



**INSTALACIÓN DE TUBERÍA SIN ZANJA. BENEFICIOS Y
ESTRATEGIAS DE INNOVACIÓN EN OBRAS DE ACUEDUCTO Y
ALCANTARILLADO**

María Fernanda González Turmequé

Marcos Roberto Méndez Gómez

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual y a Distancia

Maestría en Gerencia de la Innovación en Proyectos

Sublínea de investigación: Gestión de la innovación para el desarrollo sostenible y la
consolidación empresarial.

julio de 2025

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

**INSTALACIÓN DE TUBERÍA SIN ZANJA. BENEFICIOS Y
ESTRATEGIAS DE INNOVACIÓN EN OBRAS DE ACUEDUCTO Y
ALCANTARILLADO**

María Fernanda González Turmequé

Marcos Roberto Méndez Gómez

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Magíster en Gerencia de la
Innovación en Proyectos

Asesora

Jazmín Arias Hernández

Dra. Estudios Latinoamericanos en Territorio, Sociedad y Cultura

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual y a Distancia

Maestría en Gerencia de la Innovación en Proyectos

Julio de 2025

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de grado a Dios, a nuestros padres y a nuestra familia, como un sincero reconocimiento por su amor incondicional, su guía constante y su fortaleza en cada etapa de nuestra formación académica y profesional. A Dios, por ser nuestra luz y nuestro refugio en los momentos de incertidumbre, por darnos sabiduría, perseverancia y fe para continuar cuando el camino se tornaba difícil.

A nuestros padres, quienes con esfuerzo, sacrificio y profundo amor sembraron en nosotros los valores del compromiso, la responsabilidad y la superación. Gracias por creer en nosotros incluso cuando nosotros mismos dudamos, por sus palabras de aliento, su paciencia infinita y su ejemplo de vida que ha sido nuestra mayor inspiración.

A nuestra familia, por ser nuestro apoyo emocional, nuestro refugio y nuestra motivación constante. Por estar presentes en cada logro, pero también en cada tropiezo, recordándonos con su cariño y compañía la importancia de seguir adelante.

Este logro no es solo nuestro, sino de cada uno de ustedes, porque han sido parte esencial de este proceso. Gracias por acompañarnos desde la carrera, la especialización y ahora en esta etapa culminante de la Maestría, por sostenernos en los momentos más exigentes y celebrar cada paso con nosotros.

Con todo nuestro cariño, respeto y gratitud, esta dedicatoria es para ustedes.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos, en primer lugar, a Dios, quien nos ha dado la fortaleza y sabiduría para llevar a cabo esta investigación. A nuestros padres, por su amor incondicional, apoyo y enseñanzas, que han sido el pilar fundamental en nuestro crecimiento personal y académico. A nuestra tutora, Dra. Jazmín Arias Hernández, por su orientación, paciencia y dedicación, cuyo acompañamiento fue clave en el desarrollo de este trabajo. También expresamos nuestra gratitud a nuestros docentes, compañeros y todas aquellas personas que, con sus aportes, conocimientos y palabras de aliento, hicieron posible la realización de este estudio. Finalmente, agradecemos a la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO por brindarnos las herramientas y el espacio necesario para la construcción de este conocimiento, así como a las instituciones y profesionales que facilitaron información esencial para nuestra investigación.

CONTENIDO

Lista de tablas	4
Lista de anexos	5
Resumen	6
Abstract	7
INTRODUCCIÓN	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.1. Descripción del problema.....	10
1.2. Problema concreto	16
1.3. Pregunta de investigación.....	17
1.4. Objetivos de investigación.....	17
1.4.1. Objetivo general	17
1.4.2. Objetivos específicos.....	17
1.5. Justificación de la investigación	18
2. MARCO DE REFERENCIA.....	20
2.1 MARCO TEÓRICO.....	20
2.1.1. Tecnología de Instalación de Tubería sin Zanja.....	20
2.1.1.1. Técnicas de tecnología de instalación de tuberías sin zanja.....	21
2.1.1.2. Impacto ambiental y sostenibilidad.....	28
2.1.1.3. Barreras y oportunidades para la adopción.	29
2.1.2. Innovación tecnológica y gestión de la innovación.....	30
2.2. ESTADO DEL ARTE	34
3. METODOLOGÍA.....	38
3.1. Postura epistemológica	38
3.2. Enfoque, alcance y tipo de investigación	39
3.3. Población y muestra.....	40
3.3.1. Definición de la población.....	40
3.3.2. Cálculo y selección de la muestra	41
3.4. Diseño metodológico.....	44

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

3.5. Instrumentos de recolección de información.....	47
3.5.1. Proceso de Validación.....	47
3.5.2. Instrumentos de recolección final.....	49
3.6. Análisis de información.....	51
3.7. Consideraciones éticas.....	53
3.7.1. Análisis de consideraciones éticas.....	53
3.7.2. Instrumentos de aceptación y autorización.....	54
4. RESULTADOS.....	55
4.1. Análisis de resultados.....	55
4.2. Discusión de resultados.....	87
5. CONCLUSIONES.....	92
REFERENCIAS.....	95
ANEXOS.....	105

Lista de tablas

Tabla 1. Nivel de confianza de la muestra.....	44
Tabla 2. Análisis de resultados objetivo 1.	55
Tabla 3. Análisis de resultados objetivo 2.	63
Tabla 4. Análisis de resultados objetivo 3.	71
Tabla 5. . Análisis de resultados objetivo 4.	79
Tabla 6. Análisis de costos del tramo de 100m a Zanja Abierta.....	84
Tabla 7. Análisis de costos del tramo de 100m metodología sin zanja Pipe Bursting	84

Lista de ilustraciones

Ilustración 1. Microtunelling. Tomado de The International Society for Trenchless Technology (2016).	22
Ilustración 2. Auger Boring. Tomado de The International Society for Trenchless Technology (2016).	23
Ilustración 3. perforación e hincado de tubería por golpeo (Pipe ramming). Tomado de The International Society for	24
Ilustración 4. Topos neumáticos. Tomado de: https://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/240273-El-topo-para-la-instalacion-de-acometidas-sin-zanjas.html	24
Ilustración 5. Pipe bursting. Tomado de http://www.olsenplant.co.uk/pipe-bursting.html	25
Ilustración 6. Perforación Horizontal Dirigida (HDD). Tomado de: https://lamstt.org/es/tecnologia-sin-zanja/guias-de-tecnologias-sin-zanja/nuevas-instalaciones/perforacion-horizontal-dirigida-phd	26
Ilustración 7. Revestimiento deslizante continuo (slippinning). Tomado de The International Society for Trenchless Technology (2016).	26
Ilustración 8. Curado de la tubería in situ (Cured in place pipe). Tomado de The International Society for Trenchless	27
Ilustración 9. Perforación con barrena convencional (Auger Boring). Tomado de: https://perfotecnica.com.pe/auger-boring/	28

Lista de anexos

Anexo N° 1. Proceso de obtención de validaciones.	105
Anexo N° 2. Instrumento de encuestas a ingenieros contratistas y supervisores de obras en Bogotá y la Guajira aprobado.	112
Anexo N° 3. Instrumento de encuestas a personal de ejecución de obra en Bogotá y la Guajira aprobado.	115
Anexo N° 4. Instrumento de encuestas a personas de la comunidad en Bogotá y la Guajira aprobado.	119
Anexo N° 5. Instrumento de entrevistas realizadas a representantes legales aprobado.....	122
Anexo N° 6. Instrumento de entrevistas realizadas a ingenieros aprobado.....	123
Anexo N° 7. Instrumento de entrevistas realizadas a personal profesional de obra aprobado. ..	124
Anexo N° 8. Consentimientos informados.	125
Anexo N° 9. Resultados de encuestas.....	140
Anexo N° 10. Resultados de entrevistas.	165

Resumen

En contraste con los métodos tradicionales de excavación, la tecnología de instalación de tubería sin zanja reduce el impacto ambiental, baja los costos y evita traumatismos prolongados en el tráfico y en el normal desarrollo cotidiano de la vida urbana. No obstante, su adopción en algunas zonas colombianas su implementación enfrenta dificultades por barreras como la falta de conocimiento, resistencia al cambio y limitaciones presupuestarias.

La presente investigación realizó un análisis de los beneficios de la tecnología de la instalación de tubería sin zanja en obras de acueducto y alcantarillado, frente a los métodos tradicionales que actualmente se utilizan en proyectos de excavación a zanja abierta. A través de un enfoque mixto, que incluyó análisis cuantitativo y cualitativo de proyectos en Bogotá y La Guajira.

Los resultados obtenidos muestran que la tecnología de instalación de tubería sin zanja permite una reducción significativa en los tiempos de ejecución (hasta 70%), reduce los costos de operación en aproximadamente un 8%, y genera un impacto ambiental mucho menor. A nivel social, las comunidades perciben esta tecnología es menos invasiva, al evitar ruidos, escombros en grandes cantidades, interrupciones viales y riesgos a la seguridad, no obstante, existen obstáculos para su adopción como la falta de conocimiento técnico, la falta de conocimiento en la forma de ejecución operativa en algunas regiones, y la inexistencia de una normativa nacional que regule la implementación de nuevas tecnologías y sus buenas prácticas.

La investigación concluye que estas nuevas tecnologías de la instalación de la tubería sin zanja no solo son una alternativa técnicamente viable y ambientalmente sostenible, sino también en el ámbito social es favorable, para su implementación efectiva en Colombia se requiere de una estrategia integral de gestión de innovación que incluya la capacitación a todos sus operadores, una divulgación masiva, un fortalecimiento institucional que crea en las nuevas tecnologías y su adaptación normativa, para consolidarla como una solución moderna frente al deterioro de las redes subterráneas en el país.

Palabras clave: Sistemas hidráulicos urbanos, métodos constructivos sostenibles, rehabilitación de infraestructuras, saneamiento.

Abstract

In contrast to traditional excavation methods, trenchless pipe installation technology reduces environmental impact, lowers costs, and avoids long-term disruptions to traffic and the normal flow of urban life. However, its adoption in some Colombian areas faces challenges due to barriers such as lack of knowledge, resistance to change, and budgetary constraints.

This research analyzes the benefits of trenchless pipe installation technology in water and sewer projects compared to traditional methods currently used in open-trench excavation projects. It uses a mixed approach, including quantitative and qualitative analysis of projects in Bogotá and La Guajira.

The results obtained show that trenchless pipe installation technology allows for a significant reduction in execution times (up to 70%), reduces operating costs by approximately 8%, and generates a much lower environmental impact. At the social level, communities perceive this technology as less invasive, avoiding noise, large amounts of debris, road disruptions, and safety risks. However, there are obstacles to its adoption, such as a lack of technical knowledge, a lack of understanding of operational execution methods in some regions, and the lack of national regulations governing the implementation of new technologies and their best practices.

The research concludes that these new trenchless pipeline installation technologies are not only a technically viable and environmentally sustainable alternative, but also socially favorable. Their effective implementation in Colombia requires a comprehensive innovation management strategy that includes training for all operators, widespread dissemination, institutional strengthening that believes in new technologies, and their regulatory adaptation, to consolidate them as a modern solution to the deterioration of underground networks in the country.

Keywords: Urban hydraulic systems, sustainable construction methods, infrastructure rehabilitation, sanitation.

INTRODUCCIÓN

La gestión de la innovación se ha manifestado como uno de los factores clave en la modernización de infraestructuras fundamentales, especialmente en el sector de acueducto y alcantarillado. En este contexto, la tecnología de instalación de la tubería sin zanja se presenta como una solución innovadora que optimiza los procesos de rehabilitación y renovación de redes subterráneas, minimizando el impacto ambiental y reduciendo los costos asociados a la excavación tradicional (Kaushal et al., 2020). Sin embargo, su adopción en Colombia enfrenta múltiples desafíos, incluyendo la falta de capacitación y conocimiento sobre las diferentes tecnologías existentes, la falta de aceptación al cambio por parte de los actores involucrados y las limitaciones presupuestarias (Chaves Pabón et al., 2018).

Este estudio tiene como objetivo diseñar una estrategia de gestión de la innovación para dar a conocer y simplificar la adopción y promoción de la utilización de las nuevas tecnologías de instalación de tubería sin zanja en los diferentes departamentos o municipios colombianos que aún no la han implementado. Para ello, se analizaron las dificultades que limitan su aplicación, se analizaron los beneficios frente a las tecnologías tradicionales a zanja abierta y se plantearon estrategias de divulgación dirigidas a los actores clave del sector (Gutiérrez Ulloa y Gómez Vargas, 2020).

El estudio se enmarca en la sublínea de investigación "Gestión de la innovación para el desarrollo sostenible y la consolidación empresarial", alineándose con las tendencias globales y locales en infraestructura sostenible. En el contexto internacional, organismos como la American Society of Civil Engineers (ASCE) y la Comisión Europea, indican que se debe realizar una renovación de redes que no da espera tanto en las redes de distribución de agua, como en las de saneamiento, resaltando la implementación de las nuevas tecnologías de instalación de tubería sin zanja como una solución efectiva y que no proporciona mayores contratiempos (European Union Commission, 2020). Para nadie es un secreto y a nivel local, en Colombia, el Banco Mundial ha señalado que aproximadamente el 30% de la población rural carece de acceso adecuado a servicios de agua y saneamiento, lo que indica la importancia de implementar soluciones eficientes y sostenibles en nuestro país, para así desarrollar proyectos de desarrollo más eficientes (Banco Mundial, 2020).

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

Este trabajo se estructura en cinco capítulos. En el Capítulo 1, se realiza el planteamiento del problema de investigación, destacando los inconvenientes existentes para la adopción de la tecnología de instalación de la tubería sin zanja en Colombia, y se formulan los objetivos y la pregunta orientadora. El Capítulo 2 presenta el marco de referencia, donde se exponen los fundamentos teóricos sobre la tecnología de instalación de tubería sin zanja, su impacto ambiental, las barreras y oportunidades de adopción, y los conceptos claves sobre innovación tecnológica. En el Capítulo 3, se describe la metodología empleada, fundamentada en un enfoque mixto, detallando el proceso de recolección, validación y análisis de la información recolectada en campo. El Capítulo 4 desarrolla los resultados de la investigación, evidenciando, entre otros hallazgos, que la tecnología de instalación de tubería sin zanja reduce significativamente los tiempos y costos de ejecución, mejora la percepción social de las obras y genera menores impactos ambientales. El Capítulo 5 se expone las conclusiones generales.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

La tecnología de instalación de tubería sin zanja representa una solución eficiente para la rehabilitación de infraestructuras subterráneas con sus diversos métodos existentes, pero su implementación en departamentos colombianos donde aún no son conocidas estas técnicas enfrenta barreras significativas, como la falta de conocimiento, resistencia al cambio y limitaciones presupuestarias.

La gestión de la innovación abre una ventana de enormes posibilidades donde se ha posicionado como un motor clave para la transformación económica en diversas industrias, incluyendo la construcción y la infraestructura. Este enfoque es crucial para la adopción de nuevas tecnologías para la instalación de tubería sin zanja, ya que fomenta la colaboración entre diferentes actores dentro del proceso, incluyendo empresas, universidades y centros de investigación, lo que puede facilitar de uno u otro modo la transferencia de conocimiento, tecnología y el desarrollo de capacidades locales (Gil et al., 2020). Sin embargo, la escasa investigación publicada sobre el uso de tecnologías de construcción o instalación de tubería sin zanja en el país limita la capacidad de los profesionales para tomar decisiones informadas y claves para el desarrollo del país (Chaves Pabón et al., 2018).

Por ello, es necesario expandir el conocimiento al igual que investigar qué modelos de gestión son más efectivos para superar las barreras existentes, considerando factores sociales, económicos y culturales que influyen en la recepción de innovaciones en el contexto colombiano. Así, el estudio busca responder cómo las estrategias de gestión de innovación pueden promover la tecnología de instalación de tubería sin zanja en estas comunidades.

Contexto global

La Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE) ha señalado que gran parte de la infraestructura de agua y alcantarillado en Estados Unidos está envejeciendo y llegando al final de su vida útil y teniendo en cuenta toda la infraestructura subterránea que se tienen desarrolladas bajo las grandes metrópolis, requiere inversiones significativas para su renovación y la utilización de nuevas tecnologías de instalación de tuberías para así evitar fallas que podrían

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

afectar a millones de personas y a sus economías. Un informe de 2020 de la ASCE y la Value of Water Campaign destacó que muchas instalaciones de agua potable y tratamiento de aguas residuales están alcanzando el final de sus vidas útiles, estimadas entre 75 y 100 años de antigüedad, lo que ha llevado a un aumento en las interrupciones del servicio y pérdidas económicas (American Society of Civil Engineers, 2020).

