de tuberías de concreto de gran diámetro; y el pipe bursting, efectivo para reemplazar tuberías existentes sin aumentar significativamente el diámetro. La elección del método depende de factores como el diámetro de la tubería, la longitud del tramo, las condiciones del suelo y las limitaciones de superficie.

Equipos y materiales utilizados

La implementación de tecnología sin zanja requiere equipos especializados. Najafi y Gokhale (2005) mencionan como esenciales los sistemas de perforación direccional, equipos de localización y guía, sistemas de mezcla y reciclaje de lodos de perforación, máquinas de microtúneles y equipos de pipe bursting. En cuanto a materiales, las tuberías deben ser capaces de soportar las fuerzas de instalación.

Los materiales más comunes incluyen Polietileno de Alta Densidad (PEAD), Policloruro de Vinilo (PVC), Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (GRP) y Hierro Dúctil.

Consideraciones de seguridad y medioambiente

La construcción sin zanja presenta ventajas significativas en términos de seguridad y protección ambiental. Ma y Najafi (2008) destacan la reducción de riesgos laborales al minimizar las excavaciones a cielo abierto, la disminución de la contaminación acústica y del aire, la menor perturbación del tráfico y las actividades comerciales, y la reducción de daños a infraestructuras adyacentes y ecosistemas urbanos.

Sin embargo, es fundamental implementar medidas de seguridad específicas, como el monitoreo constante de gases en espacios confinados, el uso de equipos de protección personal adecuados y la implementación de planes de emergencia y evacuación. Además, se deben considerar prácticas ambientales como el manejo adecuado de lodos de perforación y la prevención de contaminación de aguas subterráneas para garantizar una construcción sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

6.7.2. Marco Histórico

Orígenes y Primeros Avances (Década de 1970 - 1980)

Década de 1970: Introducción del CIPP

Desarrollo del Método: El método de Curado In Place Pipe (CIPP) fue desarrollado por el ingeniero estadounidense David D. Hastings. Consiste en introducir una manga impregnada de resina en la tubería existente y curarla mediante calor o luz ultravioleta, creando una nueva tubería interna sin necesidad de excavar.

Impacto Inicial: Esta tecnología inicialmente se aplicó principalmente en tuberías de alcantarillado y drenaje, proporcionando una solución rápida y efectiva para tuberías que estaban gravemente deterioradas sin afectar el tráfico o el entorno urbano.

Década de 1980: Desarrollo de Métodos de Reemplazo y Reparación

Tubería de Reemplazo por Empuje: La tecnología de empuje de tuberías se desarrolló para reemplazar tuberías antiguas en áreas congestionadas. Consiste en empujar una nueva tubería a través de la tubería existente, que es desplazada hacia el suelo circundante.

Revestimiento de Tuberías: Se consolidaron los métodos de revestimiento de tuberías con manga de resina, utilizando resinas epóxicas y otros materiales compuestos para mejorar la resistencia y durabilidad de las tuberías reparadas.

Consolidación y Expansión (Década de 1990 - 2000)

Década de 1990: Expansión de Técnicas de Microtúneles y HDD

Microtúneles: La tecnología de microtúneles permite la perforación de túneles pequeños con alta precisión, ideal para instalar tuberías en áreas urbanas densamente pobladas sin causar grandes disturbios.

Perforación Horizontal Dirigida (HDD): La HDD se convirtió en una técnica preferida para la instalación de tuberías en terrenos difíciles. Utiliza una máquina de

perforación que hace un túnel a lo largo de una trayectoria predefinida, permitiendo la inserción de tuberías sin necesidad de excavación extensiva en la superficie.

La Perforación Horizontal Dirigida PHD (HDD, de su acrónimo en inglés Horizontal Directional Drilling) para colocar nuevas tuberías sin zanja surgió de la fusión de las tecnologías empleadas en la captación de agua y del petróleo. Resulta sorprendente descubrir que Leonardo da Vinci inventó, en el siglo XV, la primera máquina de perforación horizontal que servía para introducir tuberías de madera. La primera instalación con PHD se realizó en 1971 con una tubería de acero de 180 mm para cruzar el río Pájaro cerca de Watsonville, California. Hoy es una técnica que se ha generalizado para franquear obstáculos como ríos, carreteras y zonas complicadas de atravesar mediante una excavación convencional. También se utiliza en las obras municipales para las conducciones de agua potable, gas natural, fibra óptica, cableados eléctricos, alcantarillado y similares cuando hay que cruzar edificios o calles.

Década de 2000: Innovaciones en Materiales y Técnicas de Curado

Avances en CIPP: Mejoras en los materiales de resina, como el uso de resinas termofijas y sistemas de curado ultravioleta (UV), aumentaron la resistencia y la vida útil de las tuberías reparadas.

Aplicaciones en Agua Potable: La expansión del uso del CIPP para tuberías de agua potable significó un gran avance en la rehabilitación de infraestructuras críticas, cumpliendo con las normas sanitarias y de calidad del agua.

Avances Recientes y Tecnologías Emergentes (Década de 2010 - 2020)

Década de 2010: Incorporación de Tecnologías Digitales y Automatización

Inspección con Drones: El uso de drones equipados con cámaras y sensores avanzados permite la inspección visual y térmica de tuberías de difícil acceso, proporcionando datos en tiempo real para evaluar el estado de las infraestructuras.

Inteligencia Artificial (IA): La IA y el análisis de datos se utilizan para predecir fallos

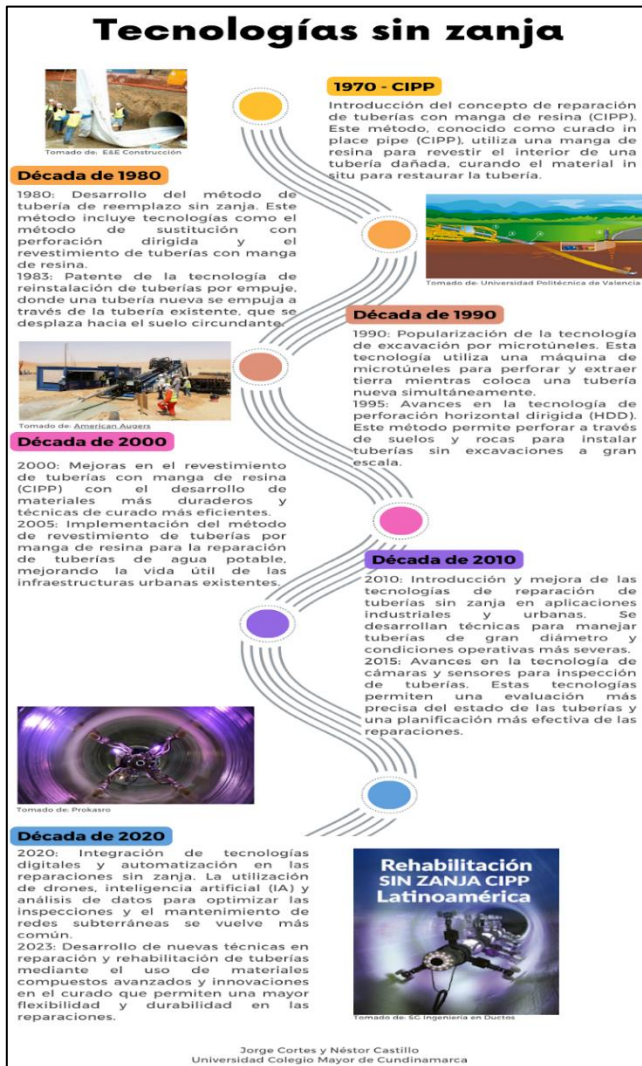
en las tuberías y optimizar los programas de mantenimiento preventivo, reduciendo la necesidad de reparaciones de emergencia y mejorando la planificación.

Década de 2020: Nuevas Técnicas y Materiales Compuestos

Materiales Compuestos Avanzados: Se han desarrollado nuevos materiales compuestos, como los basados en fibra de carbono y aramid, que ofrecen mayor resistencia a la corrosión y mejor rendimiento en condiciones extremas.

Innovaciones en el Curado: Las nuevas técnicas de curado, como el uso de rayos UV de alta intensidad y sistemas de curado a temperatura ambiente, han permitido una mayor flexibilidad y rapidez en la aplicación de los métodos sin zanja.

Figura 10: Línea de Tiempo.



Fuente: Elaboración propia Jorge Cortes y Néstor Castillo, 2024.

6.7.3. Marco Normativo

Este marco normativo se aplica a los 8 municipios de la Provincia de Rionegro: Pacho, La Palma, Yacopí, El Peñón, Paimé, Topaipí, Villagómez y San Cayetano.

Resolución 0330 de 2017 - Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS)

Esta resolución establece los requisitos técnicos que deben cumplir las obras, equipos y procedimientos que utilicen las empresas de servicios públicos del sector de agua potable y saneamiento básico (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017). porque:

- Define los parámetros de diseño para sistemas de alcantarillado.
- Establece criterios para la selección de materiales y tecnologías.
- Incluye consideraciones para la implementación de tecnologías sin zanja.
- Proporciona lineamientos para la rehabilitación de redes existentes.

Norma Técnica Colombiana NTC 1500 - Código Colombiano de Fontanería

Aunque se enfoca principalmente en instalaciones internas, esta norma es relevante porque establece los requisitos mínimos para garantizar el funcionamiento correcto de los sistemas de abastecimiento de agua potable y sistemas de desagüe (ICONTEC, 2004). Además:

- Proporciona especificaciones técnicas para la conexión entre las redes internas y las redes públicas de alcantarillado.
- Incluye consideraciones sobre materiales y métodos de instalación que pueden ser aplicables a tecnologías sin zanja.

Ley 142 de 1994 - Régimen de los Servicios Públicos Domiciliarios

Esta ley es fundamental porque define el régimen jurídico de las empresas de servicios públicos y establece los derechos y deberes de los usuarios (Congreso de Colombia, 1994). Además:

- Regula la intervención del Estado en los servicios públicos.
- Proporciona el marco para la gestión y operación de los sistemas de alcantarillado.

Decreto 1077 de 2015 - Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio

Este decreto compila y racionaliza las normas de carácter reglamentario que rigen el sector (Presidencia de la República de Colombia, 2015). Es relevante porque:

- Incluye disposiciones sobre ordenamiento territorial que pueden afectar el diseño y construcción de redes de alcantarillado.
- Establece normas sobre la prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado.
- Proporciona lineamientos para la planeación urbana que deben ser considerados en el diseño de infraestructura de saneamiento.

Resolución 1096 de 2000 - Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS-2000)

Aunque ha sido parcialmente reemplazada por la Resolución 0330 de 2017, esta resolución aún contiene información valiosa (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000):

- Proporciona detalles técnicos específicos para el diseño de sistemas de alcantarillado.
- Incluye métodos de cálculo y dimensionamiento de redes.
- Ofrece guías para la selección de materiales y tecnologías.

Norma Técnica Colombiana NTC 3721 - Métodos para rehabilitación de tuberías sin zanja

Esta norma es especialmente relevante para el proyecto de tecnologías sin zanja (ICONTEC, 2019):

- Describe los métodos aceptados para la rehabilitación de tuberías sin excavación.

- Establece los requisitos de calidad para los materiales utilizados en estas tecnologías.
- Proporciona guías para la selección del método más adecuado según las condiciones específicas.
- Incluye consideraciones sobre seguridad y gestión ambiental en los proyectos de rehabilitación.