Además, un estudio de 2024 de la Universidad Estatal de Utah, publicado por la ASCE, reveló que, en Estados Unidos y Canadá, aproximadamente el 20% de las tuberías de agua han superado su vida útil sin ser reemplazadas debido a la falta de fondos, lo que representa una necesidad de inversión de alrededor de \$452 mil millones de dólares americanos, para abordar este problema y tener una solución eficaz y efectiva que no cause traumatismos (American Society of Civil Engineers, 2024).

Esta situación crítica subraya la urgencia de realizar inversiones sustanciales y renovaciones masivas en la infraestructura de agua y alcantarillado para evitar fallas catastróficas para el medio ambiente que podrían afectar el suministro de agua potable y el tratamiento de aguas residuales para millones de personas.

Uno de los enfoques más innovadores y eficientes para abordar esta crisis es el uso de tecnologías de instalación de tubería sin zanja, un conjunto de métodos de construcción y rehabilitación de tuberías que minimizan la necesidad de excavaciones profundas, para así mitigar el impacto que generaría una instalación de tubería de forma tradicional y esto sin contar con el peligro que representa el tener que realizar zanjas en las cuales se expone la vida de los colaboradores y de los transeúntes.

Por su parte, la European Union Commission menciona que, a nivel europeo, se ha identificado la necesidad de renovar hasta el 25% de las redes de distribución de agua y saneamiento antes de 2030, debido al impacto del cambio climático y el envejecimiento de infraestructuras construidas entre 1950 y 1980, otro de los aspectos a tener en cuenta es la calidad del agua potable que se está suministrando a su población y el riesgo a una emergencia sanitaria, estas redes deben ser renovadas minimizando los diferentes riesgos que se pueden presentar, implementando las tecnologías de instalación de tubería sin zanja para una mayor optimización en los trabajos y mayor eficiencia (European Union Commission, 2020).

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

En tanto, el Banco Mundial (2020) destaca que, en muchos países en vías de desarrollo, especialmente en América Latina y África, las pérdidas de agua debido a tuberías obsoletas o dañadas alcanzan hasta el 50%. Actualmente el estado estructural e hidráulico de los sistemas de alcantarillados en las principales ciudades de Latinoamérica es constantemente cuestionado, ya que estas redes fueron construidas hace varios años y su vida útil está a punto de culminar o ya ha culminado. (SG Ingeniería en ductos S.A.ESP., 2016). Esto exige inversiones urgentes en tecnologías de instalación sin zanja para evitar cortes de agua y mejorar la eficiencia de la distribución, pues es importante detener la pérdida de agua potable y la filtración de aguas residuales, las cuales pueden llegar a causar una emergencia sanitaria.

Un estudio de Allied Market Research indica que el mercado de tecnologías de instalación de tubería sin zanja se valoró en \$4.4 mil millones de dólares en 2023 y se espera que alcance \$7.3 mil millones de dólares para 2032, creciendo a una CAGR (Compound Annual Growth Rate o Tasa de crecimiento Anual compuesta) del 5.8%. El envejecimiento de las infraestructuras subterráneas y los riesgos ambientales latentes, promueven la utilización de métodos de rehabilitación menos invasivos y que son factores clave que impulsan este crecimiento (Business Wire, 2024).

La tecnología de instalación de tubería sin zanja ha sido implementada en diversas regiones del mundo para la instalación nueva y/o rehabilitación de infraestructuras subterráneas, estas ofrecen beneficios significativos en términos ambientales y técnicos que ayudan al crecimiento de las ciudades.

En América del Norte, la ciudad de Houston ha sido reconocida por el uso de tecnologías de instalación de tubería sin zanja en la mejora de su infraestructura envejecida. Un proyecto destacado es la rehabilitación de un colector sanitario de 60 pulgadas mediante el método de Cured-In-Place Pipe (CIPP), el cual es uno de los métodos que hace parte del abanico de posibilidades para la realización de estas actividades, que permitió minimizar las interrupciones y reducir el impacto ambiental (Trenchless Technology, 2022).

En Londres, Inglaterra, en la modernización del sistema de alcantarillado victoriano construido entre los años (1837–1901), se han empleado técnicas de instalación sin zanja para preservar la infraestructura histórica y minimizar las alteraciones en la superficie. Un ejemplo es

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

la renovación de una línea de alcantarillado que atraviesa un parque, utilizando tecnología de perforación dirigida, la cual beneficia no solo a los constructores también beneficio a la comunidad que realiza la utilización de este espacio como fines recreativos (FS Tech, 2024).

En Australia, se han llevado a cabo proyectos de rehabilitación de tuberías de alcantarillado utilizando tecnologías de instalación de tubería sin zanja, estos proyectos incluyen la rehabilitación de tuberías de diámetros entre 150 y 300 mm, empleando métodos que reducen las interrupciones en áreas urbanas y cuyo impacto minimiza la vida cotidiana de sus pobladores (Abergeldie Complex infrastructure, n.d.)

En Brasil, en el distrito de Santo Amaro, se rehabilitaron más de 500 metros de una tubería de agua potable utilizando el proceso curado con luz ultravioleta (UV-CIPP). Este proyecto aseguró el suministro continuo de agua a aproximadamente 900.000 familias, demostrando la eficacia de las tecnologías de instalación de tubería sin zanja en la mejora de infraestructuras críticas, por otro lado la comunidad no se vio afectada en su día a día por el proyecto (Saertex Multicom, 2023).

China ha experimentado un crecimiento significativo en el uso de tecnologías de instalación de tubería sin zanja, especialmente en la rehabilitación de tuberías de alcantarillado, métodos como el CIPP curado con luz ultravioleta (UV), el revestimiento en espiral y el *Spray-In-Place Pipe* (SIPP) son comúnmente utilizados para mejorar la infraestructura subterránea en áreas urbanas densamente pobladas y donde su desarrollo subterráneo hacen que sea un desafío realizar este tipo de intervenciones (Trenchless Works, 2021).

La aplicación global de tecnologías de instalación de tuberías sin zanja ha permitido que países de todo el mundo modernicen sus infraestructuras de manera sostenible y con un menor impacto urbano. Desde las grandes ciudades con sus economías desarrolladas hasta regiones en vías de desarrollo donde se han utilizado las nuevas tecnologías, se ha demostrado ser una solución eficiente y de bajo impacto ambiental que ayuda de una forma u otra a conservar el ritmo de vida sin mayores inconvenientes.

La minimización de interrupciones en el tráfico y en la vida cotidiana de las personas ha sido un factor determinante en su aceptación por parte de las comunidades urbanas, asimismo, la instalación o renovación de tubería sin zanja, más el uso de materiales innovadores han

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

contribuido a mejorar la calidad del agua y reducir las pérdidas por fugas en los sistemas de distribución.

Contexto local

La problemática de la reposición de tuberías en zonas rurales en Colombia es un desafío significativo que impacta la calidad del servicio de agua potable y saneamiento, a esto se debe sumar la resistencia al cambio que se presenta para la utilización de nuevas alternativas de trabajo ya sea por su costo o por su impacto social. Según el Banco Mundial (2020), aproximadamente el 30% de la población rural en Colombia carece de acceso a servicios adecuados de agua y saneamiento, lo que genera un riesgo considerable para la salud pública y el bienestar social. Este déficit se ve agravado por la antigüedad de las infraestructuras existentes, que, en muchos casos, no cumplen con las necesidades actuales de la población. Se estima que, en la ciudad de Bogotá, el 78 % de las redes de alcantarillado sanitario y pluvial superan los 50 años de construcción, y, en su mayoría, requieren rehabilitación o reemplazo (Pinzón, 2011).

Aunque la tecnología de instalación de tubería sin zanja ofrece claros beneficios en términos de sostenibilidad y eficiencia, su adopción en Colombia requiere superar barreras culturales, económicas y técnicas mediante una adecuada gestión de innovación y la participación de actores gubernamentales y comunitarios, partiendo de las experiencias y del conocimiento empírico que se ha tenido en la implementación de estas tecnologías en ciudades como Bogotá y Medellín principalmente. En Medellín, por ejemplo, el proyecto Centro Parrilla implementó cinco tecnologías sin zanja en el 70% de las redes y una de las utilizadas fue la de microtuneladora, lo que permitió la modernización del sistema sin afectar significativamente la vida urbana, no afectó la movilidad, ni el comercio que se presenta en la zona (Empresas públicas de Medellín, 2019)

La implementación de tecnologías sin zanja para la instalación y rehabilitación de tuberías ha ganado relevancia en Colombia, especialmente en Bogotá, debido a sus múltiples beneficios en comparación con los métodos tradicionales de zanja abierta y debido a las investigaciones desarrolladas por distintas universidades. Estas técnicas permiten minimizar las excavaciones, el tiempo, reduciendo el impacto ambiental y las molestias a la comunidad. (Barajas Rueda, 2024).

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá ha adoptado estas tecnologías en proyectos recientes en busca de la reducción de tiempos e incrementando los beneficios a la ciudadanía. Un ejemplo es la instalación de dos modernas tuberías para recoger aguas lluvias en la zona oriental de la ciudad, beneficiando a más de 17.000 habitantes. Estas obras, con una inversión de 67.000 millones de pesos, emplearon el método de Pipe jacking o hincado de tuberías, que permite instalar las tuberías sin abrir zanjas ni cerrar vías, reduciendo así los impactos ambientales y las molestias a la comunidad (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2019).

Desde el año 2009, en Colombia se fundó una asociación de carácter técnico y sin ánimo de lucro, enfocada en las tecnologías sin zanja, la infraestructura subterránea y en temas ambientales. Esta organización está afiliada desde junio de 2021 a la Sociedad Internacional de Tecnología Sin Zanja (International Society for Trenchless Technology - ISTT) y se dedica a promover, capacitar, divulgar e investigar en este campo. Entre sus miembros platino se encuentran la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y Empresas Públicas de Medellín (EPM), ambas reconocidas como pioneras en la implementación de estas tecnologías para la renovación de sus redes hidrosanitarias. Además, estas entidades son las principales prestadoras de servicios públicos en las dos ciudades más grandes del país. (Estrada González y Forero Fajardo, 2018)

En Colombia hay más ciudades que también han avanzado en la implementación de estas tecnologías. En Bucaramanga, la Empresa Pública de Alcantarillado de Santander (EMPAS) ha utilizado el sistema sin zanja tipo túnel Linner, que evita abrir zanjas y permite avanzar en obras sin interrumpir la vida urbana adicional se redujo el tiempo de ejecución, las costas del proyecto y también se minimizó el riesgo a daños a infraestructuras existentes. (Empas S.A ESP, 2019)

En Cali, EMCALI ha utilizado tecnologías de instalación de tuberías sin zanja en obras cercanas a la Planta Río Cali para la optimización, aseguramiento de cantidad y calidad de agua de sus cinco plantas de tratamiento de agua potable, lo que ha evitado cierres viales y reducido el impacto comunitario (EMCALI, 2020).

Por su parte, en Barranquilla, la empresa Triple A implementa sistemas de inspección de redes con inteligencia artificial la cual permite establecer los puntos de mantenimiento con una

mejor precisión, lo que mejora la toma de decisiones y reduce intervenciones físicas innecesarias (El Heraldo, 2025).

A pesar de los beneficios operativos, económicos y ambientales que ofrecen las tecnologías de instalación de tuberías sin zanja (TSZ), su implementación en Colombia ha sido mínima. Uno de los principales obstáculos es la ausencia de una normativa específica que regule su uso y una buena capacitación a los actores del proceso, lo cual genera incertidumbre técnica y jurídica entre los actores del sector y esto conlleva a una resistencia al cambio. Además, el desconocimiento generalizado sobre estas tecnologías de instalación, sumado al escaso interés por parte de empresas, entidades públicas y universidades en adoptar métodos innovadores, ha restringido su aplicación en el país (Santos Gómez, 2017). A esto se suma el hecho de que, aunque las TSZ pueden representar ahorros a largo plazo, su costo inicial suele parecer más alto que el de los métodos tradicionales debido a que al no ser tan utilizado se presenta un monopolio en los insumos y un elevado costo de ellos, lo que ha llevado a que sus beneficios sean subestimados o ignorados en muchos procesos de toma de decisiones (Esteban y Callejas, 2018).

En resumen, la adopción de tecnologías de instalación de tubería sin zanja en Colombia, y particularmente en Bogotá, ha demostrado ser una solución eficiente y sostenible para la instalación y rehabilitación de tuberías, estas técnicas no solo ofrecen beneficios económicos y operativos, sino que también contribuyen a la protección del medio ambiente y al bienestar de la comunidad y al masificar su uso los costos se reducirán aun mas.

1.1. Problema concreto

Las tecnologías de instalación de tubería sin zanja representan una solución eficiente tanto para la rehabilitación como la instalación de nuevas infraestructuras subterráneas, pero su adopción en Colombia enfrenta barreras significativas, como la falta de conocimiento, resistencia al cambio, las limitaciones presupuestarias, el entendimiento de su funcionamiento y sus función.

La gestión de la innovación se ha posicionado como un movimiento clave para la transformación económica en diversas industrias, incluyendo la construcción y la infraestructura. Este enfoque es crucial para la adopción de tecnologías como la instalación de tubería sin zanja, ya que fomenta la colaboración entre diferentes actores, incluyendo empresas, universidades y

centros de investigación, lo que puede facilitar la transferencia de tecnología y el desarrollo de capacidades personal local (Gil et al., 2020).

Sin embargo, es necesario investigar qué modelos de gestión son más efectivos para superar las barreras existentes y masificar su aplicación, considerando factores sociales, económicos y culturales que de una u otra forma influyen en la recepción de innovaciones en el contexto colombiano. Así, el estudio busca la aceptación de cómo las estrategias de gestión de innovación pueden promover las tecnologías de instalación de tubería sin zanja en estas comunidades.

1.2. Pregunta de investigación

¿Cómo pueden las estrategias de gestión de innovación facilitar la adopción y promoción de las tecnologías de instalación de tubería sin zanja en los departamentos colombianos que aún no la han implementado?

1.3. Objetivos de investigación

1.3.1. Objetivo general

Diseñar una estrategia de la gestión de innovación para la adopción y promoción de las tecnologías de instalación de tubería sin zanja en departamentos colombianos que aún no la han implementado.

1.3.2. Objetivos específicos

1.3.2.1. Identificar las afectaciones potenciales al entorno urbano, incluyendo la infraestructura vial, que podrían surgir con el uso de tecnologías de tubería con zanja en comparación con las tecnologías sin zanja.

1.3.2.2. Contrastar los beneficios de las obras civiles de acueducto y alcantarillado mediante las tecnologías de instalación de tubería sin zanja frente a las tecnologías tradicionales de tubería con zanja.

1.3.2.3. Determinar las barreras que limitan la adopción de las tecnologías de instalación de tubería sin zanja en contextos de baja implementación.

1.3.2.4. Formular una estrategia de divulgación basada en percepciones y conocimientos de actores gubernamentales y comunitarios sobre la tecnología sin zanja.

1.4. Justificación de la investigación

La presente investigación es fundamental para el desarrollo de la infraestructura subterránea en Colombia, especialmente en aquellos lugares que aún no han adoptado las tecnologías de instalación de tubería sin zanja. Estas técnicas de instalación ha demostrado ser una solución innovadora y eficiente para la rehabilitación de redes de acueducto y alcantarillado en diversas partes del mundo, lo que se traduce en una reducción significativa de costos, tiempo y un menor impacto ambiental en comparación con las técnicas tradicionales de excavación a zanja abierta, Sin embargo, en el contexto colombiano, su adopción enfrenta múltiples barreras, tales como la falta de conocimiento técnico, la resistencia al cambio y las limitaciones presupuestarias (Chaves Pabón et al., 2018).

El aporte principal de esta investigación radica en la identificación y propuesta de estrategias de gestión de innovación que faciliten la aplicación de estas tecnologías en Colombia, particularmente en departamentos donde aún no se han implementado. Al identificar las barreras sociales, económicas y culturales que de una u otra forma dificultan la utilización de las nuevas tecnologías, se espera impulsar un entorno más propicio para la introducción de soluciones sostenibles. Esto no solo mejorará la eficiencia de las obras públicas, sino que también reducirá el impacto negativo sobre las comunidades y el medio ambiente (Gutiérrez Ulloa y Gómez Vargas, 2020).

Además, cada una de las nuevas tecnologías aporta solución diferente al problema en cada territorio aporta a la falta de información y divulgación sobre cada tecnología, sobre todo el aprendizaje queda para los departamentos donde no sean implementados el uso de las nuevas tecnologías. Así las cosas, se proporcionan herramientas bastante útiles para que los actores gubernamentales y comunitarios, tomen decisiones más informadas sobre la modernización de sus infraestructuras, destacando los beneficios económicos y ambientales a corto y largo plazo.

Asimismo, al contrastar los resultados de las tecnologías de instalación con y sin zanja, se espera contribuir con evidencia empírica sobre la viabilidad técnica y económica de la tecnología de instalación de tubería sin zanja, lo que podría ser un incentivo para que las entidades

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

responsables de la infraestructura pública apuesten por su implementación y su desarrollo de una forma más eficiente.

Finalmente, la investigación tiene un impacto potencial en la sostenibilidad de las ciudades colombianas, al reducir la necesidad de intervenciones invasivas en la superficie vial y minimizar las interrupciones a la vida cotidiana de los habitantes. De esta manera, no solo es relevante para los encargados de planificar y ejecutar obras públicas, sino también para las comunidades que se verán beneficiadas con la mejora en la calidad de los servicios y la reducción del impacto ambiental, del mismo modo se protegen las obras de infraestructura que presentan una garantía vigente y se minimiza la posibilidad de incurrir en un detrimento patrimonial.

Esta utilización de las tecnologías de instalación de tubería sin zanja no solo responde a una necesidad técnica en términos de innovación en infraestructura, sino que también aborda factores sociales y ambientales esenciales para el desarrollo sostenible del país impulsando nuevas formas de realizar actividades, cabe resaltar que una de las condiciones que han sido traumáticas en cuanto a la movilidad vehicular y el impacto urbano son las instalaciones a zanja abierta.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Marco teórico

2.1.1. Tecnología de Instalación de Tubería sin Zanja

Las tecnologías de instalación de tubería sin zanja (TSZ) es un conjunto de métodos que permite la instalación, reparación o **rehabilitación** de tuberías subterráneas sin necesidad de realizar excavaciones extensivas. Incluye métodos de instalación y rehabilitación de tuberías que requieren unas mínimas o nulas excavaciones, incluyendo servicios de conducción de agua, combustibles, gas, drenaje de aguas servidas, electricidad y comunicaciones entre otros. Las principales ventajas de este método comprenden un impacto ambiental muy reducido; la posibilidad de realizar cruces en cauces de ríos y vías terrestres sin afectar las condiciones de flujo y servicio respectivamente y la disminución de daños o afectaciones a la estructura existente, en este proceso la herramienta de perforación puede ser conducida por el suelo siguiendo una trayectoria preestablecida, que puede ser lineal o curva. (Mazzini Mite y Torres Ortiz, 2015).

Estas tecnologías son fundamentales en la mejora de la infraestructura urbana, ya que permite mantener la continuidad de los servicios y reduce el impacto ambiental asociado con las obras de infraestructura. La tecnología de instalación de tuberías sin zanja implica un progreso importante en el ámbito de la construcción de acueductos, alcantarillados y demás redes, ofreciendo soluciones más ágiles y menos invasivas en comparación con los métodos convencionales de zanja abierta (Trenchless LatAm, 2023).

Las tecnologías de instalación de tubería sin zanja han nacido como una solución innovadora y eficiente para la rehabilitación de infraestructuras subterráneas, ofreciendo múltiples ventajas, como la reducción de costos y tiempos de ejecución, así como un menor impacto en el entorno urbano, social y de movilidad, se ha indicado que estas tecnologías puede disminuir hasta un 70% el tiempo de intervención en comparación con los métodos tradicionales

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

de excavación a zanja abierta (Norizam Md Salleh et al., 2018), así como la reducción de costos a largo plazo (Romero et al., 2021).

En la actualidad existen diferentes técnicas de instalación de tubería sin que haya la necesidad de abrir una zanja como el perforado direccional, el encamisado de tuberías y la sustitución sin zanja, que han demostrado ser menos invasivos y más rápidos que las tecnologías convencionales (Mínguez Santiago, 2015).

Uno de los métodos para la renovación de tuberías es el CIPP (*Cured-In-Place Pipe*) el cual es considerablemente más económico que la instalación de tubería a zanja abierta, con ahorros de hasta un 63% para tuberías de diámetro medio (Kaushal et al., 2020), reduciendo así los costos de reparación en un 70-85% en áreas urbanas (Moeini et al., 2021).

El impacto ambiental es un aspecto importante en la adopción de tecnologías de instalación de tubería sin zanja. Estas técnicas contribuyen a la reducción de emisiones de CO₂ y minimizan el uso de maquinaria pesada, lo que se alinea con los objetivos de sostenibilidad y el medio ambiente (Kaushal et al., 2020). En Latinoamérica, países como Chile han comenzado a implementar estas tecnologías con resultados positivos, logrando minimizar tanto los costos sociales como los ambientales en áreas urbanas densamente pobladas donde las afectaciones son mínimas (Hicks et al., 2022).

Un aspecto crucial en la implementación de tecnologías de instalación de tubería sin zanja en Colombia, es la viabilidad técnica y económica. Estudios han demostrado que, aunque la tecnología HDD presenta ventajas significativas en términos de reducción de tiempo y costos, su adopción enfrenta desafíos relacionados con la falta de información y capacitación en el uso de estas tecnologías (Pineda y Larrañaga, 2022). Además, la escasa investigación publicada sobre el uso de tecnologías de construcción sin zanja en el país limita la capacidad de los profesionales para tomar decisiones informadas (Chaves Pabón et al., 2018).

2.1.1.1. Técnicas de tecnología de instalación de tuberías sin zanja

Las técnicas de tecnología sin zanja son métodos que permiten la instalación, reparación y sustitución de tuberías subterráneas, sin necesidad de abrir zanjas extensas en la superficie.

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

Esto permite minimizar el impacto en el entorno urbano, permita reducir el tiempo de trabajo y disminuir los costos asociados con excavaciones convencionales.

Estas técnicas de tecnología de instalación de tuberías se pueden dividir en tres categorías una para la realización de una instalación de tubería nueva, otra para rehabilitación de tubería y otra para realizar el reemplazo de tubería existente así:

- Tecnologías para la instalación de tubería nueva.
- Microtunelación (*pipe jacking*).

La técnica de tubería sin zanja mediante microtunelación (*Pipe Jacking*) es un método de instalación subterránea que permite la colocación de tuberías con mínima intervención en la superficie. Consiste en empujar secciones de tubería desde una cámara de entrada hacia una cámara de salida utilizando gatos hidráulicos, mientras una cabeza de corte (microtuneladora) excava el suelo al frente del tubo. Es especialmente útil en zonas urbanas con densa población o bajo demasiadas infraestructuras existentes, ya que reduce significativamente el impacto ambiental, los tiempos de obra y las afectaciones al tráfico o movilidad (Ariaratnam et al., 2014).

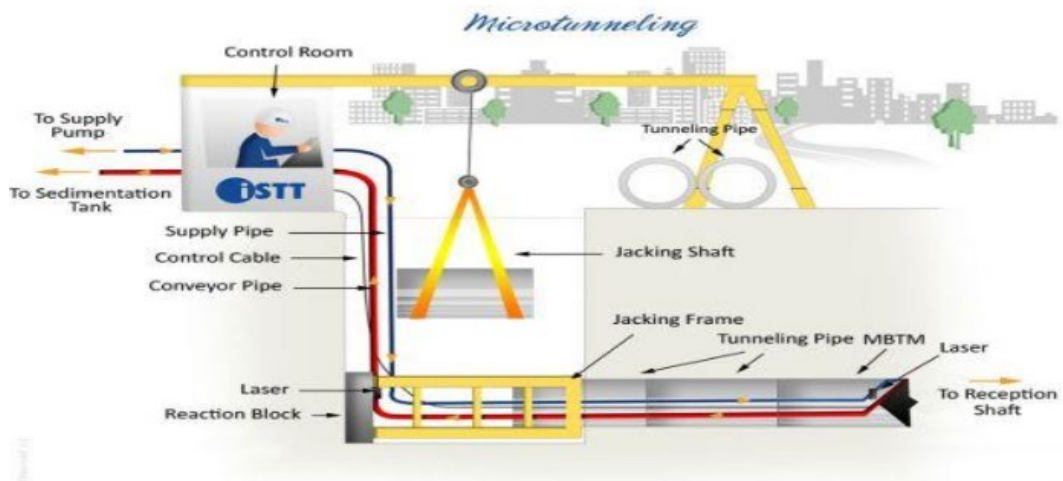


Ilustración 1. Microtunneling. Tomado de *The International Society for Trenchless Technology* (2016).

- Perforación con barrena Guiado (*Auger Boring* guiado GBM).

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

El auger boring guiado (GBM, por sus siglas en inglés: *Guided Boring Method*) es una técnica sin zanja de instalación de tuberías que combina la precisión del pilotaje con la eficiencia del auger boring convencional. A diferencia del método convencional, el GBM incorpora un sistema de guiado óptico o láser que permite controlar con mayor precisión la dirección y pendiente del pilote, lo cual es fundamental cuando se requiere alta exactitud, por ejemplo, al conectar redes de alcantarillado o servicios públicos con pendientes controladas. (Montañez Medina y Maldonado Villalobos, 2019).

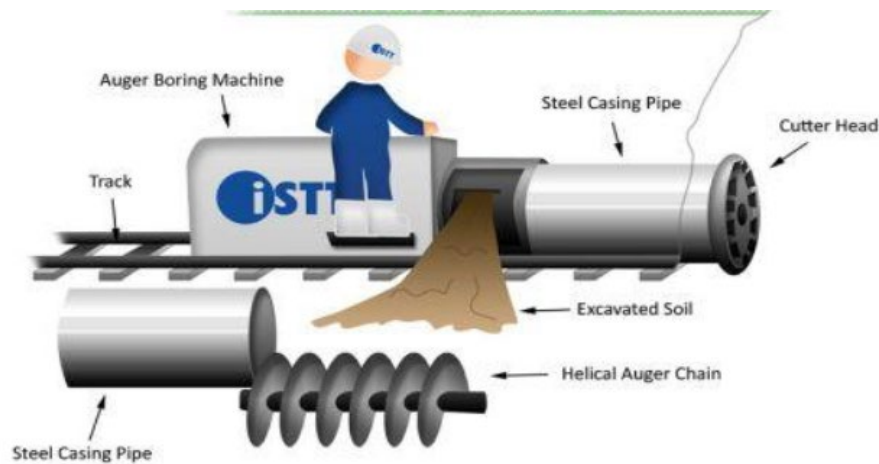


Ilustración 2. Auger Boring. Tomado de *The International Society for Trenchless Technology* (2016).

- Mandrilado dinámico asistido (*Assisted Dynamic Boring* o *ramming* asistido).

El método ADB consiste en una técnica que integra la aplicación de una fuerza hidráulica con una carga estática constante, complementada por impactos de percusión de alta frecuencia. Esta combinación permite incrementar de manera notable la capacidad de penetración en el terreno, al tiempo que se reduce la pérdida de energía que normalmente se disipa debido a la elasticidad del tubo metálico o a los efectos del rebote. Gracias a esta eficiencia energética, el sistema es capaz de instalar tuberías en trayectos más extensos, con diámetros mayores o en suelos con características más difíciles, superando las limitaciones de los métodos tradicionales de hincado (Naranjo Calvo, 2022).

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

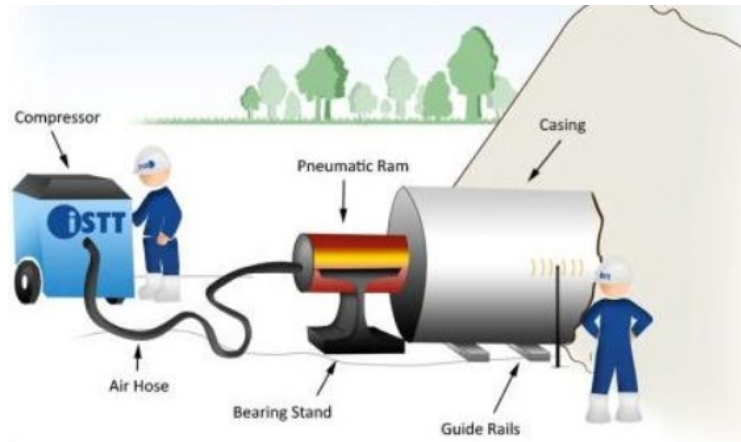


Ilustración 3. perforación e hincado de tubería por golpeo (Pipe ramming). Tomado de The International Society for

- Topos neumáticos.

Este método corresponde a una tecnología empleada principalmente para la instalación de nuevas tuberías o cables en trayectos de corta y mediana distancia, especialmente en entornos urbanos donde es importante minimizar la alteración de la vida cotidiana. El procedimiento se realiza mediante un dispositivo neumático conocido como topo o martillo de golpeo, el cual se introduce en el subsuelo y avanza gracias a una serie de impactos repetitivos, con una frecuencia aproximada de 100 golpes por minuto. Esta acción permite que la máquina perforo y atraviese el terreno ubicado debajo de estructuras como aceras, calles o pequeñas vías, sin necesidad de realizar excavaciones de zanjas abiertas ni remover grandes cantidades de pavimento (Pinzón Abaunza, 2011).

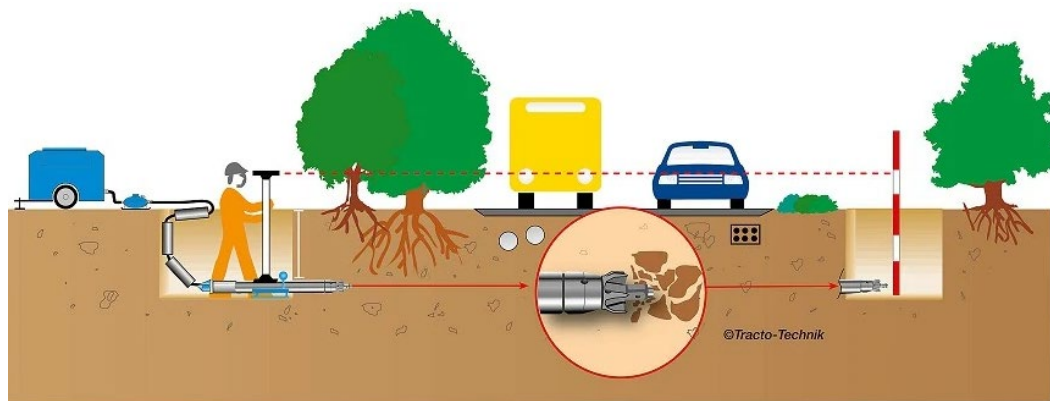


Ilustración 4. Topos neumáticos. Tomado de: <https://www.interempresas.net/ObrasPublicas/Articulos/240273-El-topo-para-la-instalacion-de-acometidas-sin-zanjas.html>

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

- Tecnología para el reemplazo de tubería.
- Explosión de tuberías (*Pipe Bursting*).

La rotura de tuberías es un método de construcción utilizado para reemplazar la infraestructura subterránea existente de agua, alcantarillado o gas con una nueva línea de igual o mayor diámetro, lo que proporciona ahorros de costos y evita la necesidad de un derecho de paso adicional, en otras palabras, evita los nuevos trámites ante diferentes entidades (Ariaratnam et al., 2014).

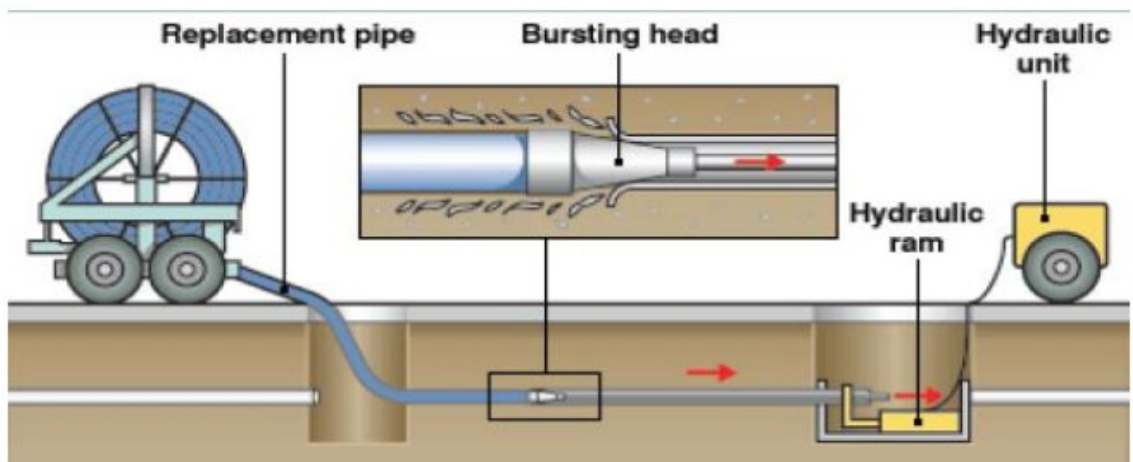


Ilustración 5. Pipe bursting. Tomado de <http://www.olsenplant.co.uk/pipe-bursting.html>.