Planes de Ordenamiento Territorial (POT) o Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT) de los municipios de la Provincia de Rionegro

Estos documentos son cruciales porque definen la zonificación y usos del suelo en cada municipio (Alcaldías Municipales de la Provincia de Rionegro, s.f.). Además:

- Establecen las áreas de expansión urbana y las zonas de protección ambiental.
- Incluyen planes maestros de acueducto y alcantarillado que deben ser considerados en el diseño de nuevas redes.
- Pueden contener especificaciones locales para la implementación de infraestructura de saneamiento.

Plan de Desarrollo de Cundinamarca

Este plan es importante porque establece las prioridades de desarrollo para el departamento, incluyendo objetivos relacionados con el saneamiento básico (Gobernación de Cundinamarca, s.f.). Además:

- Puede incluir programas y proyectos específicos para la mejora de la infraestructura de alcantarillado en la Provincia de Rionegro.

- Proporciona el marco para la asignación de recursos y la coordinación entre los diferentes niveles de gobierno.

Reglamento Técnico de Agua y Saneamiento (RAS) - Título D: Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Pluviales

Este título del RAS es particularmente relevante porque proporciona los criterios y recomendaciones para el diseño, construcción y mantenimiento de los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y pluviales (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2016). Además:

- Incluye consideraciones sobre tecnologías alternativas y sostenibles.
- Ofrece guías para la rehabilitación y reposición de redes existentes.

Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico

Esta política es relevante porque establece los objetivos, estrategias y líneas de acción para el manejo del agua en el país (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010). Además:

- Incluye consideraciones sobre el tratamiento y disposición de aguas residuales.
- Promueve la implementación de tecnologías sostenibles en el sector de saneamiento.
- Proporciona el marco para la articulación entre la gestión del recurso hídrico y los sistemas de alcantarillado.

6.7.3. Marco Ambiental

El presente marco teórico ambiental fundamenta el proyecto de Diseño, Construcción y Rehabilitación de Redes de Alcantarillado con Tecnologías sin Zanja en la Provincia de Rionegro, Cundinamarca. Este enfoque innovador se basa en principios de sostenibilidad y minimización del impacto ambiental, alineándose con las tendencias globales en infraestructura urbana sostenible.

Reducción de Emisiones de CO2 y Material Particulado

Las tecnologías sin zanja contribuyen significativamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y material particulado. Según un estudio realizado por Ariaratnam et al. (2013), los métodos sin zanja pueden reducir las emisiones de CO2 hasta en un 90% en comparación con los métodos tradicionales de excavación abierta.

Las tecnologías sin zanja no solo reducen las emisiones directas de la maquinaria de construcción, sino también las asociadas con la congestión del tráfico causada por las obras.

Las obras urbanas al aire libre suelen generar nubes de polvo que contaminan el aire con material particulado, el cual representa un grave riesgo para la salud, provocando problemas como bronquitis, catarros, asma e incluso cáncer. Además, los camiones de carga dejan restos de tierra en las calles, y a menudo se talan árboles para hacer espacio para nuevas tuberías, lo que también ocasiona ruidos molestos para los habitantes.

Las técnicas de construcción sin zanja para el mantenimiento de tuberías de servicios públicos eliminan por completo la contaminación del aire causada por el polvo, ya que no se requieren excavaciones. En lugar de eso, las tuberías se rehabilitan o reparan desde el interior del tubo existente, mediante la instalación de un nuevo tubo, su recubrimiento o forrado con resina o concreto. Esto puede extender su vida útil en hasta 50 años.

Para cambiar tuberías dañadas o instalar nuevas, solo se realiza una pequeña excavación para introducir el equipo que excava o rompe por debajo de la superficie. Este método subterráneo permite extraer el material húmedo, evitando la resuspensión de polvo en las calles durante el transporte. Además, se requieren muchos menos viajes de camiones, lo que reduce la contaminación por dióxido de carbono. Al realizar las obras bajo tierra, no es necesario talar árboles, ya que se puede trabajar por debajo de ellos. (Lamstt, 2019).

Mitigación de la Contaminación Acústica

La implementación de tecnologías sin zanja resulta en una disminución notable del ruido asociado a las obras de infraestructura. Un estudio comparativo realizado por Matthews et al. (2015) demostró que los niveles de ruido en proyectos sin zanja son, en promedio, 10-15 dB más bajos que en los proyectos convencionales.

Conservación de Recursos Naturales

Las tecnologías sin zanja reducen sustancialmente la necesidad de materiales de relleno provenientes de canteras. Un informe de la North American Society for Trenchless Technology (NASTT, 2019) estima que los proyectos sin zanja pueden reducir el uso de materiales de relleno hasta en un 70% en comparación con los métodos tradicionales.

Un ejemplo de implementación de esta tecnología se dio en la modernización de las redes de acueducto y alcantarillado del centro de la ciudad de Medellín. Con el proyecto Centro Parrilla, EPM utilizó tecnologías avanzadas dentro de la metodología de “sin zanja”, en el 70% de las obras, conocidas con los nombres de: tubería curada en sitio o C.I.P.P. (*Cured in Place Pipe*), revestimiento ajustado (*Close Fit Lining*), Perforación Horizontal Dirigida (PHD), fraccionamiento de tubería (*Pipe Bursting*) e hincado de tubería (*Pipe Jacking*). (BIBO,2019)

Algunos de los beneficios que se demostraron en este proyecto fueron los siguientes:

- Reducción del ruido, el polvo y las afectaciones a la movilidad.
- Se pudieron realizar obras en gran profundidad, que no serían posibles con métodos tradicionales.
- Preservación de casi la totalidad de los árboles de la zona, que se hubieran tenido que talar o trasplantar con otros procedimientos.
- Con estas obras, se realiza una gran contribución al saneamiento del río Medellín, pues las aguas residuales de la zona centro ya no caen a las

quebradas, sino que se llevan a la nueva planta de tratamiento Aguas Claras en Bello.

Protección de Recursos Hídricos

En Colombia, existen notables diferencias entre la cantidad de agua potable producida por las plantas de tratamiento y la cantidad que realmente se factura a los usuarios. En algunas ciudades, las pérdidas de agua pueden alcanzar hasta el 67%, mientras que el promedio nacional se sitúa alrededor del 30%. Estas pérdidas representan un sobre costo para los consumidores.

Diversas causas contribuyen a estas pérdidas, pero en esta ocasión se enfocará en las fugas, que son responsabilidad de los departamentos de mantenimiento de las empresas de acueducto. Cuando las tuberías de agua presentan porosidades, fracturas, huecos, agrietamientos o conexiones defectuosas, no solo se pierde agua, sino que también se permite la entrada de microorganismos que comprometen la calidad del agua.

Las soluciones que ofrecen las tecnologías sin zanja permiten detectar estas fugas incluso antes de que sean visibles en la superficie. Existen métodos y equipos de alta precisión para inspeccionar y monitorear las tuberías, lo que ayuda a prevenir y localizar fugas. Algunos de estos métodos utilizan fibra óptica acústica o dispositivos llamados "bolas inteligentes", que contienen electrónica que recopila datos sobre el estado de la tubería a medida que se desplazan por su interior. Otros equipos proporcionan secuencias de video en tiempo real y mapas de las tuberías.

Una vez que se identifica una fuga o el desgaste de una tubería debido al envejecimiento, se pueden aplicar tecnologías sin zanja para repararla, reemplazarla o instalar una nueva. Esto contribuye a preservar la calidad del agua y a reducir las pérdidas, evitando costos adicionales para los usuarios en sus facturas. (Lamstt, 2019).

6.7.4. Marco Productivo

Impacto en la Movilidad

La implementación de tecnologías sin zanja permite realizar obras subterráneas que requieren un espacio mínimo en la superficie. Esto resulta en una menor alteración del tráfico y la movilidad en las ciudades, facilitando el flujo de vehículos y peatones. La congestión vehicular, comúnmente asociada con obras de construcción tradicionales, se reduce significativamente, lo que contribuye a una circulación más eficiente y a la disminución de tiempos de traslado.

En Colombia, la instalación de tuberías para acueducto, alcantarillado, gas, energía, telefonía, internet o televisión por cable a menudo implica la ruptura de las vías, lo que genera múltiples inconvenientes. Esta práctica no solo puede resultar peligrosa, causando accidentes y, en algunos casos, la muerte de trabajadores y transeúntes, sino que también afecta la movilidad urbana al cerrar accesos a garajes de viviendas y negocios (Quintero-González, J.-R, 2017).

Una alternativa efectiva a este problema es la tecnología de reparación sin zanja. Esta técnica permite arreglar tuberías dañadas mediante el forrado interno, evitando la necesidad de reemplazarlas por completo cuando el daño es leve, como en casos de fugas o infiltraciones (Naranjo, C. Vadim, O. 2022). En situaciones donde las tuberías están colapsadas o fracturadas, se puede romper el tubo existente y, al mismo tiempo, introducir una nueva tubería del mismo diámetro o incluso de un diámetro mayor, sin la necesidad de excavar en la vía. En ambas circunstancias, el trabajo se realiza internamente por donde ya está instalada la tubería.

Este enfoque no solo es más seguro, sino que también resulta más económico, ya que elimina los costos asociados a la repavimentación de las vías y, en muchos casos, evita el reemplazo total del tubo (Ramírez, 2021).

Acceso a Viviendas y Negocios

Uno de los beneficios sociales más importantes de estas tecnologías es que no obstaculizan el acceso a viviendas y locales comerciales. La apertura de zanjas en la vía pública a menudo provoca inconvenientes significativos, limitando la entrada a negocios y generando pérdidas económicas. Al evitar este tipo de interrupciones, se protege la actividad comercial y se promueve un entorno más favorable para el desarrollo económico local.

Mejora de la Seguridad

La eliminación de zanjas en las calles no solo facilita la movilidad, sino que también mejora la seguridad de las personas. Las zanjas abiertas representan un riesgo considerable para peatones y vehículos, aumentando la probabilidad de accidentes. Al utilizar tecnologías sin zanja, se crea un entorno urbano más seguro, lo que contribuye a la tranquilidad y el bienestar de los ciudadanos.

En Colombia, es común enfrentar inundaciones en las calles durante la temporada de lluvias, lo que provoca no solo olores desagradables, sino también riesgos para la salud pública, especialmente entre los niños. Además, se observa que el pavimento de asfalto se hunde y el de concreto se agrieta, generando huecos peligrosos que pueden causar accidentes a peatones y vehículos. Aunque estos daños son reparados, a menudo vuelven a aparecer debido a problemas en las tuberías subterráneas, que son la causa principal del hundimiento.

Un factor que agrava esta situación es que muchas tuberías de alcantarillado operan a su máxima capacidad. Por ello, es fundamental que las empresas de alcantarillado en ciudades y municipios realicen inspecciones cada tres años, especialmente en zonas donde se han construido nuevas edificaciones. Las tuberías diseñadas originalmente para casas unifamiliares son insuficientes para atender la demanda generada por nuevos apartamentos, lo que se está convirtiendo en un problema generalizado en varias ciudades del país.