- Perforación Horizontal Dirigida (HDD).

La perforación horizontal dirigida es una técnica utilizada para la instalación de tuberías y cables bajo tierra, especialmente útil en cruces de carreteras y vías fluviales. Estas técnicas implican la perforación de un agujero guía, seguido por el ensanchamiento del agujero para alojar la tubería. La perforación horizontal dirigida permite instalar conductos sin interrupciones significativas, lo cual es especialmente beneficioso en áreas urbanas densas (Willoughby, 2005).

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

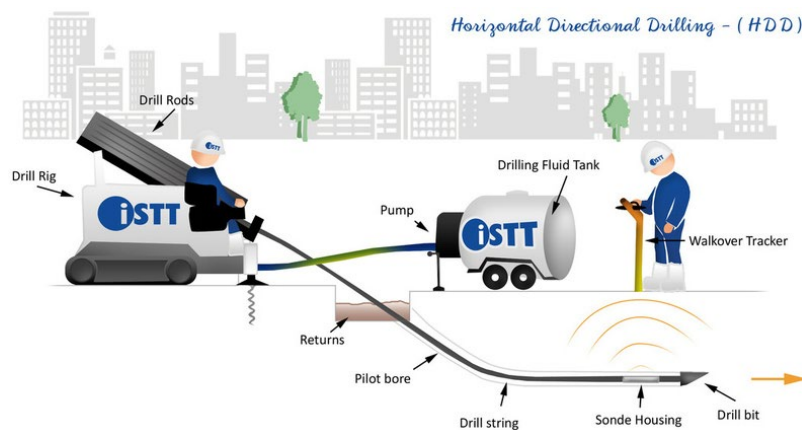


Ilustración 6. Perforación Horizontal Dirigida (HDD). Tomado de: <https://lamstt.org/es/tecnologia-sin-zanja/guias-de-tecnologias-sin-zanja/nuevas-instalaciones/perforacion-horizontal-dirigida-phd>

- Tecnologías para rehabilitación de tubería.
- Revestimiento Deslizante (*Sliplining*).

Este método se emplea para rehabilitar diferentes tipos de tuberías con diámetros que oscilan entre 100 y 1700 mm. No importa si se trata de tuberías de aguas residuales, agua potable, gas, u otros, siempre y cuando la reducción de la sección transversal no presente inconvenientes. Antes de insertar la tubería de polietileno de alta densidad (PEAD), se efectúan dos excavaciones: una en el punto de inicio y otra en el de destino. Todas las conexiones, válvulas y uniones de servicio deben excavar y quedar accesibles antes de instalar el revestimiento (Mínguez Santiago, 2015).

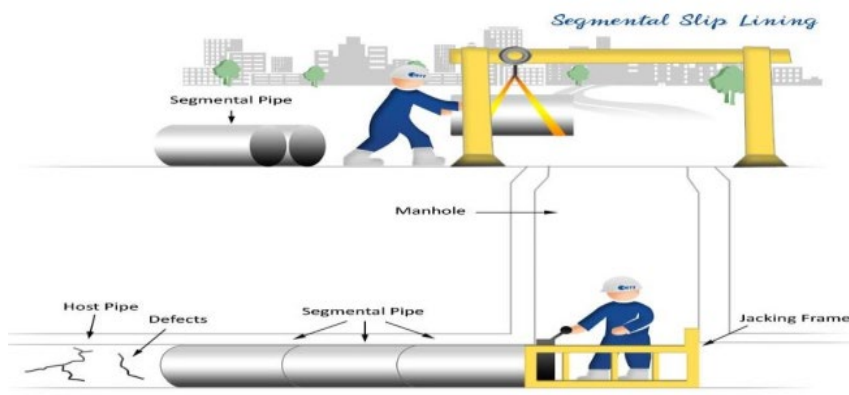


Ilustración 7. Revestimiento deslizante continuo (*sliplining*). Tomado de *The International Society for Trenchless Technology* (2016).

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

- Tubería Curada en Lugar (*Cured-In-Place Pipe* o CIPP).

Este método es adecuado para rehabilitar tuberías de aguas residuales e industriales, siendo aplicable tanto en tuberías principales como secundarias, en orientaciones verticales y horizontales. Los tubos flexibles de fibra de poliéster, resistentes a ácidos, están impregnados con una resina especial. Estos se preparan en talleres en distintas longitudes y tamaños, que varían entre 50 y 2000 mm de diámetro y un espesor de 3 a 50 mm, según las especificaciones necesarias (Mínguez Santiago, 2015).

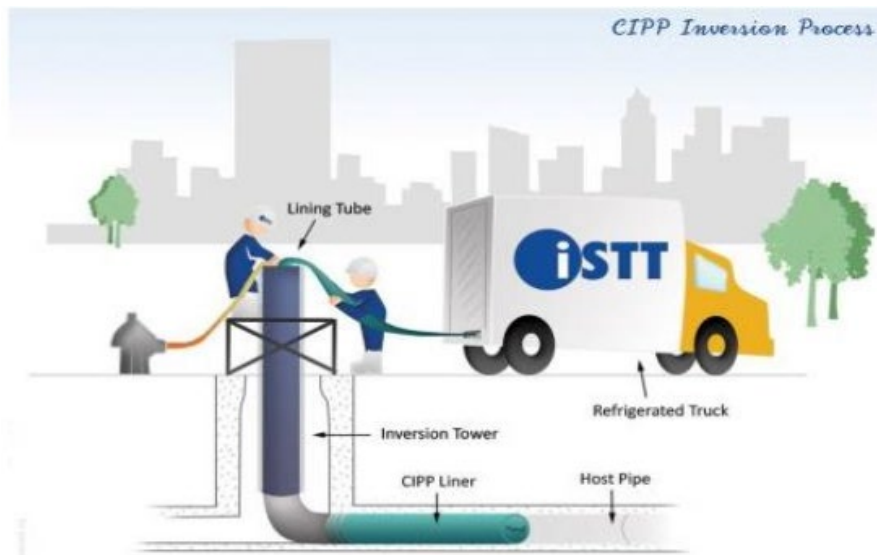


Ilustración 8. Curado de la tubería in situ (*Cured in place pipe*). Tomado de *The International Society for Trenchless*

- Perforación con barrena convencional (*Auger Boring*).

La técnica de perforación con barrena horizontal convencional (*auger boring*) es un método sin zanja utilizado para instalar tuberías o revestimientos bajo obstáculos como carreteras o vías férreas, sin necesidad de excavaciones abiertas. Consiste en introducir una tubería desde un pozo de entrada, aplicando empuje y torsión, mientras una barrena helicoidal excava el suelo y lo transporta hacia atrás, permitiendo que la excavación y la instalación del tubo se realicen de forma simultánea. Es adecuada para terrenos estables y homogéneos, aunque presenta limitaciones en el control direccional (Montañez Medina y Maldonado Villalobos, 2019).



Ilustración 9. Perforación con barrena convencional (Auger Boring). Tomado de: <https://perfotecnica.com.pe/auger-boring/>

2.1.1.2. Impacto ambiental y sostenibilidad

El impacto ambiental es uno de los aspectos más relevantes en la evaluación de nuevas tecnologías para infraestructuras. La tecnología de instalación de tubería sin zanja contribuye significativamente a la sostenibilidad ambiental, ya que reduce las emisiones de CO₂, minimiza el uso de maquinaria pesada y genera menos residuos sólidos, lo que la hace una alternativa más ecológica en comparación con las metodologías tradicionales.

La tecnología de instalación de tubería sin zanja generalmente reduce el consumo de energía y la huella de carbono durante su construcción, en comparación con el método a zanja abierta, pero puede tener un mayor consumo de energía y una mayor huella de carbono en longitudes de construcción cortas o poco profundas, el método de tuberías curadas en el lugar es el que presenta el menor consumo de energía y la menor huella de carbono (Lu et al., 2020).

Según Kaushal y Najafi, la renovación de Tubería Curada en Lugar (CIPP), provoca un 68% menos de impacto ambiental, un 75% menos de impacto en la salud humana y un 62% menos de agotamiento de recursos en comparación con el reemplazo de tuberías a cielo abierto por alcantarillas sanitarias de diámetro pequeño (Kaushal Vinayak, 2020).

Las tecnologías sin zanja ofrecen una serie de beneficios importantes en comparación con la construcción tradicional mediante zanja abierta. Entre estos beneficios se encuentran la reducción significativa de emisiones de gases, debido a que los equipos y maquinarias utilizados son más eficientes y requieren menos tiempo de operación. Asimismo, el impacto en el entorno

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

es considerablemente menor, ya que estas técnicas reducen la desestabilización en el suelo y minimizan las afectaciones en el paisaje urbano y la vegetación cercana. Además, permiten una menor generación de residuos, ya que no es necesario extraer grandes volúmenes de tierra ni realizar rellenos, y suelen requerir menos materiales adicionales para la restauración de la superficie. Las tecnologías de instalación de tubería sin zanja tienen beneficios inherentes en comparación con la construcción tradicional de zanja abierta, incluyendo menores emisiones de gases y menor impacto en el entorno al areta de ejecución de trabajos (Ariaratnam et al., 2014).

2.1.1.3. Barreras y oportunidades para la adopción.

La tecnología de instalación de tubería sin zanja para el tratamiento de aguas residuales ofrece una alternativa innovadora y menos invasiva en comparación con los métodos tradicionales de construcción y/o rehabilitación de tuberías. Sin embargo, su utilización enfrenta diversas barreras y oportunidades que varían según el contexto geográfico y económico.

Barreras y dificultades

La tecnología de instalación de tubería sin zanja generalmente implica un mayor desembolso de capital inicial en comparación con los métodos de zanja abierta, lo que puede limitar su utilización en ciertos contextos (Moeini et al., 2021). Adicionalmente, no todos los materiales de rehabilitación disponibles son compatibles con las condiciones locales, lo que puede restringir la viabilidad de ciertas tecnologías sin zanja (Sen Gupta et al., 2001). Y, por otro lado, la adopción de nuevas tecnologías puede verse obstaculizada por la complejidad y las inconsistencias en el entorno regulatorio, así como por la influencia política e institucional (Garrone et al., 2018).

Beneficios y oportunidades

Las tecnologías de instalación de tubería sin zanja son preferidas en sitios ambientalmente sensibles y en terrenos difíciles, ya que minimiza el impacto ambiental y reduce su tiempo de ejecución y el costo de la construcción (Majerová et al., 2019). Además, los

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

métodos como el de bombeo mínimo (MP) pueden reducir significativamente los costos de reparación, al minimizar el tiempo y los costos de bombeo necesarios para desviar las aguas residuales durante las reparaciones (Moeini et al., 2021).

Desde un punto de vista económico, la tecnología de instalación de tubería sin zanja puede resultar en ahorros significativos a largo plazo. Aunque los costos iniciales pueden ser más altos en comparación con los métodos tradicionales, la reducción de costos asociados a la restauración del terreno y la minimización de interrupciones en el tráfico y en la vida cotidiana de los ciudadanos pueden compensar esta inversión inicial. Un estudio comparativo concluyó que el uso de métodos de instalación de tubería sin zanja puede ser más rentable en proyectos de infraestructura verticales (Chaves Pabón et al., 2018).

Desde una perspectiva social, la tecnología de instalación de tubería sin zanja ofrece importantes ventajas al minimizar las molestias para los residentes, como el ruido, el polvo y las interrupciones en la vida diaria. En cuanto a la seguridad y salud en el trabajo, el uso de estas tecnologías salvaguarda la integridad humana reduciendo la exposición a realizar labores en espacios confinados, en trabajos a realizar a profundidades demasiado altas y al uso de entibados, cuyo costo es bastante elevado y, para determinadas profundidades solo se permiten en láminas de aceros de un espesor considerable (Matthews et al., 2015).

2.1.2. Innovación tecnológica y gestión de la innovación

La innovación tecnológica se refiere al desarrollo, implementación o mejora significativa de productos, procesos, servicios o modelos de negocio mediante la aplicación de conocimientos técnicos y científicos, esta innovación puede incluir la creación de tecnologías completamente nuevas o la optimización de tecnologías existentes para satisfacer mejor las necesidades de las organizaciones y la sociedad (Ochoa, 2007).

La innovación tecnológica no solo debe entenderse como un proceso empresarial o sectorial, sino también como un fenómeno territorial, donde los espacios locales y regionales juegan un papel activo en la generación e implementación de tecnologías. En este sentido, la inversión pública en Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI) se convierte en una herramienta

estratégica para fortalecer la competitividad regional, al propiciar entornos favorables para la innovación y al dinamizar el tejido productivo local. Esta relación se evidencia particularmente en Colombia a través del uso de los recursos del Sistema General de Regalías, el cual ha financiado proyectos orientados a desarrollar capacidades científicas, tecnológicas y de innovación en diferentes departamentos del país. Estos proyectos no solo han incentivado la creación de más espacios para la investigación, sino que también han impulsado la formación de capital humano, el fortalecimiento institucional y la articulación entre actores del ecosistema regional de innovación. Así, la innovación tecnológica adquiere de una dimensión territorial clave al contribuir directamente al desarrollo económico, social y productivo de las regiones, reduciendo brechas y fomentando una mayor equidad en el acceso a oportunidades de desarrollo (Botero-Ospina et al., 2021).

Por su parte, la gestión de la innovación consiste en la planificación, organización, dirección y control de los procesos necesarios para convertir ideas innovadoras en realidades tangibles, es un enfoque estructurado que busca identificar oportunidades de innovación, gestionar recursos eficientemente y asegurar la implementación exitosa de nuevas tecnologías o procesos (Ochoa, 2007).

En sectores como el de la construcción en Bogotá, la gestión de la innovación se configura como un factor estratégico esencial para mejorar la competitividad y sostenibilidad de las pequeñas y medianas empresas (pymes). En este contexto, la adopción de modelos estructurados como el Modelo de Gestión de la Innovación Tecnológica (MGIT) permite a las organizaciones del sector adaptar sus procesos y estructuras a las dinámicas cambiantes del entorno. La versatilidad del MGIT reside en su capacidad de ser ajustado a las particularidades del sector construcción, caracterizado por una alta fragmentación, ciclos largos de producción, y una dependencia significativa de la mano de obra (Pérez Bejarano et al., 2023).

El estudio identifica que una gestión de la innovación efectiva implica no solo la incorporación de innovaciones técnicas, como nuevos materiales o tecnologías constructivas, sino también la implementación de estrategias de gestión del conocimiento, que garanticen la captura, sistematización y transferencia de aprendizajes entre proyectos y equipos. Además, se resalta la importancia de fortalecer la cultura organizacional para que la innovación deje de ser

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

un proceso aislado y pase a convertirse en un componente transversal de la estrategia empresarial. En este sentido, la gestión de la innovación se posiciona como una herramienta clave no solo para mejorar procesos productivos, sino también para responder a desafíos más amplios del sector, como la sostenibilidad, la eficiencia operativa y la adaptación a normativas técnicas y ambientales.

La gestión de la innovación comprende diversos elementos fundamentales, como (Ortiz, 2006):

- Identificación de oportunidades: Detectar áreas donde la innovación tecnológica puede generar valor agregado.
- Desarrollo de capacidades: Invertir en formación técnica y capacitación para preparar a los actores involucrados en la adopción de las nuevas tecnologías.
- Financiación e incentivos: Diseñar estrategias de inversión que permitan el desarrollo y la implementación de tecnologías innovadoras, como proyectos piloto o programas de subsidios.
- Marco normativo: Crear regulaciones claras y flexibles que favorezcan la experimentación y la adopción de tecnologías avanzadas.

En Colombia, se evidencia que la falta de recursos financieros propios, junto con las dificultades para acceder a mecanismos estatales de apoyo, constituye una barrera estructural que limita significativamente la capacidad de las empresas especialmente las pequeñas y medianas, para invertir de manera sostenida en actividades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i). Aunque existen programas estatales y fondos destinados a fomentar la innovación, como los provenientes del Sistema General de Regalías o de entidades como Colciencias (hoy Minciencias), muchas empresas desconocen estos instrumentos o carecen de la capacidad técnica y administrativa para acceder a ellos. Además, los requisitos burocráticos, la falta de asesoría especializada y la escasa articulación entre el sector productivo y el académico dificultan aún más la conexión entre la oferta institucional y las necesidades reales de innovación en las empresas (Aguirre et al., 2023).

Asimismo, Aguirre et al. (2023) destacan que esta brecha financiera no solo afecta la innovación a nivel tecnológico, sino también el desarrollo de capacidades organizacionales, la

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

adopción de buenas prácticas de gestión y la incorporación de talento humano altamente calificado. En consecuencia, se requiere una política pública más inclusiva, descentralizada y orientada al fortalecimiento de capacidades, que facilite el acceso equitativo a recursos para I+D+i y fomenta entornos colaborativos entre empresas, universidades y el Estado.

La gestión de la innovación es crucial para la adopción de tecnologías que implican un cambio drástico, como la instalación de tubería sin zanja, ya que organiza y controla los procesos necesarios para impulsar el desarrollo tecnológico del país.

En el caso colombiano, Gutiérrez Ulloa y Gómez Vargas (2020) se identifican que la gestión de la innovación aún enfrenta desafíos muy grandes, especialmente en el sector público, donde la coordinación interinstitucional, la financiación y la cultura organizacional limitan la implementación de soluciones innovadoras. Por ello, proponen una mayor articulación entre actores académicos, gubernamentales y empresariales, para fomentar la investigación aplicada y la transferencia de conocimiento.

Al analizar casos de innovación pública en Colombia, se destaca que los desafíos del sector público, como la resistencia al cambio y las limitaciones presupuestales, pueden ser superados mediante la generación de valor público y una transformación cultural de las instituciones. Esta transformación implica promover una cultura organizacional que fomente la experimentación, el aprendizaje y la colaboración interinstitucional, además, subraya que la innovación no depende solo de mayores recursos, sino de rediseñar procesos y priorizar proyectos de alto impacto, fomentando alianzas con el sector privado y la academia para optimizar los recursos disponibles (Moore, 2014).

Asimismo, Garrone et al., (2018) argumentan que la innovación tecnológica en servicios públicos suele enfrentarse a barreras como la incertidumbre regulatoria, el rechazo para no asumir el riesgo y la falta de incentivos económicos para las pequeñas y medianas empresas. Estos obstáculos se superan con mecanismos de gobernanza que promuevan la experimentación, como los proyectos de prueba, la contratación pública innovadora y la flexibilización normativa.

Según Caro Moreno (2017), la relación entre innovación territorial y desarrollo socioeconómico está dando lugar a nuevas estructuras en las ciudades que integran a diversos

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

actores, tanto públicos como privados, para promover cambios tecnológicos y sociales. Esta innovación emergente está configurando ciudades con un perfil global, al avanzar en la implementación de redes técnicas urbanas que optimizan la tecnología y la comunicación, lo cual es fundamental para el progreso económico y social.

En el sector de la infraestructura urbana, la aplicación de la tecnología de la instalación de tubería sin zanja requiere de una estrategia de innovación que combine aspectos técnicos, económicos y sociales. La experiencia internacional sugiere que los proyectos exitosos en este campo han contado con una gestión de la innovación que incluye formación técnica continua, alianzas intersectoriales y mecanismos de evaluación de impacto ambiental y social (Kaushal Vinayak, 2020).

Por último, como señala Freeman (1994), la innovación tecnológica debe orientarse hacia la sostenibilidad, entendida como la capacidad de generar valor económico sin comprometer los recursos sociales y ambientales.

Desde esta perspectiva, la gestión de la innovación en tecnologías de instalación de tubería sin zanja no debe limitarse a la mejora de la eficiencia operativa, sino que debe integrarse a una visión de desarrollo sostenible de largo plazo, que permita la renovación de tuberías de una forma ágil y que no afecte el diario vivir de las personas que habitan o circulan por los alrededores de la ejecución de las obras.

2.2. Estado del arte

Estudios realizados en España y Alemania han demostrado que, aunque la tecnología HDD (perforación horizontal dirigida, por sus siglas en inglés), presenta ventajas significativas en términos de reducción de tiempo y costos, su utilización enfrenta desafíos relacionados con la falta de información y capacitación en el uso de estas tecnologías (Pineda y Larrañaga, 2022).

Un estudio realizado en la Pontificia Universidad Javeriana, destaca que las tecnologías de instalación de tuberías sin zanja protegen el ambiente, son menos contaminantes y utilizan los recursos de forma más sostenible que los métodos convencionales. Además, estas tecnologías

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

tratan los residuos de manera más tolerable, lo que las convierte en una opción favorable para la instalación de nuevas redes subterráneas en Bogotá. (Alarcón Rocha y Pachecho Calvo, 2014)

Por su parte, Pinzón Abaunza (2014), en un estudio realizado en la Pontificia Universidad Javeriana, evaluó de forma exhaustiva el estado de las redes de alcantarillado en Bogotá y encontró que estas presentan condiciones críticas que evidencian una urgente necesidad de rehabilitación partiendo del deterioro que presentan. A partir de este diagnóstico, se justifica ampliamente la implementación de tecnologías de instalación de tuberías sin zanja como alternativa viable, se argumenta que, aunque tradicionalmente estas tecnologías eran vistas como costosas, su competitividad ha crecido de manera notable. Hoy en día, los costos asociados son comparables con los de los métodos convencionales, incluso si no se consideran los costos sociales y ambientales derivados de la afectación del espacio público, como la interrupción del tráfico o los impactos en la comunidad. Esta evolución en la viabilidad económica refuerza su adecuación en el contexto urbano de Bogotá, especialmente para una ciudad con redes envejecidas y de alta densidad poblacional.

En términos de impacto ambiental, Naranjo Calvo (2022) de la Universidad de los Andes realizó un análisis de ciclo de vida para comparar la huella de carbono entre los métodos de instalación de tubería a zanja abierta y las tecnologías sin zanja en la instalación y rehabilitación de tuberías de acueducto y alcantarillado. Los resultados indican que las tecnologías de instalación de tuberías sin zanja generan menos emisiones de carbono lo cual contribuye a la preservación del medio ambiente, y así las posiciona como una alternativa más sostenible desde el punto de vista ambiental.

De manera complementaria, Chorazy et al., (2024) llevaron a cabo un estudio en el que compararon directamente las emisiones de gases de efecto invernadero entre tecnologías tradicionales de excavación y métodos sin zanja. La investigación evidenció que los sistemas sin zanja reducen en un 59.2% las emisiones de CO₂ durante el proceso de restauración de redes de alcantarillado, lo que refuerza su figura como una tecnología clave para mitigar impactos negativos sobre el medio ambiente y cumplir con metas internacionales de sostenibilidad establecidas.

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

En esa misma línea, Romero et al. (2021), desde la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, desarrollaron una metodología basada en lógica difusa y toma de decisión para seleccionar la tecnología más adecuada de rehabilitación sin zanja en redes de alcantarillado. Este trabajo identifica ocho variables críticas que influyen en la elección de la técnica, tales como el tipo de daño, profundidad de la tubería, condiciones del entorno urbano, entre otras, ofreciendo un enfoque técnico robusto que puede aplicarse en el contexto de Bogotá para mejorar la eficiencia en la toma de decisiones de ingeniería.

Asimismo, Hay (2014) analizó comparativamente los métodos tradicionales y las tecnologías sin zanja para la sustitución de redes de agua potable envejecidas en Sudáfrica. Su estudio mostró que, además de ser más rentables, las tecnologías sin zanja presentan ventajas considerables en términos de menor afectación al entorno urbano y al tránsito peatonal y vehicular. No obstante, también se identificó una barrera recurrente en su implementación: la escasa experiencia y formación técnica del personal en las administraciones públicas, lo que limita su adopción a gran escala.

En el contexto colombiano, Cuello Mendoza (2021a), llevó a cabo un estudio de factibilidad sobre el uso de tecnologías sin zanja para la rehabilitación y renovación de sistemas de alcantarillado en el Centro Histórico de Santa Marta. La investigación identificó que estas tecnologías representan una alternativa viable frente a los métodos tradicionales, especialmente en áreas urbanas con restricciones patrimoniales y alta densidad poblacional, se destacó que la implementación de técnicas sin zanja podría minimizar las afectaciones al entorno urbano y reducir los impactos sociales y económicos asociados a las intervenciones convencionales.

Pinilla Camargo (2022) propuso una alternativa para rehabilitar la red de acueducto en un sector específico de Bogotá mediante la aplicación de tecnologías sin zanja. El estudio resalta que estas tecnologías ofrecen soluciones constructivas de menor impacto, reduciendo los tiempos de ejecución y los efectos socioeconómicos negativos asociados a las intervenciones tradicionales.

En el contexto urbano de Bogotá, se ha identificado que el uso de tecnologías de instalación de tubería sin zanja para el mantenimiento y rehabilitación de redes representa una alternativa innovadora frente a los métodos tradicionales. Estas técnicas permiten intervenir la

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

infraestructura subterránea con una afectación mínima al espacio público, reduciendo significativamente problemas como la congestión vehicular, la generación de residuos y la alteración del entorno. Además, se consideran soluciones viables para optimizar los tiempos de ejecución y disminuir los impactos sociales y ambientales asociados a las obras convencionales (Barbosa-Hortúa, 2013).

3. METODOLOGÍA

3.1. Postura epistemológica

Según los ejes teóricos y el enfoque de la investigación, la posición epistemológica para el presente proyecto es la pragmática.

La epistemología pragmática es una corriente dentro de la filosofía del conocimiento que sostiene que el valor de las creencias o conocimientos, debe evaluarse en función de su utilidad práctica y su capacidad para resolver problemas reales. A diferencia de otras epistemologías que buscan certezas absolutas o verdades objetivas, la epistemología pragmática enfatiza cómo las ideas funcionan en contextos prácticos y cómo contribuyen a alcanzar objetivos o satisfacer necesidades (Guerrero y Rivero, 2007).

La posición pragmática permite la flexibilidad metodológica necesaria para abordar de manera integral tanto los aspectos técnicos como las barreras sociales y culturales que dificultan la implementación de la tecnología de instalación de tubería sin zanja, dado que se pretende, desde la gestión de la innovación, que se motive la adopción de la tecnología de instalación de tubería sin zanja en Colombia, a partir de la resolución de problemas específicos del contexto colombiano.

Asimismo, la posición epistemológica pragmática es ideal para captar las diversas perspectivas de los actores involucrados, incluyendo empresas y comunidades. Esta integración de múltiples perspectivas asegura que el conocimiento generado no solo sea teóricamente relevante, sino también aplicable y adaptado a las necesidades y expectativas de los distintos interesados, fomentando un cambio positivo y sostenible en la infraestructura del país.

Por último, el pragmatismo enfatiza el valor práctico del conocimiento, permitiendo que los resultados de la investigación se traduzcan en recomendaciones concretas y útiles para la toma de decisiones informadas en el ámbito de la modernización de infraestructuras. Esta posición asegura que las estrategias propuestas sean viables y efectivas en el contexto específico de los departamentos colombianos que aún no han adoptado esta tecnología, y facilita el impulso de una transición hacia prácticas más sostenibles y eficientes en el sector.

3.2. Enfoque, alcance y tipo de investigación

El enfoque mixto se caracteriza por la integración y combinación de métodos de investigación cuantitativos y cualitativos en un solo estudio. Esta metodología busca aprovechar las fortalezas de ambos enfoques para ofrecer una visión más completa y enriquecida del fenómeno investigado (Otero Ortega, 2018).

La elección de un enfoque mixto se fundamentó en la epistemología pragmática, la cual considera que el conocimiento debe ser valorado por su aplicabilidad y utilidad en la solución de problemas del mundo real. Este paradigma reconoce que tanto los métodos cuantitativos como cualitativos ofrecen distintas formas válidas de aproximarse a la realidad, siendo su combinación una estrategia adecuada cuando se requiere una comprensión multifacética del objeto de estudio (Universidad de Barcelona, 2022).

Esta investigación fue de tipo aplicada, ya que buscó resolver un problema práctico relacionado con la gestión de tecnologías de instalación de tubería sin zanja en proyectos de infraestructura. El medio de obtención de datos fue de campo, complementado con revisión documental.

Desde el componente cuantitativo, se adoptó una investigación descriptiva y comparativa, de tipo evaluativa, que permitió identificar, medir y caracterizar variables como costos, tiempos de ejecución y afectaciones ambientales asociadas a proyectos de infraestructura que emplean tecnologías de instalación de tubería con y sin zanja. Este enfoque buscó evidenciar diferencias significativas entre ambos métodos constructivos.

El componente cualitativo se enmarcó en una investigación exploratoria e interpretativa, de tipo fenomenológico, con un alcance comprensivo que consideró dimensiones geográficas, poblacionales y temporales. Su objetivo fue captar las percepciones de comunidades, profesionales y otros actores clave respecto a las tecnologías de instalación de tubería sin zanja. A través de entrevistas y encuestas, se identificaron elementos culturales, sociales y normativos que pudieron facilitar o limitar su implementación. Tal como lo señaló Arias (2023), la investigación cualitativa profundiza en el sentido que los actores atribuyen a los fenómenos, siendo clave para interpretar realidades complejas.

En conclusión, esta integración metodológica permitió una visión completa de los beneficios, barreras y oportunidades de la tecnología sin zanja, y facilitó el diseño de una estrategia de gestión de la innovación viable, contextualizada y fundamentada en evidencia empírica.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Definición de la población

La población objetivo de este proyecto está conformada por los siguientes grupos, quienes fueron objeto de intervención a través de diversas estrategias y acciones específicas. Estos beneficiarios han sido seleccionados en función de criterios que consideran sus necesidades, características y el impacto del proyecto.

Profesionales de obra

Ingenieros, contratistas, supervisores y personal técnico involucrado en proyectos de infraestructura de acueducto y alcantarillado en Bogotá y La Guajira.

Criterios de inclusión:

- Experiencia mínima de 2 años en proyectos relacionados con tecnologías de tubería con o sin zanja.
- Involucrados en la fase de ejecución o supervisión de obras.

Criterios de exclusión:

- Profesionales sin experiencia en tecnologías de infraestructura subterránea.
- Personal administrativo sin relación directa con la ejecución de las obras.

Comunidades beneficiarias

Habitantes de las áreas urbanas y rurales donde se planifica la implementación de la tecnología de instalación de tubería sin zanja, principalmente en Bogotá y La Guajira.

Criterios de inclusión:

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

- Residentes mayores de 18 años.
- Que hayan sido afectados por obras de infraestructura anteriores o tengan interés en futuros proyectos.

Criterios de exclusión:

- Menores de 18 años.
- Residentes que no tengan conocimiento o interés en las obras de infraestructura.

3.3.2. Cálculo y selección de la muestra

Para esta investigación se utilizó un muestreo probabilístico por conveniencia, seleccionando a los participantes que cumplan con los criterios de inclusión y estén disponibles durante el proceso de recolección de datos.

Este método es adecuado, dado que las poblaciones objetivo incluyen profesionales de obra (ingenieros, contratistas y supervisores) con experiencia en proyectos de infraestructura de acueducto y alcantarillado, así como comunidades beneficiarias residentes en las áreas afectadas por estas obras en Bogotá y La Guajira.

La estrategia permitirá acceder a participantes clave de manera eficiente, asegurando representatividad dentro de las limitaciones logísticas y capturando diversas perspectivas técnicas y sociales.

Para el cálculo de la muestra para las encuestas de la población beneficiaria de Bogotá, se tomó en cuenta el barrio Britalia de la ciudad de Bogotá, que cuenta con 339 viviendas beneficiadas del área de influencia directa del proyecto que tuvo por objeto “Construcción del by-pass de la estación de bombeo de aguas residuales de Britalia”. Se consideró que en promedio habitan cuatro personas en cada predio, por lo que en total la población sería de 1356 personas y aplicando la siguiente fórmula (Fuente Isaz Gallego, 2004; QuestionPro, 2024):

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

Donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

Z = valor de la distribución normal estándar (según el nivel de confianza deseado):

1.645 para un 90%

1.96 para un 95%

2.58 para un 99%

p = proporción esperada de éxito (se suele usar 0.5 si no se conoce)

$q = 1 - p$

e = margen de error (por ejemplo, 0.05 para $\pm 5\%$)

Se obtuvo el siguiente resultado:

$$n = \frac{1356 * (1,645)^2 * 0,5 * 0,5}{(1356 - 1) * (0,10)^2 + (1,645)^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = \frac{1356 * 2,706 * 0,25}{1355 * 0,01 + 2,706 * 0,25}$$

$$n = \frac{1356 * 0,6765}{13,55 + 0,6765}$$

$$n = \frac{917,334}{14,2265}$$

$$n \approx 65$$

Por lo anterior se obtuvo un tamaño de muestra de 65 personas para la ciudad de Bogotá.