Una alternativa efectiva para abordar estos desafíos es la tecnología sin zanja, que permite la inspección de las tuberías a través de cámaras de televisión insertadas en las alcantarillas. Este método produce un video que documenta el estado de las tuberías y detecta problemas como raíces de árboles, fracturas, infiltraciones y colapsos. Los informes técnicos resultantes son cruciales para decidir sobre la rehabilitación o ampliación de las tuberías existentes, así como para la instalación de nuevas tuberías sin zanja. Para garantizar su utilidad y comprensión, estos reportes deben seguir estándares específicos, empleando guías para la evaluación de tuberías que han sido implementadas en el país, con el apoyo de la Sociedad de Alcantarillado de los Estados Unidos y que son enseñadas por el ICTIS (Instituto Colombiano de Tecnología de la Información y la Comunicación).

6.8. Matriz FODA

A continuación, se presenta un análisis DOFA (Debilidades, Oportunidades, Fortalezas y Amenazas) de la competencia potencial dentro del mercado de servicios de alcantarillado sin zanja en Rionegro, Cundinamarca:

Fortalezas: Conhydra e Insiteam se perfilan como las empresas más sólidas en el mercado, con una amplia trayectoria en la ejecución de proyectos de gran envergadura y una capacidad tecnológica avanzada para la implementación de soluciones sin zanja. Acuavalle, por su parte, se destaca por su sólida experiencia en la rehabilitación de redes de alcantarillado y su amplio portafolio de soluciones tecnológicas. Rehab Systems también sobresale por su destacada experiencia en la realización de proyectos de rehabilitación de redes.

Debilidades: Aquagest y Rehab Systems presentan una cobertura geográfica más limitada en la provincia de Rionegro y cuentan con menores recursos destinados a actividades de investigación y desarrollo. Proactiva e Ingelsa, por su parte, tienen una presencia más acotada en la región y carecen de personal técnico especializado en el manejo de tecnologías sin zanja. Además, todas las empresas enfrentan retos en cuanto a la adaptación a las regulaciones y necesidades locales.

Oportunidades: El mercado de servicios de alcantarillado sin zanja en la provincia de Rionegro, Cundinamarca, presenta una demanda creciente, impulsada por la necesidad de rehabilitar y mejorar la infraestructura de las redes de alcantarillado. Asimismo, se observa una tendencia hacia una mayor exigencia en términos de eficiencia, sostenibilidad y servicio al cliente, lo cual abre oportunidades para aquellas empresas que logren diferenciarse mediante soluciones innovadoras. Además, existe la posibilidad de que las empresas líderes del mercado expandan sus operaciones a otros municipios de la provincia.

Amenazas: Una de las principales amenazas identificadas es la adaptación de las empresas internacionales a las regulaciones y necesidades específicas del mercado local de Rionegro y Cundinamarca. Asimismo, la disponibilidad limitada de personal técnico calificado en el manejo de tecnologías sin zanja representa un reto importante para las empresas. Por otro lado, las limitaciones presupuestarias de los clientes públicos y privados pueden condicionar la contratación de servicios de alcantarillado.

7. GESTIÓN ORGANIZACIONAL Y ADMINISTRATIVA

7.1. Estructura organizacional

Figura 11: Organigrama



Fuente: Imagen propia

7.2. Perfiles de cargo y funciones.

Descripción de Cargo: Gerente General

Nombre del Cargo: Gerente General

Nombre del Titular: Néstor Castillo

Formación: Profesional en Construcción y Gestión en Arquitectura

Área: Dirección General

Reporta a: Junta Directiva / Socios

Objetivo del Cargo:

Dirigir, planificar y controlar todas las operaciones administrativas y operativas de la empresa, asegurando el cumplimiento de los objetivos estratégicos, financieros y comerciales. Garantizar el crecimiento sostenible de la organización y liderar su posicionamiento en el sector de rehabilitación de redes de alcantarillado con tecnología CIPP.

Perfil del Cargo:

Educación: Profesional en Construcción y Gestión en Arquitectura.

Experiencia: Mínimo 5 años en dirección de proyectos de construcción o rehabilitación de infraestructura.

Habilidades: Liderazgo, comunicación efectiva, pensamiento estratégico, toma de decisiones, orientación a resultados y manejo de equipos interdisciplinarios.

Descripción de Cargo: Gerente Área Administrativa

Nombre del Cargo:	Gerente	Área	Administrativa
Nombre del Titular:	Luis Carrillo		
Formación:	Constructor y Gestor	en	Arquitectura
Área:			Administrativa

Reporta a: Gerente General

Objetivo del Cargo:

Gestionar y supervisar de manera eficiente los procesos administrativos, contables, financieros, de compras y de talento humano, garantizando el soporte organizativo que permita el cumplimiento de los objetivos estratégicos de la empresa.

Perfil del Cargo:

Educación: Constructor y Gestor en Arquitectura.

Experiencia: Mínimo 3 años en cargos administrativos o de gestión en empresas de construcción o servicios industriales.

Habilidades: Organización, liderazgo, planeación estratégica, atención al detalle, comunicación asertiva y capacidad de análisis.

Descripción de Cargo: Gerente Área Operativa

Nombre del Cargo:	Gerente	Área	Operativa
Nombre del Titular:	Jorge Cortés		
Formación:	Constructor y Gestor	en	Arquitectura
Área:			Operaciones

Reporta a: Gerente General

Objetivo del Cargo:

Planificar, coordinar y supervisar todas las actividades relacionadas con la ejecución de obras de construcción y rehabilitación de redes de alcantarillado mediante tecnologías sin zanja, garantizando la eficiencia, calidad, seguridad y cumplimiento de los plazos establecidos

Perfil del Cargo:

Educación: Constructor y Gestor en Arquitectura.

Experiencia: Mínimo 5 años en dirección de obras de infraestructura, preferiblemente en proyectos de rehabilitación de tuberías o redes subterráneas.

Habilidades: Liderazgo operativo, toma de decisiones bajo presión, resolución de problemas, trabajo en equipo, orientación a resultados.

Descripción de Cargo: Inspector de Obra

Nombre del Cargo: Inspector de Obra
Área: Operaciones

Reporta a: Gerente Área Operativa

Objetivo del Cargo:

Verificar y controlar la correcta ejecución de los trabajos de rehabilitación de redes de alcantarillado con tecnología CIPP, asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad, seguridad y normativa técnica vigente.

Funciones Principales:

Supervisión Técnica: Inspeccionar diariamente los trabajos en terreno para verificar que se desarrollen de acuerdo con los planos, especificaciones técnicas y normativa aplicable.

Control de Calidad: Realizar registros fotográficos, mediciones y reportes de calidad sobre las actividades de instalación y rehabilitación.

Seguimiento de Avances: Elaborar informes periódicos de avance de obra y reportarlos al Gerente del Área Operativa.

Control de Seguridad: Verificar que se cumplan todas las normas de seguridad industrial y salud ocupacional en el sitio de trabajo.

Coordinación de Actividades: Colaborar con el Coordinador de Instalación y el Operador de Robótica para asegurar el flujo adecuado de las operaciones en campo.

Relación con Clientes y Entes de Control: Servir como punto de contacto en obra para clientes y supervisores externos durante inspecciones y visitas técnicas.

Perfil del Cargo:

Educación: Técnico o Tecnólogo en Construcción, Obras Civiles o afines.

Experiencia: Mínimo 2 años como inspector de obras de infraestructura o saneamiento.

Habilidades: Atención al detalle, capacidad de observación, comunicación efectiva, resolución de problemas.

7.3. Forma jurídica y régimen tributario.

La empresa RedeSmart Colombia SAS adoptará la forma jurídica de Sociedad por Acciones Simplificada (SAS), lo que le permitirá operar bajo un modelo de responsabilidad limitada, en el que los socios responderán únicamente por el monto de sus aportes. Esta forma jurídica es especialmente adecuada para el desarrollo de proyectos de construcción y rehabilitación de redes de alcantarillado, ya que otorga flexibilidad en la administración y facilita el traspaso de acciones, permitiendo a la empresa adaptarse de manera eficiente a las necesidades del mercado.

La SAS se caracteriza por su estructura flexible, que no requiere una organización administrativa rígida ni un número mínimo de socios, lo que otorga autonomía a la empresa para gestionar sus operaciones de manera eficiente y ágil.

En cuanto al régimen tributario, la empresa se acogerá al Régimen Ordinario, que es el régimen fiscal establecido para empresas con un nivel de ingresos superior al límite permitido para el Régimen Simple de Tributación. Este régimen implica que la empresa estará sujeta a la tributación de impuestos como el Impuesto sobre la Renta y el IVA, de acuerdo con las actividades que desarrolle y sus ingresos anuales. Bajo este régimen, la empresa deberá llevar una contabilidad detallada y cumplir con las declaraciones fiscales establecidas por la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN).

El Régimen Ordinario es el más adecuado para RedeSmart Colombia SAS, dado que sus actividades están relacionadas con la construcción y rehabilitación de infraestructuras, lo que implica un volumen considerable de operaciones y transacciones. Además, permite una mayor flexibilidad y cumplimiento con las obligaciones fiscales de manera eficiente.

7.4. Proceso de formalización y gastos asociados.

La formalización de **RedeSmart Colombia SAS** dará inicio con la constitución legal de la sociedad mediante la firma de la escritura pública de constitución ante notario y la inscripción en el Registro Mercantil de la Cámara de Comercio correspondiente. Este proceso permitirá la creación oficial de la empresa y su habilitación para operar legalmente en Colombia.

La empresa estará conformada por tres socios, quienes realizarán los siguientes aportes iniciales para la constitución del capital social de la compañía:

1. **Jorge Cortés**, quien realizará un aporte inicial de **\$100 millones de pesos colombianos**.
2. **Néstor Castillo**, quien realizará un aporte inicial de **\$100 millones de pesos colombianos**.
3. **Luis Carrillo**, quien realizará un aporte inicial de **\$100 millones de pesos colombianos**.

El capital social total al momento de la constitución será de \$300 millones de pesos colombianos, distribuidos de manera equitativa entre los tres socios, lo que refleja el compromiso y la participación de cada uno en la gestión de la empresa.

En cuanto a los gastos asociados a la formalización, se incluyen los siguientes:

Honorarios notariales: Costo por la elaboración y firma de la escritura pública de constitución de la sociedad.

Inscripción en el Registro Mercantil: Pago correspondiente a la inscripción de la empresa en la Cámara de Comercio.

Trámites ante la DIAN: Registro de la empresa en la **Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN)** para la obtención del NIT (Número de Identificación Tributaria).

Gastos de asesoría legal y contable: Honorarios por los servicios de abogados y contadores que apoyan en la elaboración de los documentos necesarios para la constitución y la correcta estructuración tributaria de la empresa.

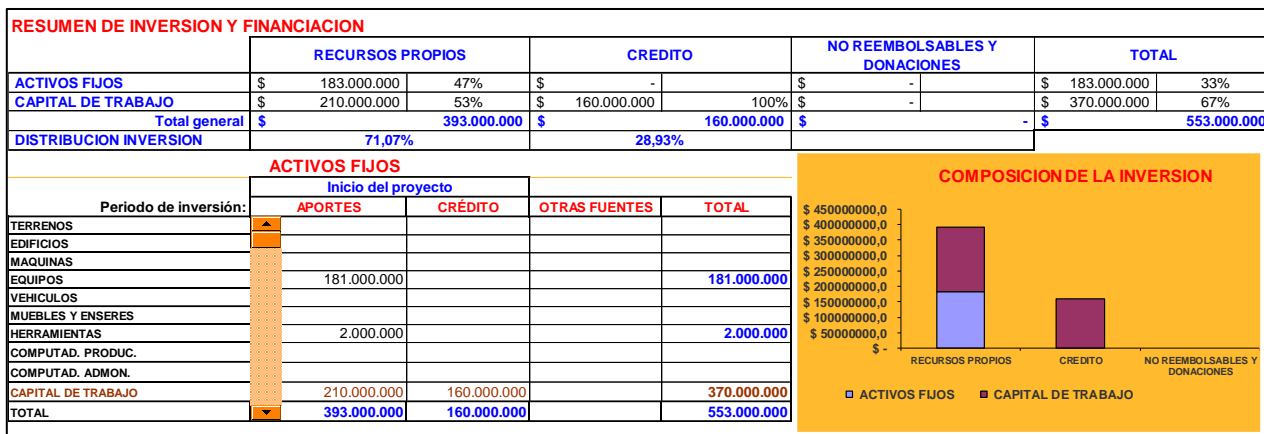
Estos gastos iniciales permitirán a **RedeSmart Colombia SAS** establecerse legalmente y cumplir con todos los requisitos normativos para iniciar operaciones en el sector de la construcción y rehabilitación de redes de alcantarillado.

8. PLAN FINANCIERO

8.1. Plan de inversión en activos fijos y capital de trabajo.

De los aportes de los socios se destina un total de ciento ochenta y tres millones para inversión en activo fijos y capital de trabajo donde ciento ochenta y un millones corresponden a equipos y dos millones a herramientas.

Figura 12: Activos Fijos y Capital de Trabajo



Fuente: Elaboración Propia.

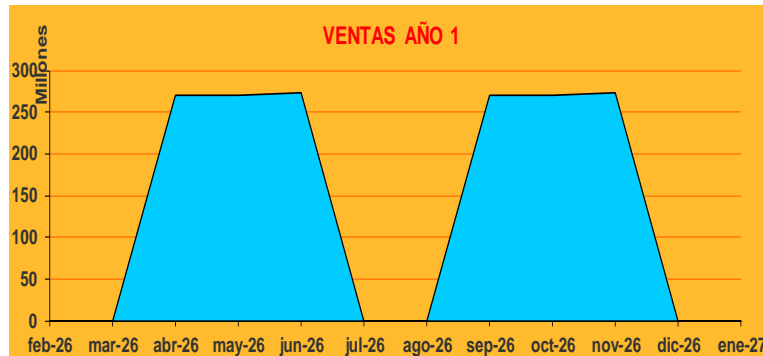
La inversión total para a la realización del proyecto es de \$ 553.000.000. se aporta el 71,07% con recursos propios. se espera conseguir créditos por el 28,93%. de la inversión se destina para capital de trabajo el 66,91% y para activos fijos el 33,09%.

8.2. Proyección de ingresos y egresos

Las ventas inician en el mes 2 del 2026. en el primer año se espera vender 1626,8 millones de pesos. se confía tener la mayor venta en el mes 5 de la proyección, por valor de 273,4 millones de pesos.

Figura 13: Ventas Año 1**VENTAS AÑO 1**

PERIODO	\$	%
feb/2026		
mar/2026		
abr/2026	270.000.000	16,60%
may/2026	270.000.000	16,60%
jun/2026	273.400.000	16,81%
jul/2026		
ago/2026		
sep/2026	270.000.000	16,60%
oct/2026	270.000.000	16,60%
nov/2026	273.400.000	16,81%
dic/2026		
ene/2027		



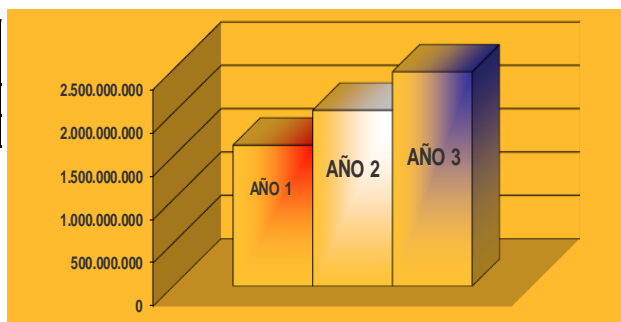
Fuente: Elaboración propia.

En el segundo año se presupuesta incrementan las ventas en un 24,78% teniendo ventas promedio mensuales de 169,17 millones de pesos. para el tercer año se espera tener ventas por 2473,2 millones de pesos. correspondiente a un crecimiento del 21,83% con respecto al año anterior.

Figura 14: Ventas año 2 y 3**VENTAS PROYECTADAS AÑOS 2 Y 3**

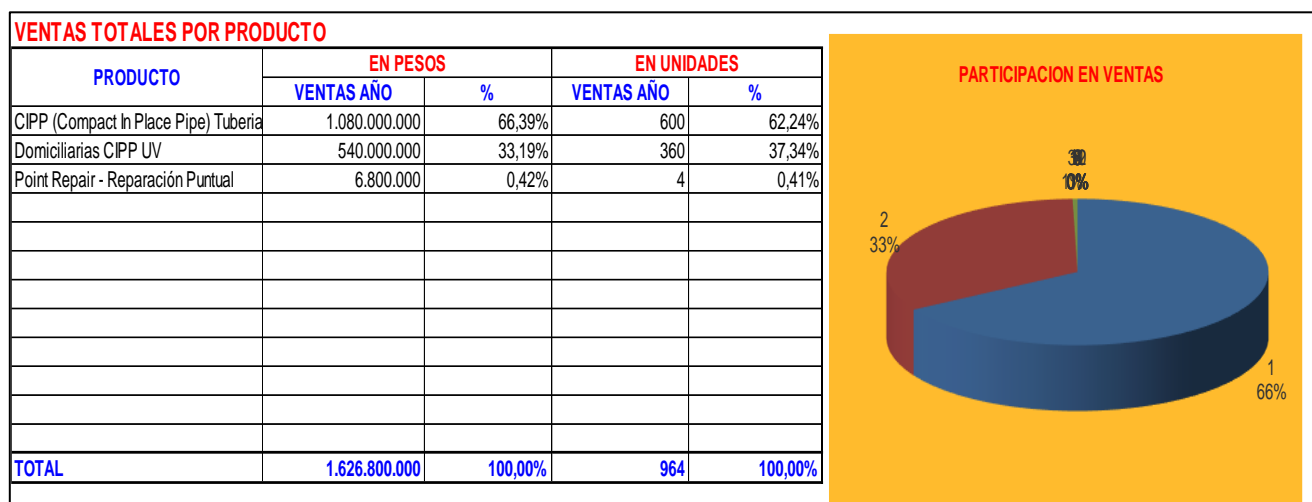
PERIODO	\$	PROM.MES	CRECIMIENTO ANUAL
AÑO 1	1.626.800.000	135.566.667	
AÑO 2	2.030.000.000	169.166.667	24,78%
AÑO 3	2.473.200.000	206.100.000	21,83%

EN EL SEGUNDO AÑO SE PRESUPUESTA INCREMENTAN LAS VENTAS EN UN 24,78% TENIENDO VENTAS PROMEDIO MENSUALES DE 169,17 MILLONES DE PESOS. PARA EL TERCER AÑO SE ESPERA TENER VENTAS POR 2473,2 MILLONES DE PESOS. CORRESPONDIENTE A UN CRECIMIENTO DEL 21,83% CON RESPECTO AL AÑO ANTERIOR



Fuente: Elaboración propia.

El producto de mayor venta en el año 1 es CIPP (compact in place pipe) tubería curada en sitio el cual participa con un 66,39%. el producto de menor participación en el portafolio es Point Repair - reparación puntual con una contribución de solo el 0,42%.

Figura 15: Ventas Totales por Producto

Fuente: Elaboración propia.

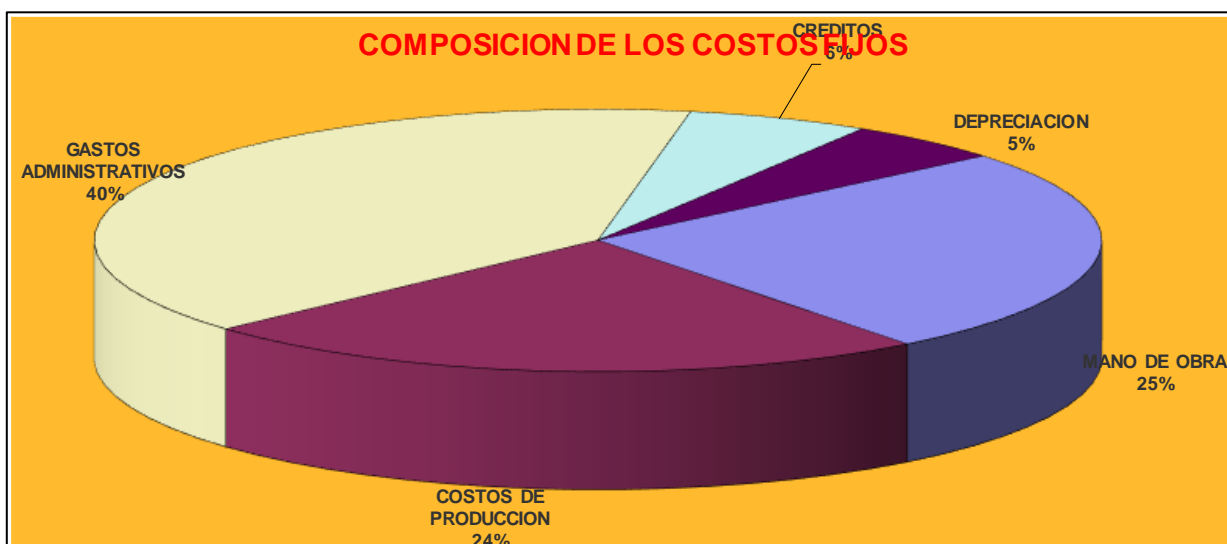
Costos y Gastos Fijos:

Los costos y gastos fijos del primer año ascienden a \$ 752.117.046, se destinan 192,63552 millones de pesos para mano de obra, se establecen 178,2 millones de pesos en costos de producción, se calculan 299,0368 millones de pesos para gastos administrativos, se determinan 44,0447260482396 millones de pesos para créditos. se refieren exclusivamente a los intereses de los créditos obtenidos; no se presupuesta la cuota de amortización. se contabilizan 38,2 millones de pesos para depreciación.

Tabla 2: Costos Fijos

COMPOSICION DE LOS COSTOS FIJOS		
TIPO DE COSTO	MENSUAL	ANUAL
MANO DE OBRA	\$ 16.052.960	\$ 192.635.520
COSTOS DE PRODUCCION	\$ 14.850.000	\$ 178.200.000
GASTOS ADMINISTRATIVOS	\$ 24.919.733	\$ 299.036.800
CREDITOS	\$ 3.629.574	\$ 44.044.726
DEPRECIACION	\$ 3.183.333	\$ 38.200.000
TOTAL	\$ 59.452.267	\$ 752.117.046

Fuente: Elaboración propia.

Figura 16: Costos: Fijos

Fuente: Elaboración propia.