Para el cálculo de la muestra para las encuestas de la población beneficiaria del municipio de Fonseca en La Guajira, se tomó en cuenta el barrio de La Floresta, que cuenta con 32 viviendas beneficiadas del área de influencia directa del proyecto que tuvo por objeto “Reposición de redes de alcantarillado sanitario y redes de agua potable, en sectores del Barrio La Floresta del área urbana del Municipio de Fonseca, La Guajira, Caribe”. Se consideró que en

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

promedio habitan cuatro personas en cada predio, por lo que en total la población sería de 128 personas y aplicando la siguiente fórmula (Fuente Isaz Gallego, 2004; QuestionPro, 2024):

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

Z = valor de la distribución normal estándar (según el nivel de confianza deseado):

1.645 para un 90%

1.96 para un 95%

2.58 para un 99%

p = proporción esperada de éxito (se suele usar 0.5 si no se conoce)

$q = 1 - p$

e = margen de error (por ejemplo, 0.05 para $\pm 5\%$)

Se obtuvo el siguiente resultado:

$$n = \frac{128 * (1,645)^2 * 0,5 * 0,5}{(128 - 1) * (0,10)^2 + (1,645)^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = \frac{128 * 2,706 * 0,25}{127 * 0,01 + 2,706 * 0,25}$$

$$n = \frac{128 * 0,6765}{1,27 + 0,6765}$$

$$n = \frac{86,592}{1,946}$$

$$n \approx 44$$

Por lo anterior se obtuvo un tamaño de muestra de 44 personas para el municipio de Fonseca, La Guajira.

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

Dentro del trabajo efectuado se realizó la muestra teniendo en cuenta la comunidad beneficiada por proyectos donde se realizaron actividades de instalación de tuberías sin zanja, el margen de confiabilidad según los resultados obtenidos al realizar el cálculo de la muestra es del 90% sin embargo al realizar las encuestas, el número de encuestados en la ciudad de Bogotá, subió de 65 personas a 100 personas por lo tanto el al calcular el nuevo índice de confiabilidad este se incrementa al 96%.

Tabla 1. Nivel de confianza de la muestra.

MUESTRA		
DESCRIPCION	INICIAL	FINAL
BOGOTA	65	100
LA GUAJIRA	44	44
NIVEL DE CONFIANZA	90%	96%

Las encuestas realizadas al personal profesional o Ingenieros, al personal de obra y las entrevistas realizadas a representantes legales y a profesionales no se tuvieron en cuenta para el cálculo de la muestra, esto por ser adicionales y son un valor agregado a la investigación.

3.4. Diseño metodológico

Objetivo específico 1: identificar las afectaciones potenciales al entorno urbano, incluyendo la infraestructura vial, que podrían surgir con el uso de tecnologías de tubería con zanja en comparación con las tecnologías sin zanja.

- **Obtención de información:**
 - **Datos secundarios:** Se recolectó información sobre proyectos de instalación de tuberías (con y sin zanja) en Bogotá y La Guajira a través del Sistema Electrónico de Contratación Pública (SECOP). Los documentos de los proyectos y los registros de daños estructurales fueron clave para identificar afectaciones reportadas en el entorno urbano.
 - **Encuestas:** Se aplicaron encuestas a ingenieros, contratistas y supervisores de obras en ambas regiones, enfocándose en sus experiencias

y percepciones sobre las afectaciones estructurales (en la vía o construcciones adyacentes) en proyectos que utilizan tecnologías con zanja versus tecnologías de instalación de tubería sin zanja.

- **Procesamiento de datos:**

Los datos obtenidos se organizaron en matrices comparativas, clasificando los tipos de afectaciones según el tipo de tecnología empleada y la región.

Objetivo específico 2: contrastar los beneficios de las obras civiles de acueducto y alcantarillado mediante la tecnología de tubería sin zanja frente a las tecnologías tradicionales de tubería con zanja

- **Obtención de información:**

- **Datos secundarios:** Se consultaron bases de datos y documentos públicos en el SECOP para obtener información sobre costos, tiempos de ejecución y otros beneficios asociados a proyectos de infraestructura con ambas tecnologías.
- **Entrevistas semiestructuradas:** Se realizaron entrevistas a expertos en ingeniería civil y contratistas con experiencia en ambas tecnologías para profundizar en los beneficios percibidos (económicos, de tiempo, ambientales, etc.).

- **Procesamiento de datos:**

Se generó una base de datos comparativa donde se incluyen variables como costos, tiempos y número de interrupciones registradas en cada proyecto, categorizadas por tipo de tecnología y ubicación.

Objetivo específico 3: Determinar las barreras que limitan la adopción de las tecnologías de instalación de tubería sin zanja en contextos de baja implementación.

- **Obtención de información:**

- **Revisión documental:** Se revisaron artículos, estudios previos y normativas para conocer las barreras comunes en la adopción de

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

tecnología de instalación de tubería sin zanja en infraestructura, tanto en Colombia como en otros contextos similares.

- **Encuestas:** Se aplicaron encuestas a actores claves como comunidades, personal de ejecución y personal profesional que ejecuta labores en determinados contratos en Bogotá y La Guajira para recoger información sobre sus perspectivas en relación con los factores que limitan la implementación de esta tecnología.
- **Procesamiento de datos:**
 - Las respuestas obtenidas se categorizaron en barreras económicas, culturales, técnicas y regulatorias.
 - Los datos cuantitativos obtenidos a través de las encuestas se analizaron utilizando herramientas estadísticas para identificar patrones, tendencias y relaciones significativas.

Objetivo específico 4: Formular una estrategia de divulgación basada en percepciones y conocimientos de actores gubernamentales y comunitarios sobre la tecnología sin zanja.

- **Obtención de información:**
 - **Estudio de casos exitosos:** se analizarán proyectos internacionales y nacionales que han logrado implementar la tecnología de instalación de tubería sin zanja de manera exitosa, destacando las estrategias de comunicación utilizadas.
 - **Encuestas a líderes comunitarios y funcionarios públicos:** con el fin de identificar los canales de comunicación más efectivos y las barreras en la percepción de nuevas tecnologías en infraestructura.
- **Procesamiento de datos:**

Se organizó la información en un esquema de estrategia de comunicación, definiendo mensajes clave, público objetivo y medios de divulgación recomendados.

En el anexo 11 se presentan las evidencias de la recolección de información primaria.

3.5. Instrumentos de recolección de información

3.5.1. Proceso de validación

Como parte del proceso de validación de los instrumentos de investigación, se llevó a cabo una primera reunión con la asesora asignada para la elaboración del manuscrito. Durante este encuentro, se acordó la implementación de encuestas y entrevistas como herramientas metodológicas. Asimismo, se planteó la necesidad de fortalecer el proceso mediante la vinculación de dos jueces o juezas con un perfil previamente definido, que contempla criterios académicos, técnicos y experiencia comprobada en la temática objeto de estudio. La inclusión de estos profesionales tuvo como objetivo principal enriquecer el análisis y la aplicación metodológica de los instrumentos propuestos, brindando una orientación experta al proceso investigativo.

En este contexto, se dio inicio a la identificación y vinculación de los evaluadores. En primer lugar, se contactó a la profesional Marleny Elena Sánchez Ramírez, docente de Ingeniería Civil de la Universidad Minuto de Dios (UNIMINUTO), quien revisó los instrumentos y formuló observaciones puntuales, que se citan textualmente a continuación:

“Buenas tardes María Fernanda y Marcos Roberto, Primero que todo quiero presentar mis disculpas por la demora en la respuesta, el primer mensaje nunca me llegó; además, como le comenté a la profe Jazmín, tuve problemas con el correo. Revisando lo enviado tengo los siguientes comentarios: Respecto a las encuestas, las preguntas me parecen bien planteadas, son claras y concisas, pero considero que no se debería incluir tantas preguntas abiertas ya que esto dificultaría el manejo de la información. En cuanto a las entrevistas, ¿no sería mejor realizar grupos focales? Creo que les facilitaría el trabajo. En general, considero que está bien estructurado, pero se podrían consolidar un poco más los instrumentos como ya lo he indicado anteriormente. Les deseo muchos éxitos en su investigación.”

En segundo lugar, se contactó a la profesional Ximena Velasco Zuluaga, Comunicadora Social, actualmente radicada fuera del país. A pesar de la distancia, se le remitió la documentación para su revisión, y posteriormente se recibieron sus observaciones correspondientes.

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

Atendiendo a los comentarios formulados por ambas profesionales, se procedió con el ajuste y mejora de los instrumentos iniciales. Las observaciones, fundamentadas en un análisis crítico, permitieron identificar oportunidades de mejora tanto en el contenido como en la estructura de los instrumentos. Como resultado, se realizaron las modificaciones necesarias para optimizar su diseño.

Una vez consolidadas y analizadas las recomendaciones emitidas por las juezas, se efectuó una depuración metodológica de los instrumentos, con el fin de asegurar su pertinencia, coherencia interna y alineación con el objetivo general y los objetivos específicos del estudio. Este proceso incluyó una revisión minuciosa de cada ítem, así como la verificación de su calidad, relevancia y adecuación al contexto de aplicación previsto.

En el anexo 1 se encuentran los consentimientos firmados por ambas juezas. El producto final de este proceso es una versión optimizada de los instrumentos, estructurada de forma tal que facilite su aplicación en campo y contribuya de manera efectiva al cumplimiento de los fines investigativos propuestos.

El proceso de pilotaje de la encuesta se llevó a cabo en el barrio Fátima, en la localidad de Tunjuelito, en Bogotá. Este sector fue seleccionado por presentar características similares al barrio Britalia, en aspectos como la población y las intervenciones realizadas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB-ESP). El pilotaje se realizó con habitantes del sector que actualmente se benefician del proyecto, quienes aportaron observaciones valiosas. Por ejemplo, se sugirió incluir opciones como “todas las anteriores” en preguntas relacionadas con las molestias ocasionadas por intervenciones a zanja abierta, entre otras recomendaciones que fueron tenidas en cuenta para el ajuste final de la encuesta destinada a la comunidad de Britalia.

Adicionalmente, se aplicaron encuestas en la comunidad de La Guajira, donde se evidenció una actitud colaborativa y receptiva por parte de los participantes. Esto permitió identificar diferencias significativas en las condiciones sociales y laborales entre Bogotá y La Guajira, las cuales enriquecieron el análisis comparativo de los datos.

También se encuestó al personal de obra vinculado a proyectos que emplean tecnología sin zanja, con el propósito de conocer la percepción y experiencias de quienes operan los equipos y maquinaria en campo.

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

Respecto a los instrumentos cualitativos, se realizaron entrevistas a profesionales que han participado en proyectos de tecnología sin zanja desde distintos roles. Las respuestas obtenidas evidenciaron coincidencias en sus percepciones, recomendaciones y sugerencias orientadas a mejorar los procesos desde diversas perspectivas. Los profesionales entrevistados fueron:

- Ing. Ernesto Perdomo Rubiano – Representante Legal de la Interventoría
- Ing. Diego Calle Pérez – Representante Legal de Obra.
- Ing. Jenniffer Pinto Infante – Ingeniera Residente.
- Martha Cecilia Alba Tierradentro – Profesional Social.

Todos los entrevistados firmaron los consentimientos informados y solicitaron la transcripción de sus entrevistas para revisión, a excepción del Ing. Ernesto Perdomo.

3.5.2. Instrumentos de recolección final

Se realizaron encuestas estructuradas de tipo cerrada, diseñada con preguntas de opción múltiple, a los siguientes grupos de actores clave en proyectos de infraestructura:

- 1. A ingenieros contratistas y supervisores de obras:** El propósito de esta encuesta fue obtener información cuantitativa sobre la experiencia, percepción y disposición de estos profesionales respecto al uso de tecnologías sin zanja en proyectos de acueducto y alcantarillado. Los resultados permitieron analizar la viabilidad técnica, operativa y sostenible de estas tecnologías en contextos urbanos, así como identificar posibles barreras o factores que favorezcan su implementación (anexo 2).
- 2. A actores personal de ejecución y personal profesional que ejecuten labores en determinados contratos:** El propósito de esta encuesta fue recoger información sobre el nivel de experiencia práctica, los roles desempeñados, el tipo de capacitación recibida y la percepción general del personal de obra sobre el uso de tecnologías de instalación de tubería sin zanja en comparación con los métodos tradicionales de zanja abierta. Esta información permitió identificar fortalezas, desafíos y oportunidades de mejora en la implementación de estas tecnologías desde el punto de vista operativo, así como evaluar su aceptación y viabilidad en el entorno laboral (anexo 3).

- 3. A actores claves como comunidades:** El objetivo de esta encuesta fue identificar el nivel de conocimiento, percepción e impacto social que tienen las obras de infraestructura, particularmente aquellas relacionadas con la instalación de tuberías mediante métodos tradicionales (zanja abierta) frente a tecnologías de instalación de tuberías sin zanja. Se buscó comprender las preocupaciones, nivel de información, aceptación y expectativas que tiene la comunidad respecto a este tipo de intervenciones, especialmente en aspectos como el entorno, el ruido, el tiempo de ejecución y el acceso a servicios públicos (anexo 4).

Por otro lado, se realizaron unas entrevistas semiestructuradas, que ayudaron a afianzar lo investigado, dirigidas a:

- 1. A representantes legales que estén o hayan ejecutado proyectos de tubería sin zanja:** El propósito de esta entrevista fue recoger información cualitativa sobre la experiencia de los representantes legales en la gestión de contratos relacionados con la tecnología de instalación de tubería sin zanja. Buscó comprender cómo ha sido la aplicación de estos contratos en la práctica, identificar barreras legales o administrativas, evaluar la claridad del marco normativo vigente, y conocer la percepción costo-beneficio en comparación con métodos tradicionales (anexo 5).
- 2. A ingenieros que ejecutan labores en proyectos de tubería sin zanja:** El propósito de esta entrevista fue recopilar información cualitativa sobre la experiencia y percepción de los ingenieros respecto a la tecnología de tubería sin zanja. Buscó identificar los beneficios técnicos observados, la viabilidad de su implementación en el contexto colombiano y las limitaciones técnicas o logísticas enfrentadas durante los proyectos (anexo 6).
- 3. A actores personal de ejecución en obra en proyectos de tubería sin zanja:** El propósito de esta entrevista fue conocer la percepción y vivencia del personal de obra respecto a la adaptación a las nuevas herramientas y técnicas, los retos técnicos que enfrentan durante la ejecución de los proyectos, y las ventajas en términos de seguridad laboral frente a métodos tradicionales (anexo 7).

En conclusión, estos instrumentos permitieron establecer un panorama más claro sobre lo concerniente a las nuevas tecnologías de instalación de tubería sin zanja, la percepción del funcionamiento y el conocimiento de las tecnologías.

3.6. Análisis de información

El análisis de la información recolectada en esta investigación se realizó en concordancia con el enfoque mixto adoptado, integrando tanto datos cuantitativos como cualitativos. El objetivo fue obtener una comprensión integral de los beneficios, barreras y oportunidades asociadas a la implementación de tecnologías de tubería de instalación de tubería sin zanja en proyectos de acueducto y alcantarillado.

Herramientas informáticas utilizadas

Para el procesamiento y análisis de los datos cuantitativos se utilizó Microsoft Excel (Microsoft, 2021), debido a su capacidad para organizar grandes volúmenes de datos, aplicar funciones estadísticas, generar gráficos comparativos y permitir una visualización clara de los resultados. Excel fue empleado para:

- Tabulación de respuestas de encuestas.
- Cálculo de frecuencias, porcentajes y medidas de tendencia central.
- Elaboración de tablas y gráficos comparativos entre proyectos con tecnología con zanja y sin zanja.
- Análisis de tendencias y patrones entre variables como costos, tiempos de ejecución y número de afectaciones reportadas.

En el caso del análisis cualitativo, se utilizó un proceso manual de codificación de categorías emergentes a partir de las respuestas abiertas de encuestas y entrevistas semiestructuradas. Para ello, se emplearon matrices de análisis que permitieron agrupar la información en temas clave como percepciones comunitarias, barreras culturales, económicas y técnicas.