8.3. Punto de equilibrio y margen de contribución.

Punto de Equilibrio

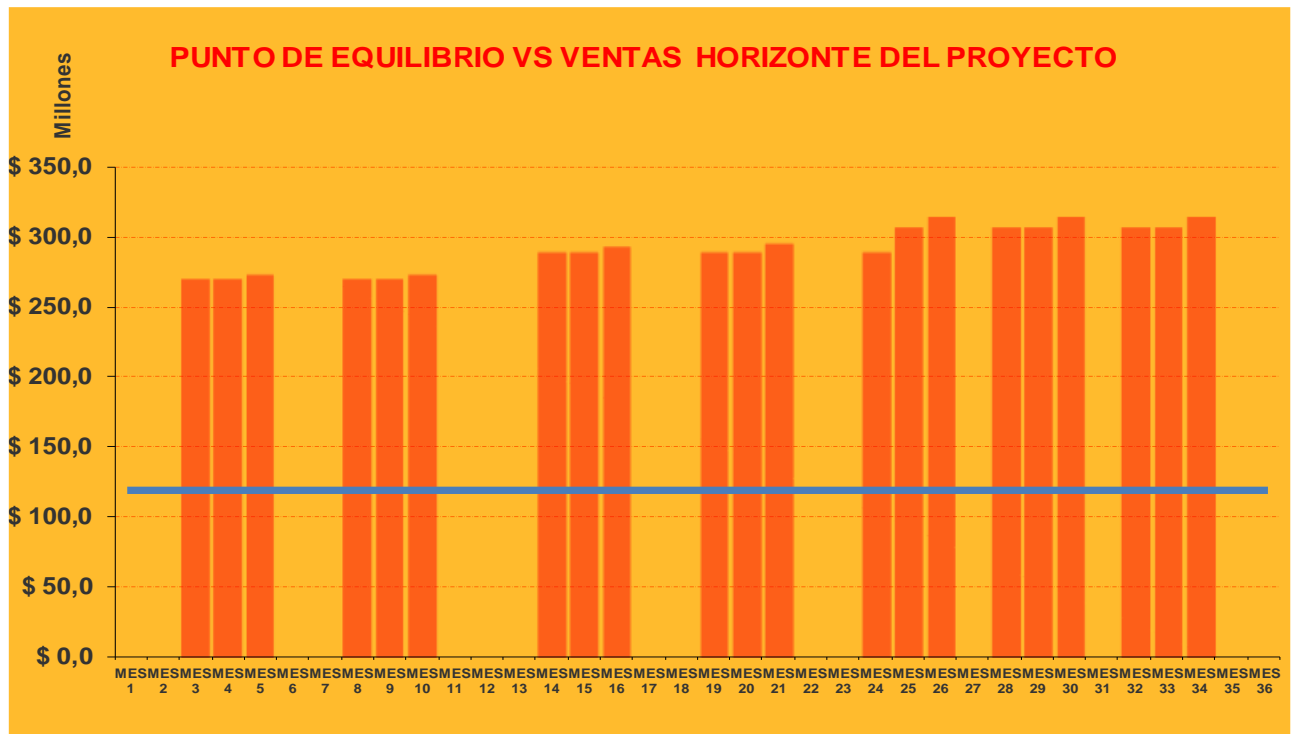
Teniendo en cuenta la estructura de costos y gastos fijos y el margen de contribución de la empresa, se llega a la conclusión que la organización requiere vender \$ 1.420.885.435 al año para no perder ni ganar dinero. se requieren ventas mensuales promedio de 118,4 millones de pesos. al analizar las proyecciones de ventas se determina que la empresa, en el primer año, alcanza el punto de equilibrio.

Tabla 3: Punto de Equilibrio

PUNTO DE EQUILIBRIO		VENTAS TOTALES ANUALES:		\$ 1.684.577.842
PRODUCTOS	VENTAS ANUALES	UNIDADES ANUALES	VENTAS MENSUALES	UNIDADES MENSUALES
CIPP (Compact In Place Pipe) Tuberia Curada en Sitio	943.297.436	524	78.608.120	43,67
Domiciliarias CIPP UV	471.648.718	314	39.304.060	26,20
Point Repair - Reparación Puntual	5.939.280	3	494.940	0,29
TOTAL VENTAS ANUALES	\$ 1.420.885.435	VENTAS MENSUALES	\$ 118.407.120	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17: Punto de Equilibrio.



Fuente: Elaboración propia.

Margen de Contribución

El margen de contribución de la empresa es 52,93% lo cual se interpreta así: por cada peso que venda la empresa se obtienen 53 centavos para cubrir los costos y gastos fijos de la empresa y generar utilidad. el producto con mayor margen de contribución es CIPP (compact in place pipe) tubería curada en sitio, Point Repair - reparación puntual es el producto de menor margen de contribución.

Tabla 4: Margen de Contribución.

MARGEN DE CONTRIBUCION								
PRODUCTOS	PRECIO DE VENTA	MATERIA PRIMA	GASTOS DE VENTA	TOTAL COSTOS VARIABLES	MARGEN DE CONTRIBUCION		CONTRIBUCION A VENTAS	TOTAL
CIPP (Compact In Place Pipe) Tuberia Curada en Sitio	1.800.000	800.000	33.732	833.732	966.268	53,68%	66,39%	35,64%
Domiciliarias CIPP UV	1.500.000	700.000	28.110	728.110	771.890	51,46%	33,19%	17,08%
Point Repair - Reparación Puntual	1.700.000	800.000	31.858	831.858	868.142	51,07%	0,42%	0,21%
						AÑO 2	100,00%	52,93%

Fuente: Elaboración propia.

8.4. Estados financieros proyectados, estado de resultados, flujo de caja y balance general.

El estado de pérdidas y ganancias proyectado para el primer año de operación indica que los ingresos esperados por ventas son suficientes para cubrir la totalidad de los costos directos, gastos operativos y administrativos del proyecto. Esta proyección refleja una estructura financiera sólida y una planeación realista de los recursos. Se estima que el proyecto alcanzará una **rentabilidad sobre ventas del 0,55% mensual**, lo cual representa un margen operativo positivo y sostenible desde el inicio de actividades.

Este margen de rentabilidad, aunque moderado, es coherente con las características del sector de infraestructura sanitaria, donde las inversiones iniciales en tecnología, equipos especializados y personal técnico tienden a ser significativas. No obstante, el flujo de ingresos proyectado permite cubrir las necesidades de capital de trabajo, generar utilidad neta y mantener la operatividad sin recurrir a financiación externa adicional.

Adicionalmente, este rendimiento mensual acumulado se traduce en una rentabilidad anual estimada del 13%, lo que confirma la viabilidad financiera del proyecto y su capacidad para generar valor en el corto y mediano plazo. Estas proyecciones consideran escenarios realistas en cuanto a demanda de servicios, costos de operación, y eficiencia en la ejecución de obras, respaldando la

sostenibilidad económica del modelo de negocio planteado por RedeSmart Colombia SAS.

Figura 18: Estado de Pérdidas y Ganancias.

ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS MENSUAL (PRIMER AÑO)						
	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6
VENTAS			270.000.000	270.000.000	273.400.000	
- COSTO DE VENTAS	34.086.293	34.086.293	156.086.293	156.086.293	157.686.293	34.086.293
UTILIDAD BRUTA	-34.086.293	-34.086.293	113.913.707	113.913.707	115.713.707	-34.086.293
- GASTOS ADMON.	24.919.733	24.919.733	24.919.733	24.919.733	24.919.733	24.919.733
- GASTOS DE VENTAS			5.059.800	5.059.800	5.123.516	
UTILIDAD OPERACIONAL	-59.006.027	-59.006.027	83.934.173	83.934.173	85.670.457	-59.006.027
- OTROS EGRESOS	3.920.000	3.920.000	3.920.000	3.920.000	3.841.457	3.760.990
- PREOPERATIVOS	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
UTILIDAD A. DE IMP.	\$ -63.092.693	\$ -63.092.693	\$ 79.847.507	\$ 79.847.507	\$ 81.662.334	\$ -62.933.683

MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
	270.000.000	270.000.000	273.400.000		
34.086.293	156.086.293	156.086.293	157.686.293	34.086.293	34.086.293
-34.086.293	113.913.707	113.913.707	115.713.707	-34.086.293	-34.086.293
24.919.733	24.919.733	24.919.733	24.919.733	24.919.733	24.919.733
	5.059.800	5.059.800	5.123.516		
-59.006.027	83.934.173	83.934.173	85.670.457	-59.006.027	-59.006.027
3.678.551	3.594.093	3.507.565	3.418.918	3.328.098	3.235.054
166.667	166.667	166.667	166.667	166.667	166.667
-62.851.245	\$ 80.173.414	\$ 80.259.941	\$ 82.084.873	\$ -62.500.792	\$ -62.407.747

Fuente: Elaboración propia.

Estado de Resultados

El estado de resultados proyectado para el primer año de operación muestra una utilidad neta estimada de **69,65 millones de pesos**, resultado que refleja una adecuada gestión de los ingresos y una estructura de costos eficiente. Esta cifra confirma la viabilidad económica del proyecto y su capacidad para generar excedentes desde el inicio de las actividades operativas.

En términos de indicadores financieros clave, el proyecto presenta una **rentabilidad bruta anual del 29,66%**, lo cual evidencia una eficiente relación entre las ventas y los costos directos, permitiendo mantener un margen saludable que soporta la sostenibilidad operativa. Por su parte, la **rentabilidad operacional** se sitúa en **9,41% anual**, lo que indica una gestión adecuada de los gastos administrativos y operativos, asegurando que el modelo de negocio pueda sostener su funcionamiento y generar utilidades antes de impuestos.

Finalmente, la **rentabilidad sobre ventas**, entendida como la relación entre la utilidad neta y los ingresos totales, alcanza un **4,28% anual**. Este margen representa una sólida eficiencia en la conversión de las ventas en beneficios finales, destacando el desempeño financiero integral del proyecto en su primer año.

Estos resultados proyectados no solo respaldan la viabilidad del emprendimiento desde el punto de vista financiero, sino que también posicionan a **RedeSmart Colombia SAS** como una empresa capaz de operar de forma rentable, con expectativas de crecimiento sostenido y con potencial para reinvertir utilidades en innovación tecnológica y expansión regional.

Tabla 5: Estado de Resultados.

ESTADOS DE RESULTADOS PROYECTADO ANUAL			
	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
VENTAS	1.626.800.000	2.030.000.000	2.473.200.000
INV. INICIAL			
+ COMPRAS	735.200.000	917.700.000	1.118.400.000
- INVENTARIO FINAL			
= COSTO INVENTARIO UTILIZADO	735.200.000	917.700.000	1.118.400.000
+ MANO DE OBRA FIJA	192.635.520	192.635.520	195.659.520
+ MANO DE OBRA VARIABLE			
+ COSTOS FIJOS DE PRODUCCION	178.200.000	178.200.000	178.200.000
+ DEPRECIACION Y DIFERIDOS	38.200.000	38.200.000	38.200.000
TOTAL COSTO DE VENTAS	1.144.235.520	1.326.735.520	1.530.459.520
UTILIDAD BRUTA (Ventas - costo de ventas)	482.564.480	703.264.480	942.740.480
GASTOS ADMINISTRATIVOS	299.036.800	244.036.800	246.196.800
GASTOS DE VENTAS	30.486.232	38.042.200	46.347.768
UTILIDAD OPERACIONAL (utilidad bruta-G.F.)	153.041.448	421.185.480	650.195.912
- OTROS EGRESOS			
- GASTOS FINANCIEROS	44.044.726	30.674.655	12.193.096
- GASTOS PREOPERATIVOS	2.000.000		
UTILIDAD ANTES DE IMPUESTOS (U.O. - Otr G.)	106.996.722	390.510.825	638.002.816
IMPUESTOS	37.448.853	136.678.789	223.300.985
UTILIDAD NETA	\$ 69.547.869	\$ 253.832.036	\$ 414.701.830

Fuente: Elaboración propia.