Procedimiento de análisis

- **Revisión preliminar de datos:** Se realizó una limpieza y organización inicial de la información recolectada para eliminar inconsistencias, datos incompletos o errores de transcripción.

Clasificación de información:

- Los datos cuantitativos fueron clasificados por variables de análisis como región, tipo de tecnología utilizada, costos, tiempos y tipo de obra.
- Los datos cualitativos fueron organizados en categorías temáticas según los objetivos específicos del estudio.

Análisis estadístico descriptivo:

- Se calcularon promedios, rangos y desviaciones estándar en los datos cuantitativos para comparar la eficiencia de las tecnologías de instalación de tuberías con y sin zanja.
- Se elaboraron gráficos de barras, circulares y líneas para mostrar visualmente las diferencias encontradas.

Análisis cualitativo:

- Se aplicó un enfoque de análisis de contenido para las respuestas abiertas, identificando patrones de percepción y discurso en relación con la adopción de tecnologías de instalación de tuberías sin zanja.
- Se establecieron relaciones entre las barreras identificadas en Bogotá y La Guajira y su impacto en la implementación tecnológica.

Integración de resultados:

- Finalmente, se integraron los resultados cuantitativos y cualitativos para ofrecer una visión completa del fenómeno estudiado, lo cual sirvió de base para la formulación de una propuesta estratégica de divulgación y gestión de la innovación.

Este enfoque combinado y el uso de herramientas como Excel permitieron un análisis riguroso y accesible, alineado con los objetivos de la investigación y la postura epistemológica pragmática del estudio.

3.7. Consideraciones éticas

3.7.1. Análisis de consideraciones éticas

En el desarrollo de esta investigación se aplicaron rigurosamente las consideraciones éticas definidas por la Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO, así como por la comunidad científica internacional, con el fin de garantizar la integridad del proceso investigativo, el respeto por los participantes y la transparencia en el manejo de la información.

Desde el inicio del estudio, se aseguró que la participación de las personas fuera completamente voluntaria, fundamentada en el consentimiento informado. A cada participante se le explicó el propósito de la investigación, los objetivos, los procedimientos a realizar, los posibles riesgos o incomodidades mínimas asociadas, y se garantizó la posibilidad de retirarse del estudio en cualquier momento sin ninguna consecuencia negativa.

Se preservó en todo momento la confidencialidad y el anonimato de los participantes. Los datos recolectados fueron codificados y almacenados en archivos protegidos con claves, de modo que no fuera posible identificar a los individuos a partir de sus respuestas. Esta medida fue especialmente relevante al tratarse de opiniones personales de profesionales y miembros de comunidades que pueden tener implicaciones laborales o sociales.

En cuanto al trato con las comunidades beneficiarias y los actores institucionales involucrados, se garantizó un enfoque de respeto, inclusión y no discriminación, promoviendo la participación activa y equitativa de todos los grupos, sin importar su género, etnia, nivel educativo o condición socioeconómica.

Adicionalmente, se procuró que los instrumentos de recolección de datos no incluyeran preguntas que pudieran resultar ofensivas o invasivas, cuidando que el lenguaje fuera claro, accesible y culturalmente adecuado a los contextos de Bogotá y La Guajira.

La investigación fue guiada bajo los principios fundamentales de la ética en investigación: beneficencia, no maleficencia, justicia y autonomía, buscando generar

conocimiento útil y pertinente que contribuya al mejoramiento de las condiciones de vida de las comunidades involucradas, sin generar perjuicios.

Finalmente, se respetaron todas las normas institucionales establecidas por el Comité de ética de UNIMINUTO, incluyendo la presentación y aprobación del proyecto con la debida justificación metodológica y ética.

3.7.2. Instrumentos de aceptación y autorización

Para garantizar el cumplimiento ético de la investigación, obtuvo el consentimiento informado de todos los participantes que intervinieron en la aplicación de instrumentos de recolección de información, tanto cuantitativos como cualitativos.

En primer lugar, se solicitó y obtuvo el consentimiento informado por parte de las dos juezas académicas que participaron en la validación técnica de los instrumentos, cuyos documentos firmados están incluidos en los anexos del trabajo. Este consentimiento más las respectivas observaciones realizadas a los diferentes instrumentos, ayudaron a realizar una estructuración para el análisis crítico y metodológico de las encuestas y entrevistas planteadas para la investigación.

Se llevaron a cabo entrevistas a cuatro profesionales vinculados a proyectos de tecnología de instalación de tubería sin zanja. Antes de ser entrevistados, cada uno revisó y firmó el consentimiento informado, como segundo paso se procedió a realizar las respectivas transcripciones de cada una de las entrevistas, posterior se envió a cada entrevistado dicho documento para su validación y verificación. En el caso particular del ingeniero Ernesto Perdomo Rubiano, si bien accedió a la entrevista, no realizó la revisión posterior de la transcripción por motivos ajenos a su voluntad, como sí se hizo con los demás entrevistados.

Todos los consentimientos firmados se encuentran en el anexo 8.

4. RESULTADOS

4.1. Análisis de resultados

Una vez aplicadas las encuestas y entrevistas en Bogotá y La Guajira, se presenta a continuación un análisis comparativo que permite desglosar y comprender de manera clara los diferentes puntos de vista expresados en estas dos regiones del país. Ambas zonas poseen características propias y niveles de desarrollo distintos, lo que enriquece el contraste entre sus respuestas. El análisis se realiza tanto por pregunta como de forma general, en coherencia con los objetivos específicos planteados.

Objetivo 1: identificar las afectaciones potenciales al entorno urbano, incluyendo la infraestructura vial, que podrían surgir con el uso de tecnologías de tubería con zanja en comparación con las tecnologías sin zanja.

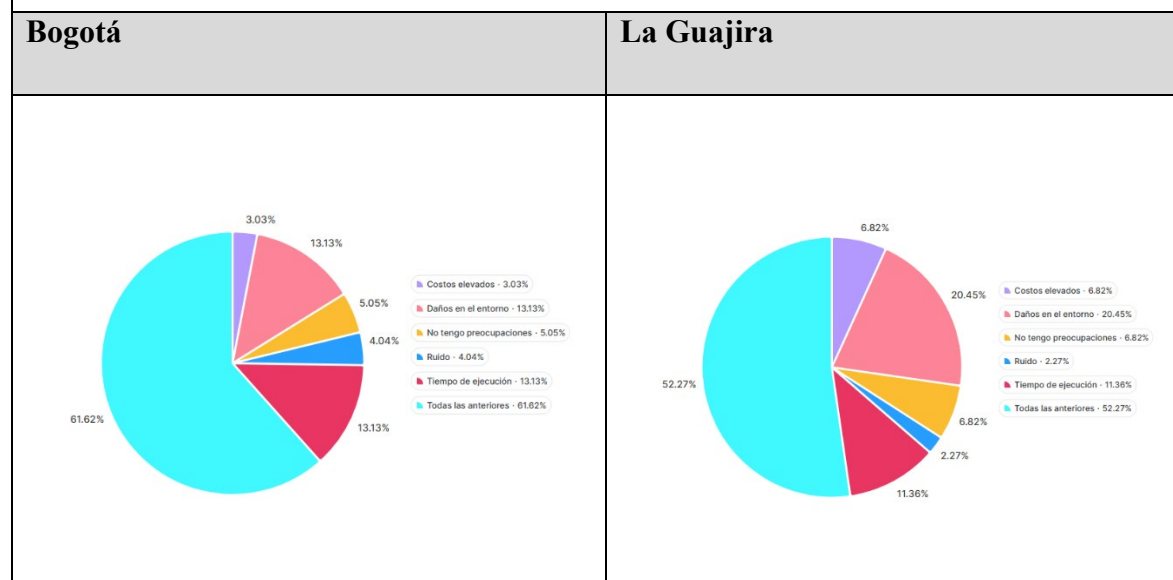
Tabla 2. Análisis de resultados objetivo 1.

Encuesta Comunidad																									
¿Cómo calificaría el impacto de las obras con zanja abierta en su entorno?																									
Bogotá	La Guajira																								
<table border="1"> <caption>Impacto percibido en Bogotá</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muy alto</td> <td>40%</td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>25%</td> </tr> <tr> <td>Moderado</td> <td>17%</td> </tr> <tr> <td>Nulo</td> <td>11%</td> </tr> <tr> <td>Bajo</td> <td>7%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Muy alto	40%	Alto	25%	Moderado	17%	Nulo	11%	Bajo	7%	<table border="1"> <caption>Impacto percibido en La Guajira</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Muy alto</td> <td>31.82%</td> </tr> <tr> <td>Alto</td> <td>29.55%</td> </tr> <tr> <td>Moderado</td> <td>27.27%</td> </tr> <tr> <td>Nulo</td> <td>6.82%</td> </tr> <tr> <td>Bajo</td> <td>4.54%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Muy alto	31.82%	Alto	29.55%	Moderado	27.27%	Nulo	6.82%	Bajo	4.54%
Categoría	Porcentaje																								
Muy alto	40%																								
Alto	25%																								
Moderado	17%																								
Nulo	11%																								
Bajo	7%																								
Categoría	Porcentaje																								
Muy alto	31.82%																								
Alto	29.55%																								
Moderado	27.27%																								
Nulo	6.82%																								
Bajo	4.54%																								
<p>Análisis:</p> <p>La comunidad percibe que las obras con zanja abierta generan un impacto significativo en su entorno y afectan su diario vivir. Esta percepción es especialmente marcada en</p>																									

zonas urbanas como Bogotá, donde la mayoría de los encuestados calificaron el impacto como “muy alto” o “alto”, debido a molestias como congestión vial, ruido, polvo, afectación al comercio y la movilidad peatonal.

En regiones como La Guajira, aunque la percepción es más moderada, también se reconoce una afectación que genera molestias. Estos resultados evidencian que las obras con zanja abierta tienen un efecto negativo sobre la calidad de vida local, lo que refuerza la necesidad de considerar las tecnologías de instalación de tubería sin zanja como alternativa menos invasiva y más aceptada socialmente en futuros proyectos de infraestructura.

¿Qué aspectos le preocupan más de las obras de instalación de tubería a zanja abierta?



Análisis:

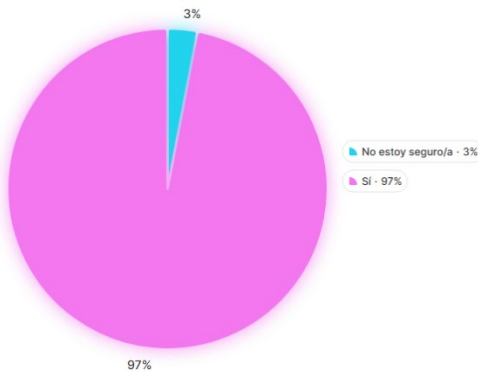
La mayoría de los encuestados manifestó una preocupación general frente a las obras de instalación de tubería a zanja abierta, destacando como principales inquietudes los costos elevados, los daños al entorno, el tiempo de ejecución y el ruido. Más del 50% seleccionó la opción “todas las anteriores”. Este resultado evidencia una percepción negativa generalizada ante las obras a zanja abierta y refuerza la necesidad de considerar

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

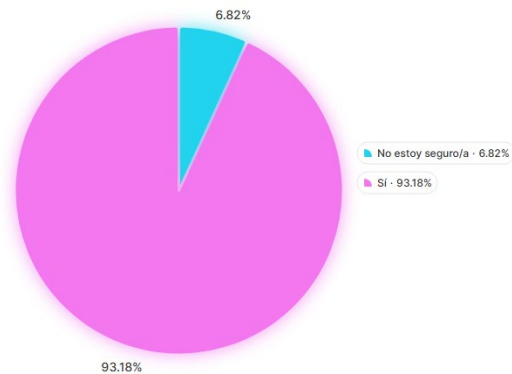
tecnologías menos invasivas, como las técnicas sin zanja, que reducen significativamente estos impactos.

¿Estaría de acuerdo con tecnologías que reduzcan el impacto en las calles y el medio ambiente?

Bogotá

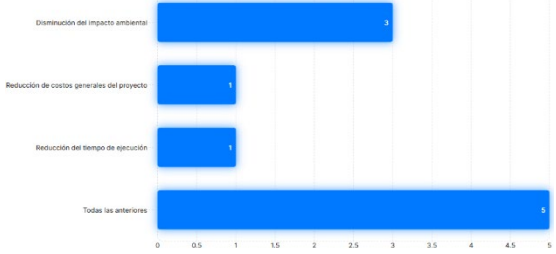
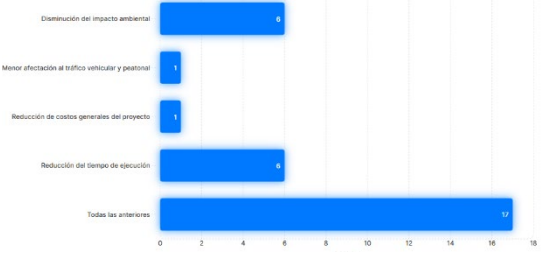


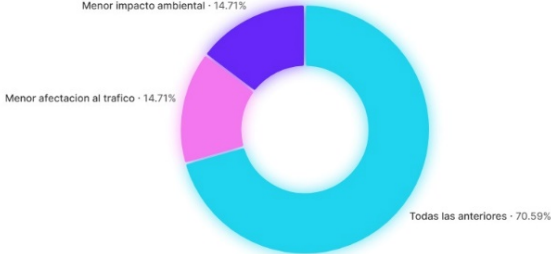

La Guajira



Análisis:

Los resultados muestran un amplio respaldo de la comunidad hacia tecnologías que disminuyan el impacto en las calles, al medio ambiente y reduzcan incidentes. La mayoría de los encuestados está de acuerdo con implementar soluciones más sostenibles, como las tecnologías de instalación de tubería sin zanja. Además, el bajo nivel de incertidumbre en las respuestas indica que la población está informada sobre sus beneficios, lo que refuerza la necesidad de que las entidades promotoras adopten enfoques modernos y menos invasivos, como también indica que el trabajo social o las socializaciones se están realizando de una forma acertada.