Flujo de Caja

El análisis del flujo de caja proyectado para el primer año de operación muestra un comportamiento estable y coherente con la dinámica del negocio. La empresa tiene una política de ventas fraccionada en cuatro plazos: **el 10% de las ventas se realiza de contado**, **el 30% se recauda a 30 días**, otro **30% a 60 días**, y el **30% restante a 90 días**. Esta estructura de ingresos escalonados obliga a una gestión cuidadosa de la cartera, con el fin de evitar desfases en la disponibilidad de efectivo que puedan afectar la operación.

Por otra parte, la política de compras implica que **el 100% de los insumos y servicios son adquiridos de contado**, lo que genera una presión sobre la liquidez mensual. En consecuencia, es fundamental que la administración mantenga un control riguroso sobre los ciclos de cobro y pago, priorizando el seguimiento a cuentas por cobrar y optimizando la gestión del capital de trabajo.

Durante el primer año, el proyecto presenta su menor nivel de superávit en el **mes 5**, con un saldo positivo de **\$5.731.752**, el cual, aunque ajustado, sigue siendo suficiente para mantener la operación sin comprometer la viabilidad del negocio.

El proyecto posee una inversión de \$ 553.000.000. al primer año de operación arroja un flujo de efectivo de 402,35 millones, para el segundo año, el valor es de 316,52 mm y para el tercero de 444,47 mm.

Figura 19: Flujo de Caja

FLUJO DE FONDOS ANUAL			
CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
INGRESOS OPERATIVOS			
VENTAS DE CONTADO	165.400.000	207.760.000	255.480.000
VENTAS A 30 DIAS	489.400.000	611.380.000	746.040.000
VENTAS A 60 DIAS	486.000.000	605.430.000	735.840.000
VENTAS A 90 DIAS	405.000.000	585.525.000	714.105.000
VENTAS A 120 DIAS			
VENTAS A 150 DIAS			
TOTAL INGRESOS OPERATIVOS	1.545.800.000	2.010.095.000	2.451.465.000
EGRESOS OPERATIVOS			
MATERIA PRIMA	735.200.000	917.700.000	1.118.400.000
GASTOS DE VENTA	30.486.232	38.042.200	46.347.768
MANO DE OBRA VARIABLE			
MANO DE OBRA DIRECTA FIJA	192.635.520	192.635.520	195.659.520
OTROS COSTOS DE PRODUCCION	178.200.000	178.200.000	178.200.000
GASTOS ADMINISTRATIVOS	299.036.800	244.036.800	246.196.800
TOTAL EGRESOS OPERATIVOS	1.435.558.552	1.570.614.520	1.784.804.088
FLUJO NETO OPERATIVO	110.241.448	439.480.480	666.660.912
INGRESOS NO OPERATIVOS			
APORTES			
ACTIVOS FIJOS	183.000.000		
CAPITAL DE TRABAJO	210.000.000		
FINANCIACION			
ACTIVOS FIJOS			
CAPITAL DE TRABAJO	160.000.000		
TOTAL INGRESOS NO OPERATIVOS	553.000.000		
EGRESOS NO OPERATIVOS			
GASTOS PREOPERATIVOS	2.000.000		
AMORTIZACIONES	31.847.768	54.835.337	73.316.895
GASTOS FINANCIEROS	44.044.726	30.674.655	12.193.096
IMPUESTOS		37.448.853	136.678.789
ACTIVOS DIFERIDOS			
COMPRA DE ACTIVOS FIJOS	183.000.000		
TOTAL EGRESOS NO OPERATIVOS	\$ 260.892.494	\$ 122.958.845	\$ 222.188.781
FLUJO NETO NO OPERATIVO	\$ 292.107.506	\$ -122.958.845	\$ -222.188.781
FLUJO NETO	\$ 402.348.954	\$ 316.521.635	\$ 444.472.131
+ SALDO INICIAL	\$ 368.000.000	\$ 402.348.954	\$ 718.870.589
SALDO FINAL ACUMULADO	\$ 402.348.954	\$ 718.870.589	\$ 1.163.342.721

Fuente: Elaboración propia.

Balance General

El análisis del balance general proyectado para el primer año evidencia una posición financiera sólida y equilibrada. En términos de endeudamiento, la empresa inicia operaciones con un nivel bajo, lo cual resulta favorable para su estabilidad y capacidad operativa. Al cierre del primer año, se proyecta que el 32,85% de los activos estarán financiados con recursos de terceros, lo que representa un nivel

saludable y por debajo del umbral de riesgo comúnmente aceptado (60%). Este indicador demuestra que la empresa mantiene margen para asumir obligaciones adicionales en caso de ser necesario, sin comprometer su viabilidad financiera. Por otro lado, la razón de liquidez corriente al finalizar el año se estima en 2,60 a 1, lo que indica que por cada peso de pasivo corriente, la empresa cuenta con \$2,60 en activos líquidos para respaldarlo. Esta proporción supera el estándar de referencia (2,5 a 1), y refleja una capacidad adecuada para cubrir las obligaciones de corto plazo, asegurando la solidez operativa y la confianza de acreedores y proveedores. En conjunto, estos indicadores confirman la buena salud financiera del proyecto y respaldan su sostenibilidad a largo plazo.

Tabla 6: Balance General Proyectado.

BALANCE GENERAL PROYECTADO				
ACTIVO	INICIAL	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
CAJA	498.000.000	729.408.546	1.260.434.705	1.974.070.235
CUENTAS POR COBRAR		120.000.000	149.380.000	181.440.000
INVENTARIOS				
TOTAL ACTIVO CORRIENTE	498.000.000	849.408.546	1.409.814.705	2.155.510.235
ACTIVOS SIN DEPRECIACION	183.000.000	183.000.000	183.000.000	183.000.000
DEPRECIACION		38.200.000	76.400.000	114.600.000
TOTAL ACTIVO FIJO NETO	183.000.000	144.800.000	106.600.000	68.400.000
OTROS ACTIVOS	2.000.000			
TOTAL ACTIVOS	683.000.000	994.208.546	1.516.414.705	2.223.910.235
PASIVO				
CUENTAS POR PAGAR				
PRESTAMOS	250.000.000	200.237.863	114.557.649	0
IMPUESTOS POR PAGAR		126.339.739	256.979.139	377.661.312
PRESTACIONES SOCIALES				
TOTAL PASIVO	250.000.000	326.577.602	371.536.788	377.661.312
PATRIMONIO				
CAPITAL	433.000.000	433.000.000	433.000.000	433.000.000
UTILIDADES RETENIDAS			234.630.944	711.877.917
UTILIDADES DEL EJERCICIO		234.630.944	477.246.972	701.371.007
TOTAL PATRIMONIO	433.000.000	667.630.944	1.144.877.917	1.846.248.924
TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO	683.000.000	994.208.546	1.516.414.705	2.223.910.235

Fuente: Elaboración propia.

8.5 Indicadores financieros, VAN, TIR, Tiempo de recuperación de la inversión, nivel de endeudamiento, razón corriente y razón de liquidez.

Tasa interna de retorno o TIR la cual es de 48,07%. Se interpreta como: El proyecto arroja una rentabilidad del 48,07% promedio anual.

Valor presente neto, para su cálculo es necesario la tasa de descuento o tasa de interés de oportunidad la cual es del 5%, el valor arrojado del cálculo es \$ 501.235.673. Se interpreta como: El proyecto arroja 501 millones adicionales al invertir los recursos en este proyecto que en uno que rente, el 5% anual.

Periodo de recuperación de la inversión o PRI se calcula con el estado de resultados sumando las utilidades y restando la inversión hasta obtener cero. La inversión es de \$ 553.000.000. Como la suma de las utilidades del primer y segundo periodo es superior, se puede decir que la inversión se recupera en el segundo año.

Nivel de Endeudamiento: En el momento de arranque de la empresa se observa un nivel de endeudamiento bajo lo cual se considera muy favorable para su operación y viabilidad. Al terminar el primer año, el 26,36% de los activos están respaldados con recursos de los acreedores, se considera que un nivel de endeudamiento del 60% es manejable, un endeudamiento menor muestra una empresa en capacidad de contraer más obligaciones, mientras que un endeudamiento mayor muestra una empresa a la que se le puede dificultar la consecución de más financiamiento.

Razón de Liquidez: Al terminar el primer año, para el proyecto se concluye que por cada peso de pasivo corriente que debe, la empresa tiene \$ 2,92 pesos de activo líquido corriente para cubrirlo. se considera que una razón corriente ideal es superior a 2.5 a 1, es decir, que por cada peso que se adeuda en el corto plazo se tienen dos y medio pesos como respaldo.

8.6 Supuestos financieros para la proyección: Régimen de impuestos, tasa de amortización de los créditos, periodo de gracia, TIO, Tipo de proyección constante o corriente.

La empresa se acogerá al Régimen Ordinario, que es el régimen fiscal establecido para empresas con un nivel de ingresos superior al límite permitido para el Régimen Simple de Tributación. Este régimen implica que la empresa estará sujeta a la

tributación de impuestos como el Impuesto sobre la Renta y el IVA, de acuerdo con las actividades que desarrolle y sus ingresos anuales. Bajo este régimen, la empresa deberá llevar una contabilidad detallada y cumplir con las declaraciones fiscales establecidas por la Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales (DIAN).

El Régimen Ordinario es el más adecuado para RedeSmart Colombia SAS, dado que sus actividades están relacionadas con la construcción y rehabilitación de infraestructuras, lo que implica un volumen considerable de operaciones y transacciones. Además, permite una mayor flexibilidad y cumplimiento con las obligaciones fiscales de manera eficiente.

Tasa de Amortización de Créditos: Se proyecta una tasa de amortización anual del **12%**, aplicada sobre el saldo del capital adeudado. Esta tasa refleja condiciones de crédito típicas en el sector financiero colombiano para empresas en etapa temprana y con actividad en infraestructura, incluyendo una combinación de intereses y abonos a capital bajo el sistema de amortización constante.

Período de Gracia: Se contempla un **período de gracia de 3 meses** sobre el capital, durante el cual únicamente se pagarán intereses. Este periodo permitirá que la empresa consolide su operación inicial, genere flujo de caja y fortalezca su liquidez antes de asumir la carga completa de los créditos adquiridos.

Tasa Interna de Oportunidad (TIO): Se define una TIO del **5% efectivo anual**, considerada como la tasa mínima aceptable de retorno sobre la inversión, en función del costo de oportunidad de los recursos y el riesgo sectorial. Esta tasa se utilizará como referencia para la evaluación de la rentabilidad financiera del proyecto y para el cálculo del valor presente neto (VPN).

Tipo de Proyección: Las proyecciones financieras se desarrollarán en **pesos constantes**, es decir, sin considerar los efectos de inflación. Esta metodología permite realizar un análisis más directo del desempeño económico del proyecto, centrándose en variables reales y eliminando distorsiones inflacionarias. No obstante, en escenarios complementarios se podrán elaborar proyecciones en pesos corrientes para análisis comparativos.

8.7. Fichas técnicas

8.7.1. Ficha de producción

Tabla 7: Ficha de Producción.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Nombre del proceso	Rehabilitación de redes de alcantarillado con tecnología sin zanja - CIPP UV
Capacidad de producción semanal	400 metros lineales
Capacidad de producción diaria	Aproximadamente 66,67 metros lineales por día
Capacidad de producción por hora	Aproximadamente 8,33 metros lineales por hora
Capacidad de producción por minuto	Aproximadamente 0,139 metros lineales (13,9 cm) por minuto
Jornadas de trabajo	6 días a la semana, 8 horas por día
Personal requerido	1 Ingeniero residente, 1 supervisor técnico, 6 operarios especializados
Ubicación del proyecto	Provincia de Rionegro, Cundinamarca – Municipio de Pacho
Tecnología utilizada	CIPP UV (Cured-In-Place Pipe con curado por luz ultravioleta)
Proveedores clave	Fabricantes de manga CIPP, resinas UV, equipos de instalación y curado
Insumos principales	Manga CIPP UV, resina, cámara robotizada, equipo de curado UV, generador
Ciclo de producción promedio	1 día por cada 80–100 metros (dependiendo del diámetro y estado del tramo)
Factores críticos	Condiciones climáticas, accesibilidad al tramo, estado de la red existente

Fuente: Elaboración propia.

8.7.2. Ficha de comercialización

Tabla 8: *Ficha de Comercialización.*

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Mercado objetivo	Empresas de servicios públicos, constructoras, alcaldías, empresas privadas
Área geográfica	Provincia de Rionegro, Cundinamarca – Municipio de Pacho y municipios aledaños
Estrategia de venta	Venta directa B2B, participación en licitaciones públicas y privadas, alianzas estratégicas
Canales de comercialización	Visitas comerciales, página web, ferias del sector, redes profesionales (LinkedIn)
Precio por servicio	CIPP UV: \$1.800.000 COP/metro Domiciliarias: \$1.500.000 COP/metro Point Repair: \$1.700.000 COP/metro
Propuesta de valor	Tecnología sin zanja, bajo impacto ambiental, eficiencia operativa y económica
Promociones y descuentos	Descuentos por volúmenes superiores a 500 metros, contratos anuales de mantenimiento
Servicio postventa	Garantía técnica, inspección post-servicio con CCTV, mantenimiento correctivo

Fuente: Elaboración propia.

8.7.3. Ficha de servicios

Tabla 9: *Ficha de Servicios.*

SERVICIO	DESCRIPCIÓN
CIPP UV	Rehabilitación de tuberías mediante curado in situ con luz ultravioleta. Tecnología sin zanja ideal para redes principales. Costo: \$1.800.000 COP/metro
Conexiones domiciliarias	Reparación interna de acometidas sin excavación. Especialmente útil en zonas urbanas residenciales. Costo: \$1.500.000 COP/metro
Point Repair	Reparación puntual de tramos con defectos estructurales sin rehabilitar el tramo completo. Costo: \$1.700.000 COP/metro
Inspección CCTV	Diagnóstico visual de las redes mediante cámaras robotizadas. Ideal como etapa previa o posterior a los trabajos de rehabilitación.
Diagnóstico técnico	Evaluación técnica completa del estado de las redes, con informe detallado para toma de decisiones.

Fuente: *Elaboración propia.*

9. CONCLUSIONES.

9.1. De la investigación

Las tecnologías sin zanja han demostrado ser una alternativa eficiente para la rehabilitación de redes sanitarias, minimizando la afectación al tráfico, eficiencia en el low cost de materiales en el entorno rural y la calidad de vida de los habitantes.

Los materiales empleados en estos procesos, como las resinas y polímeros de alta resistencia, ofrecen una mayor durabilidad frente a la abrasión, agentes químicos y cargas hidráulicas, prolongando la vida útil de las tuberías.

La implementación de pruebas como carga hidráulica y resistencia a la abrasión asegura que los sistemas rehabilitados cumplan con los estándares técnicos y normativos requeridos.

A pesar de sus ventajas, la adopción de estas tecnologías puede presentar barreras como falta de conocimiento técnico, resistencia al cambio y necesidad de capacitación especializada.

9.2. De la empresa.

La creciente necesidad de soluciones eficientes y sostenibles en el mantenimiento de infraestructura sanitaria hace que este sector tenga un alto potencial de crecimiento. La reducción de tiempos de obra y el menor impacto ambiental son factores atractivos para clientes públicos y privados.

Es fundamental garantizar que los procesos cumplan con regulaciones técnicas, ambientales y sanitarias. Obtener certificaciones de calidad y cumplir con los estándares nacionales e internacionales es clave para generar confianza y credibilidad en el mercado.

Para destacar en el sector, la empresa debe ofrecer valor agregado, ya sea a través de tecnologías innovadoras, calidad superior en rehabilitación o servicios complementarios como mantenimiento preventivo y asesoramiento técnico.

9.3. Del proyecto financiero.

Aunque la inversión inicial puede ser alta, la reducción en costos asociados a excavaciones, gestión de residuos y tiempos de ejecución hace que estas soluciones sean económicamente viables a largo plazo.

A pesar de los costos de implementación, las tecnologías sin zanja reducen gastos asociados a excavaciones, gestión de residuos y tiempos de obra. Esto permite mejorar la rentabilidad y competitividad en el mercado.

Es necesario considerar fluctuaciones en costos de insumos, competencia en el mercado y cambios normativos que puedan afectar la viabilidad económica. Un análisis financiero riguroso y estrategias de mitigación de riesgos garantizarán una operación estable.

La adopción creciente de tecnologías sin zanja en infraestructura sanitaria abre oportunidades de expansión. Un plan financiero sólido con estrategias escalables permitirá el crecimiento sostenible del negocio.

10. MARCO TERMINOLÓGICO EN ESPAÑOL

10.1. De la investigación del producto o servicio

Para facilitar la comprensión del presente proyecto, a continuación, se definen los términos y conceptos fundamentales relacionados con las tecnologías sin zanja, el diseño y rehabilitación de redes de alcantarillado, y otros elementos clave abordados en la investigación:

Tecnologías sin zanja:

Conjunto de métodos innovadores que permiten la instalación, rehabilitación o reparación de tuberías subterráneas sin necesidad de realizar excavaciones extensas en la superficie. Estas técnicas minimizan el impacto ambiental, reducen el tiempo de ejecución y generan menor afectación en el entorno urbano.

CIPP (Cured-In-Place Pipe):

Tecnología de rehabilitación sin zanja que consiste en instalar un revestimiento flexible impregnado con resina dentro de una tubería existente. Una vez instalado, el revestimiento se cura utilizando luz ultravioleta, vapor o agua caliente, formando una nueva tubería resistente y duradera en el interior de la original.

Point Repair:

Método de reparación puntual de tuberías que utiliza un revestimiento localizado para reforzar segmentos específicos dañados, sin necesidad de reemplazar toda la red. Es ideal para solucionar grietas, fracturas o juntas desplazadas.

CCTV (Closed-Circuit Television):

Tecnología de inspección que utiliza cámaras de video para evaluar el estado de las tuberías desde su interior. Permite detectar fallas estructurales, obstrucciones y otros problemas, facilitando la planificación de intervenciones de rehabilitación.

Resina epóxica:

Material utilizado en tecnologías como el CIPP y Point Repair, caracterizado por su alta resistencia mecánica, adherencia y capacidad de endurecimiento rápido. Es fundamental para garantizar la durabilidad de las tuberías rehabilitadas.

Alcantarillado combinado:

Sistema de alcantarillado que transporta tanto aguas residuales domésticas como aguas pluviales en la misma red de tuberías. Este tipo de sistema suele ser más susceptible a sobrecargas durante temporadas de lluvias intensas.

Ecoeficiencia:

Principio que busca maximizar el uso de recursos disponibles mientras se minimizan los impactos ambientales. En este proyecto, se aplica al reducir los residuos generados durante la rehabilitación de las redes de alcantarillado y al optimizar el consumo energético.

Infraestructura sanitaria:

Conjunto de sistemas y estructuras destinadas al suministro de agua potable y la recolección, transporte y tratamiento de aguas residuales, esenciales para garantizar la salud pública y la sostenibilidad ambiental.

Diagnóstico técnico:

Proceso de evaluación detallada del estado actual de una red de alcantarillado para identificar problemas como fugas, fracturas o sedimentación. Este análisis es esencial para planificar las intervenciones necesarias.

Provincia de Rionegro, Cundinamarca:

Región geográfica en la que se desarrolla el proyecto, compuesta por los municipios de Villagómez, Paime, El Peñón, Topaipí, San Cayetano, Yacopí y Pacho. Su infraestructura de alcantarillado presenta desafíos relacionados con la antigüedad y falta de mantenimiento.

11. MARCO TERMINOLÓGICO EN INGLÉS

11.1. De la investigación

Trenchless technologies:

A set of innovative methods that allow the installation, rehabilitation, or repair of underground pipelines without extensive surface excavation. These techniques minimize environmental impact, reduce construction time, and cause less impact on the urban environment.

CIPP (Cured-In-Place Pipe):

Trenchless rehabilitation technology that involves installing a flexible, resin-impregnated liner inside an existing pipeline. Once installed, the liner is cured using ultraviolet light, steam, or hot water, forming a strong, durable new pipeline inside the original.

Point Repair:

A method of spot pipe repair that uses localized coating to reinforce specific damaged segments without having to replace the entire pipeline. It is ideal for repairing cracks, fractures, or displaced joints.

CCTV (Closed-Circuit Television):

Inspection technology that uses video cameras to assess the condition of pipes from the inside. It allows for the detection of structural failures, obstructions, and other problems, facilitating the planning of rehabilitation interventions.

Epoxy resin:

A material used in technologies such as CIPP and Point Repair, characterized by its high mechanical strength, adhesion, and rapid hardening capacity. It is essential to ensure the durability of rehabilitated pipes.

Combined sewer:

A sewer system that transports both domestic wastewater and stormwater in the same pipe network. This type of system is usually more susceptible to overloading during periods of heavy rain.

Eco-efficiency:

Principle that seeks to maximize the use of available resources while minimizing environmental impacts. In this project, it is applied by reducing the waste generated during the rehabilitation of sewer networks and by optimizing energy consumption.

Sanitary infrastructure:

Set of systems and structures for the supply of drinking water and the collection, transportation, and treatment of wastewater, essential to ensuring public health and environmental sustainability.

Technical diagnosis:

Process of detailed evaluation of the current state of a sewer network to identify problems such as leaks, fractures, or sedimentation. This analysis is essential for planning necessary interventions.

Province of Rionegro, Cundinamarca:

Geographic region in which the project is being developed, comprising the municipalities of Villagómez, Paima, El Peñón, Topaipí, San Cayetano, Yacopí, and Pacho. Its sewer infrastructure presents challenges related to age and lack of maintenance.

12. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR]. (2023). Diagnóstico de infraestructura sanitaria en la provincia de Rionegro. Bogotá: CAR Cundinamarca.

Empresa de Servicios Públicos de Cundinamarca. (2023). Informe técnico: Estado de redes de alcantarillado en municipios de Rionegro. Cundinamarca: EPC.

Instituto Nacional de Vías [INVIAS]. (2023). Evaluación de infraestructura vial y sanitaria en Cundinamarca. Bogotá: INVIAS.

Plan Departamental de Aguas de Cundinamarca. (2023). Diagnóstico y proyección de servicios sanitarios 2023-2025. Gobernación de Cundinamarca.

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2023). Informe sectorial de servicios públicos en municipios pequeños. Bogotá: Superservicios.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR]. (2024). Evaluación de capacidad y demanda en sistemas de saneamiento básico. Bogotá: CAR.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE]. (2024). Proyecciones poblacionales municipales 2018-2024. Bogotá: DANE.

Empresa de Servicios Públicos de Cundinamarca [EPC]. (2024). Informe técnico: Capacidad instalada y demanda actual en sistemas de alcantarillado. Cundinamarca: EPC.

Plan Departamental de Aguas [PDA]. (2024). Diagnóstico de infraestructura sanitaria en Cundinamarca. Gobernación de Cundinamarca.

Secretaría de Planeación de Cundinamarca. (2024). Análisis de crecimiento poblacional y capacidad de servicios públicos. Cundinamarca: Gobernación de Cundinamarca.

Cobertura Alcantarillado 2016 en Cundinamarca por zonas. (s/f). Mapas y Estadísticas de Cundinamarca. Recuperado el 18 de marzo de 2024, de <https://mapas.cundinamarca.gov.co/maps/cundinamarca-map::cobertura-alcantarillado-2016-en-cundinamarca-por-zonas-2/explore?location=5.336495%2C-74.179133%2C10.88>

SG Ingeniería en Ductos. (n.d.). *Conexiones laterales escudo epóxico*. SG Ingeniería en Ductos. <https://www.sgingenieriaenductos.com/index.php/servicios/rehabilitacion-de-redes-sin-zanja/conexiones-laterales-escudo-epoxico>

SG Ingeniería en Ductos. (n.d.). *Domiciliarias CIPP LED*. SG Ingeniería en Ductos. <https://www.sgingeneriaenductos.com/index.php/servicios/rehabilitacion-de-redes-sin-zanja/domiciliarias-cipp-led>

SG Ingeniería en Ductos. (n.d.). *Redes principales tecnología UV*. SG Ingeniería en Ductos. <https://www.sgingeneriaenductos.com/index.php/servicios/rehabilitacion-de-redes-sin-zanja/redes-principales-tecnologia-uv>

LAMSSTT. (n.d.). *Tecnología sin zanja*. LAMSSTT. <https://lamstt.org/es/tecnologia-sin-zanja>

Quintero-González, J.-R. (2017). Del concepto de ingeniería de tránsito al de movilidad urbana sostenible. *Ambiente Y Desarrollo*, 21(40), 57–72. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd21-40.citm>

Naranjo, C. Vadim, O. (2022). Huella de carbono de la instalación y/o renovación y/o rehabilitación de tuberías de acueducto y alcantarillado: Zanja abierta vs. tecnologías sin zanja. Universidad de los Andes. <https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/d8b78f9b-62b6-4137-8c23-5a8251c29636>

Ramírez, A. (2021). Ahorro y eficiencia en la reparación de infraestructura hidráulica en Colombia. *Journal of Urban Planning*.

Ariaratnam, S. T., Piratla, K., Cohen, A., & Olson, M. (2013). Quantification of Sustainability in Trenchless Projects. North American Society for Trenchless Technology (NASTT).

Lams TT. (2019). Tecnología sin zanja. Recuperado de <https://lamstt.org/es/tecnologia-sin-zanja>

BIBO. (2023, 10 de septiembre). Sabes qué es la tecnología sin zanja y cómo se implementa en los proyectos de EPM. *El Espectador*. <https://www.elespectador.com/ambiente/bibo/sabes-que-es-la-tecnologia-sin-zanja-y-como-se-implementa-en-los-proyectos-de-epm/>

NASTT. (2019). Trenchless Technology Guidelines. North American Society for Trenchless Technology.

Matthews, J. C., Allouche, E. N., & Sterling, R. L. (2015). Social cost impact assessment of pipeline infrastructure projects. *Environmental Impact Assessment Review*, 50, 196-202.

Sociedad de Alcantarillado de los Estados Unidos. (2021). Directrices para el mantenimiento de infraestructura de alcantarillado.

Alcaldías Municipales de la Provincia de Rionegro. (s.f.). Planes de Ordenamiento Territorial o Esquemas de Ordenamiento Territorial. Cundinamarca, Colombia.

Congreso de Colombia. (1994). Ley 142 de 1994. Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Bogotá, Colombia.

Gobernación de Cundinamarca. (s.f.). Plan de Desarrollo de Cundinamarca. Cundinamarca, Colombia.

ICONTEC. (2004). NTC 1500: Código Colombiano de Fontanería. Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

ICONTEC. (2019). NTC 3721: Métodos para rehabilitación de tuberías sin zanja. Bogotá, Colombia: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). Resolución 1096 de 2000. Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2016). Reglamento Técnico de Agua y Saneamiento (RAS) - Título D: Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Pluviales. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). Resolución 0330 de 2017. Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS. Bogotá, Colombia.

Presidencia de la República de Colombia. (2015). Decreto 1077 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio. Bogotá, Colombia.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca [CAR]. (2018). Estudio de diagnóstico y vulnerabilidad hidráulica de los sistemas de alcantarillado en la jurisdicción CAR. Biblioteca Digital CAR.

Empresas Públicas de Cundinamarca. (2020). Diagnóstico técnico del estado de redes de acueducto y alcantarillado en municipios de Cundinamarca 2019-2020. Informes Técnicos EPC.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2021). Reporte técnico: Evaluación de costos en intervenciones de infraestructura sanitaria en zonas de alta complejidad topográfica. Colombia.

Lee, J., & Kim, S. (2024). Development of Eco-friendly CIPP Resins: Performance and Environmental Impact Analysis. *Journal of Environmental Engineering*, 150(2), 45-58.

Matthews, R., Johnson, P., & Smith, A. (2023). Advanced Composite Materials in CIPP Applications: A Performance Analysis. *Journal of Trenchless Technology*, 38(4), 112-125.

Roberts, C., Anderson, M., & Wilson, K. (2023). High-Temperature CIPP Solutions for Tropical Regions. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 45(1), 89-102.

Schmidt, H., & Wang, L. (2022). Hybrid Curing Systems for CIPP: Optimization and Performance. *Construction and Building Materials*, 340, 127-139.

Thompson, B., & García, M. (2023, April). Smart CIPP Systems: Integration of IoT for Structural Health Monitoring. In *Proceedings of the International No-Dig Conference 2023* (pp. 78-89).

Álvarez, M., & Rodríguez, J. (2023). "Tecnologías sin zanja en Colombia: Un análisis de implementación". *Revista Colombiana de Ingeniería*, 45(2), 78-92.

Benavides, L. (2023). "Desarrollo sostenible en infraestructura urbana". *Journal of Urban Development*, 15(3), 245-260.

Cámara Colombiana de la Construcción - CAMACOL. (2023). *Informe Anual del Sector Construcción 2023*. Bogotá: CAMACOL Ediciones.

Banco de Desarrollo de América Latina - CAF. (2023). *Perspectivas de la infraestructura en Colombia 2023-2025*. Caracas: CAF.

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca - CAR. (2023). *Diagnóstico ambiental del sector construcción en Cundinamarca*. Bogotá: CAR.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. (2023). *Boletín técnico: Indicadores económicos alrededor de la construcción*. Bogotá: DANE.

Departamento Nacional de Planeación - DNP. (2023). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026: Construcción sostenible*. Bogotá: DNP.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2023). *Política Nacional de Construcción Sostenible*. Bogotá: MinVivienda.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2023). *Guía de criterios ambientales para el sector construcción*. Bogotá: MinAmbiente.

Secretaría de Planeación de Cundinamarca. (2023). *Plan de Desarrollo Departamental 2023-2025*. Cundinamarca: Gobernación.

Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico - CRA. (2023). *Resolución CRA 688 de 2023: Marco tarifario para acueducto y alcantarillado*. Bogotá: CRA.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas - ICONTEC. (2023). *Norma Técnica Colombiana NTC 1500: Código Colombiano de Instalaciones Hidráulicas y Sanitarias*. Bogotá: ICONTEC.

Observatorio de Infraestructura Colombia. (2023). *Tendencias y pronósticos del sector construcción 2023-2024*. Bogotá.

PricewaterhouseCoopers - PwC Colombia. (2023). *Análisis del mercado de construcción en Colombia*. Bogotá: PwC.

Consolidado Presupuestal Provincial. (2024). *Inversión en infraestructura hídrica y sanitaria en la provincia de Río Negro*. Gobernación de Cundinamarca.

Jiménez, L. (2023). *Patrones de inversión en infraestructura municipal: Caso provincia de Río Negro*. Universidad de Cundinamarca.

Morales, R. (2023). Análisis de mercado para tecnologías de renovación de infraestructura en provincias de Cundinamarca. *Revista de Estudios Regionales*, 42(3), 45-67.

Plan Provincial de Agua y Saneamiento. (2024). *Diagnóstico y proyecciones de infraestructura 2024-2030: Provincia de Río Negro*. Empresas Públicas de Cundinamarca.

Comunicación Técnica Municipal. (2024). *Estrategias visuales para tecnologías complejas en entornos institucionales*. Universidad de La Sabana.

Estrategias de Comunicación Municipal. (2023). *Modelos B2G efectivos en infraestructura pública*. Asociación Colombiana de Comunicación Gubernamental.

Estrategias de Marketing Municipal. (2024). *Ciclos promocionales en contratación pública en Colombia*. ESAP.

Estudio de Mercado Provincial. (2024). *Disposición a pagar por innovación en infraestructura en municipios de Cundinamarca*. Cámara de Comercio Regional.

Logística de Proyectos Regionales. (2023). *Optimización de recursos en intervenciones multimunicipales*. Universidad Nacional de Colombia.

Mendoza, J. (2022). *Canales de distribución para tecnologías de infraestructura municipal*. Revista Colombiana de Marketing, 14(3), 67-85.

Ochoa, F. (2023). *Programas de garantía extendida en infraestructura pública*. Ingeniería y Confiabilidad, 28(4), 78-94.

Percepciones Municipales. (2023). *Factores críticos en la selección de tecnologías para infraestructura subterránea*. Federación Colombiana de Municipios.

Ramírez, C., & Vega, M. (2023). *Estructuración de precios en contratación pública para municipios intermedios*. Revista de Administración Pública, 32(2), 98-115.

13. ANEXOS

13.1 Anexos del ESTUDIO DE MERCADO (Documento trabajado en la asignatura de Administración)

13.2 Anexos del PLAN DE MARKETING (Documento trabajado en la asignatura de administración)

13.3 Anexos del PLANTEAMIENTO DE CREACIÓN DE LA EMPRESA trabajo de administración.

13.4 Presentación en power point

13.5 Fotografías (o Registro fotográfico del prototipo)

13.6 Maqueta virtual o videos

13.7 Cuadros del plan financiero o de la Cámara de Comercio.

13.9 Poster