Encuesta ingenieros																							
¿Cuáles de los siguientes beneficios considera usted que ofrece la tecnología sin zanja frente a los métodos de zanja abierta?																							
Bogotá	La Guajira																						
 <table border="1" style="display: none;"> <caption>Bogotá - Beneficios percibidos</caption> <thead> <tr> <th>Beneficio</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Disminución del impacto ambiental</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Reducción de costos generales del proyecto</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Reducción del tiempo de ejecución</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Todas las anteriores</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>	Beneficio	Valor	Disminución del impacto ambiental	3	Reducción de costos generales del proyecto	1	Reducción del tiempo de ejecución	1	Todas las anteriores	5	 <table border="1" style="display: none;"> <caption>La Guajira - Beneficios percibidos</caption> <thead> <tr> <th>Beneficio</th> <th>Valor</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Disminución del impacto ambiental</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Menor afectación al tráfico vehicular y peatonal</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Reducción de costos generales del proyecto</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Reducción del tiempo de ejecución</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Todas las anteriores</td> <td>12</td> </tr> </tbody> </table>	Beneficio	Valor	Disminución del impacto ambiental	6	Menor afectación al tráfico vehicular y peatonal	1	Reducción de costos generales del proyecto	1	Reducción del tiempo de ejecución	6	Todas las anteriores	12
Beneficio	Valor																						
Disminución del impacto ambiental	3																						
Reducción de costos generales del proyecto	1																						
Reducción del tiempo de ejecución	1																						
Todas las anteriores	5																						
Beneficio	Valor																						
Disminución del impacto ambiental	6																						
Menor afectación al tráfico vehicular y peatonal	1																						
Reducción de costos generales del proyecto	1																						
Reducción del tiempo de ejecución	6																						
Todas las anteriores	12																						
<p>Análisis:</p> <p>Los ingenieros encuestados muestran un amplio respaldo a la tecnología de instalación de tubería sin zanja, destacando principalmente su capacidad para reducir el impacto ambiental y acortar los tiempos de ejecución. La mayoría reconoce que esta tecnología ofrece múltiples beneficios de forma simultánea, lo que refuerza su percepción como una alternativa más eficiente, sostenible y favorable frente a los métodos tradicionales de zanja abierta y los beneficios que le trae a la comunidad.</p>																							

Encuestas a personal de obra																			
¿Qué beneficios considera que la tecnología sin zanja ofrece en comparación con la zanja abierta?																			
Bogotá	La Guajira																		
 <table border="1"> <caption>Beneficios percibidos en Bogotá</caption> <thead> <tr> <th>Beneficio</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Todas las anteriores</td> <td>70.59%</td> </tr> <tr> <td>Menor impacto ambiental</td> <td>14.71%</td> </tr> <tr> <td>Menor afectación al tráfico</td> <td>14.71%</td> </tr> </tbody> </table>	Beneficio	Porcentaje	Todas las anteriores	70.59%	Menor impacto ambiental	14.71%	Menor afectación al tráfico	14.71%	 <table border="1"> <caption>Beneficios percibidos en La Guajira</caption> <thead> <tr> <th>Beneficio</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Todas las anteriores</td> <td>66.67%</td> </tr> <tr> <td>Menor impacto ambiental</td> <td>18.52%</td> </tr> <tr> <td>Menor afectación al tráfico</td> <td>11.11%</td> </tr> <tr> <td>Disminución de costos</td> <td>3.7%</td> </tr> </tbody> </table>	Beneficio	Porcentaje	Todas las anteriores	66.67%	Menor impacto ambiental	18.52%	Menor afectación al tráfico	11.11%	Disminución de costos	3.7%
Beneficio	Porcentaje																		
Todas las anteriores	70.59%																		
Menor impacto ambiental	14.71%																		
Menor afectación al tráfico	14.71%																		
Beneficio	Porcentaje																		
Todas las anteriores	66.67%																		
Menor impacto ambiental	18.52%																		
Menor afectación al tráfico	11.11%																		
Disminución de costos	3.7%																		
<p>Análisis:</p> <p>El personal de obra percibe que la tecnología instalación de tubería sin zanja ofrece múltiples beneficios simultáneos, destacando especialmente la menor afectación al tráfico vehicular y peatonal, así como la reducción del impacto ambiental. Esta valoración práctica refleja una comprensión directa de las ventajas operativas de esta tecnología en el entorno de ejecución, lo que fortalece su perfil como una solución eficiente y menos invasiva frente a la zanja abierta y reduce la posibilidad de incidentes con la comunidad.</p>																			

Entrevistas a representantes legales
¿Qué impacto tiene esta tecnología en términos de sostenibilidad ambiental?
<ul style="list-style-type: none">• La tecnología de instalación de tubería sin zanja minimiza el movimiento de tierras, la generación de material particulado y el uso de maquinaria pesada. Esto implica menor alteración del entorno urbano y natural.• La ejecución de obras es más rápida, lo que reduce el consumo de combustibles y recursos humanos en comparación con la zanja abierta. <p>La metodología es descrita como más limpia, con menor generación de residuos y ruidos, lo que mejora la convivencia con la comunidad durante las obras.</p>
<p>Análisis:</p> <p>Los representantes legales de empresas coinciden en que la tecnología de instalación de tubería sin zanja tiene un impacto positivo en términos de sostenibilidad ambiental. Destacan que minimiza el movimiento de tierras, reduce la generación de material particulado y disminuye el uso de maquinaria pesada, lo que se traduce en una menor alteración del entorno urbano y natural. Además, al permitir una ejecución más rápida, contribuye a reducir el consumo de combustibles y recursos humanos. También se reconoce que esta tecnología es más limpia y silenciosa, lo que favorece la convivencia con la comunidad durante las obras. En conjunto, estos elementos consolidan su perfil como una alternativa ambientalmente responsable frente a los métodos tradicionales.</p>

Entrevista a profesional social
¿Cuáles son los principales retos técnicos que enfrenta durante la ejecución de estas obras?
Uno de los principales retos técnicos durante la ejecución de obras con tecnología de instalación de tubería sin zanja es la posibilidad de fallos en los equipos, ya sea al momento de su instalación o durante la renovación o instalación de tuberías. Sin embargo, estos inconvenientes no representan un factor crítico, ya que los tiempos de intervención siguen siendo considerablemente menores en comparación con los métodos tradicionales con zanja.
Análisis: El personal de obra identifica como principal reto técnico la posibilidad de fallos en los equipos durante la instalación o renovación de tuberías con tecnología sin zanja. No obstante, estos inconvenientes son percibidos como manejables y no críticos, ya que los tiempos de intervención continúan siendo significativamente menores frente a los métodos tradicionales con zanja abierta. Esto sugiere que, aunque existen desafíos técnicos, la eficiencia general del proceso y sus ventajas operativas compensan dichas dificultades y no alteran los cronogramas establecidos.

Análisis general

Los resultados obtenidos a partir de encuestas y entrevistas a diversos actores vinculados a la ejecución de obras de instalación de tubería evidencian una percepción sin duda mayoritariamente favorable hacia la tecnología de instalación de tubería sin zanja, frente a los métodos tradicionales de zanja abierta. La comunidad muestra una clara preocupación por las afectaciones que las obras convencionales generan en el entorno urbano, tales como el ruido, la alteración vial, los costos elevados y el prolongado tiempo de ejecución. Estos impactos se

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

perciben de forma más intensa en zonas urbanas densamente pobladas como Bogotá, aunque también son reconocidos en regiones menos urbanizadas como La Guajira.

Frente a estas problemáticas, existe un amplio respaldo social hacia la adopción de tecnologías que reduzcan los impactos ambientales y urbanos. Tanto la comunidad como el personal técnico y los representantes empresariales valoran los múltiples beneficios que ofrece la tecnología de instalación de tubería sin zanja, destacando la reducción del impacto ambiental, la menor afectación al tráfico vehicular y peatonal, la disminución de ruido y residuos, así como la aceleración en los tiempos de ejecución. Este respaldo se acompaña de un nivel considerable de conocimiento y sensibilización sobre las ventajas de estas tecnologías, lo que facilita su aceptación y legitimidad social.

Desde la perspectiva técnica, el personal de obra identifica retos específicos, como la posibilidad de fallos en equipos especializados, pero considera que estos no representan obstáculos críticos, dado que los beneficios en eficiencia y reducción de tiempos compensan ampliamente estas dificultades y no les modifica su programación.

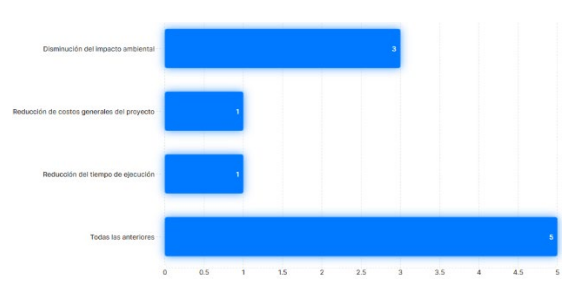
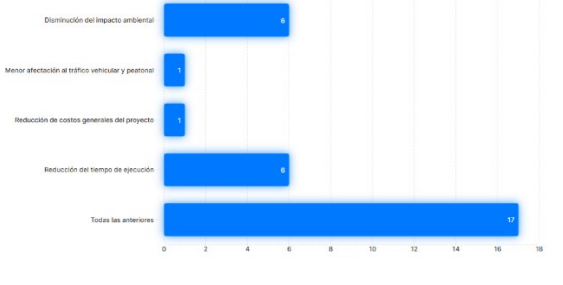
En conjunto, estos hallazgos evidencian la necesidad de promover políticas y prácticas que impulsen la adopción de tecnologías de instalación de tubería sin zanja en la gestión de proyectos de acueducto y alcantarillado. La incorporación de estas técnicas no solo responde a criterios de sostenibilidad ambiental y eficiencia técnica, sino que también atiende las expectativas y demandas sociales, contribuyendo así a una gestión más responsable y aceptada de la infraestructura pública.

Objetivo 2: Contrastar los beneficios de las obras civiles de acueducto y alcantarillado mediante la tecnología de tubería sin zanja frente a las tecnologías tradicionales de tubería con zanja.

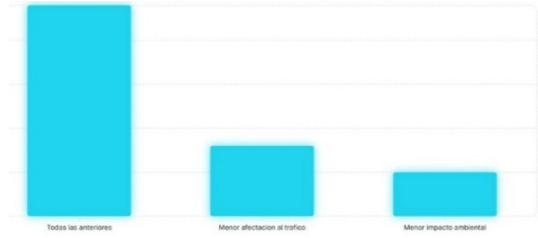
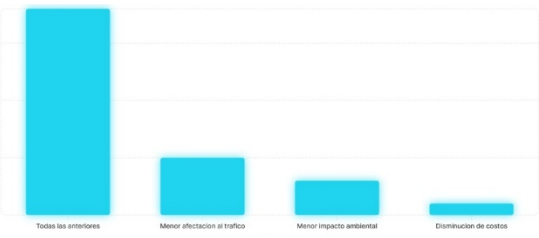
Tabla 3. Análisis de resultados objetivo 2.

Encuesta Comunidad													
¿Cree que la instalación de tubería sin zanja puede mejorar el acceso a servicios básicos como agua y alcantarillado?													
Bogotá	La Guajira												
<table border="1"> <caption>Resultados Bogotá</caption> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Si</td> <td>94%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>6%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Si	94%	No	6%	<table border="1"> <caption>Resultados La Guajira</caption> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Si</td> <td>93.18%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>6.82%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	Si	93.18%	No	6.82%
Respuesta	Porcentaje												
Si	94%												
No	6%												
Respuesta	Porcentaje												
Si	93.18%												
No	6.82%												
<p>Análisis:</p> <p>En ambas regiones, Bogotá y La Guajira, existe una fuerte aprobación por parte de la comunidad que reconoce el potencial de la tecnología de instalación de tubería sin zanja para mejorar el acceso a servicios básicos como agua y alcantarillado. Este resultado evidencia que la población valora esta tecnología no solo por sus beneficios técnicos y ambientales, sino también por su contribución para facilitar la prestación de servicios esenciales, especialmente en zonas urbanas densas y en regiones con necesidades urgentes de infraestructura.</p>													

¿Prefiere obras rápidas, aunque sean más costosas?																	
Bogotá	La Guajira																
<table border="1"> <caption>Preferencias en Bogotá</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Depende de los beneficios</td> <td>39%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>5%</td> </tr> <tr> <td>Sí</td> <td>56%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Depende de los beneficios	39%	No	5%	Sí	56%	<table border="1"> <caption>Preferencias en La Guajira</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Depende de los beneficios</td> <td>43.18%</td> </tr> <tr> <td>No</td> <td>6.82%</td> </tr> <tr> <td>Sí</td> <td>50%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Depende de los beneficios	43.18%	No	6.82%	Sí	50%
Categoría	Porcentaje																
Depende de los beneficios	39%																
No	5%																
Sí	56%																
Categoría	Porcentaje																
Depende de los beneficios	43.18%																
No	6.82%																
Sí	50%																
<p>Análisis:</p> <p>Los resultados reflejan una actitud pragmática por parte de las comunidades frente a las obras públicas, destacándose que en Bogotá un 56% estaría dispuesto a asumir mayores costos si esto implica una ejecución más rápida, lo que evidencia la importancia que se le da a la eficiencia y la reducción de molestias en el entorno urbano. No obstante, cerca del 40% de los encuestados en ambas regiones condicionan su aceptación a los beneficios concretos que perciban, lo cual denota una postura racional y crítica respecto al gasto público. En conjunto, esto indica que la disposición a aceptar mayores inversiones está directamente relacionada con la percepción de resultados tangibles, por lo que es fundamental que las entidades responsables comuniquen de forma clara los impactos positivos que tendrán las intervenciones en la vida cotidiana de las comunidades.</p>																	

Encuesta ingenieros																							
¿Cuáles de los siguientes beneficios considera usted que ofrece la tecnología sin zanja frente a los métodos de zanja abierta?																							
Bogotá	La Guajira																						
 <table border="1"> <caption>Beneficios percibidos en Bogotá</caption> <thead> <tr> <th>Beneficio</th> <th>Contador</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Disminución del impacto ambiental</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>Reducción de costos generales del proyecto</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Reducción del tiempo de ejecución</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Todas las anteriores</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>	Beneficio	Contador	Disminución del impacto ambiental	3	Reducción de costos generales del proyecto	1	Reducción del tiempo de ejecución	1	Todas las anteriores	5	 <table border="1"> <caption>Beneficios percibidos en La Guajira</caption> <thead> <tr> <th>Beneficio</th> <th>Contador</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Disminución del impacto ambiental</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Menor afectación al tráfico vehicular y peatonal</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Reducción de costos generales del proyecto</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Reducción del tiempo de ejecución</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Todas las anteriores</td> <td>17</td> </tr> </tbody> </table>	Beneficio	Contador	Disminución del impacto ambiental	4	Menor afectación al tráfico vehicular y peatonal	1	Reducción de costos generales del proyecto	1	Reducción del tiempo de ejecución	6	Todas las anteriores	17
Beneficio	Contador																						
Disminución del impacto ambiental	3																						
Reducción de costos generales del proyecto	1																						
Reducción del tiempo de ejecución	1																						
Todas las anteriores	5																						
Beneficio	Contador																						
Disminución del impacto ambiental	4																						
Menor afectación al tráfico vehicular y peatonal	1																						
Reducción de costos generales del proyecto	1																						
Reducción del tiempo de ejecución	6																						
Todas las anteriores	17																						
<p>Análisis:</p> <p>En ambas regiones, los ingenieros reconocen múltiples beneficios integrados de la tecnología de instalación de tubería sin zanja frente a los métodos tradicionales de zanja abierta. En particular, en La Guajira se perciben con mayor contundencia beneficios específicos como la reducción del impacto ambiental y los tiempos de ejecución, lo que resalta la valoración técnica de esta tecnología como una alternativa más eficiente y sostenible que traerá beneficios a su región.</p>																							

¿Considera que la tecnología sin zanja es una solución sostenible y viable a largo plazo para los sistemas de infraestructura subterránea?																			
Bogotá	La Guajira																		
<table border="1"><thead><tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th><th>Cantidad</th></tr></thead><tbody><tr><td>Si</td><td>90%</td><td>9</td></tr><tr><td>No</td><td>10%</td><td>1</td></tr></tbody></table>	Respuesta	Porcentaje	Cantidad	Si	90%	9	No	10%	1	<table border="1"><thead><tr><th>Respuesta</th><th>Porcentaje</th><th>Cantidad</th></tr></thead><tbody><tr><td>Si</td><td>100%</td><td>31</td></tr><tr><td>No</td><td>0%</td><td>0</td></tr></tbody></table>	Respuesta	Porcentaje	Cantidad	Si	100%	31	No	0%	0
Respuesta	Porcentaje	Cantidad																	
Si	90%	9																	
No	10%	1																	
Respuesta	Porcentaje	Cantidad																	
Si	100%	31																	
No	0%	0																	
<p>Análisis:</p> <p>Los ingenieros de ambas regiones coinciden en que la tecnología de instalación de tubería sin zanja es una solución sostenible y viable a largo plazo para los sistemas de infraestructura subterránea, reflejando una confianza técnica en su capacidad para responder a las necesidades actuales y futuras de manera eficiente, responsable e integral.</p>																			

Encuesta a personal de ejecución de obra																			
¿Qué beneficios considera que la tecnología sin zanja ofrece en comparación con la zanja abierta?																			
Bogotá	La Guajira																		
 <table border="1"> <caption>Data for Bogotá</caption> <thead> <tr> <th>Beneficio</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Todas las anteriores</td> <td>64%</td> </tr> <tr> <td>Menor afectación al tráfico</td> <td>~8%</td> </tr> <tr> <td>Menor impacto ambiental</td> <td>~6%</td> </tr> </tbody> </table>	Beneficio	Porcentaje	Todas las anteriores	64%	Menor afectación al tráfico	~8%	Menor impacto ambiental	~6%	 <table border="1"> <caption>Data for La Guajira</caption> <thead> <tr> <th>Beneficio</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Todas las anteriores</td> <td>~15%</td> </tr> <tr> <td>Menor afectación al tráfico</td> <td>~7%</td> </tr> <tr> <td>Menor impacto ambiental</td> <td>~4%</td> </tr> <tr> <td>Disminución de costos</td> <td>~1%</td> </tr> </tbody> </table>	Beneficio	Porcentaje	Todas las anteriores	~15%	Menor afectación al tráfico	~7%	Menor impacto ambiental	~4%	Disminución de costos	~1%
Beneficio	Porcentaje																		
Todas las anteriores	64%																		
Menor afectación al tráfico	~8%																		
Menor impacto ambiental	~6%																		
Beneficio	Porcentaje																		
Todas las anteriores	~15%																		
Menor afectación al tráfico	~7%																		
Menor impacto ambiental	~4%																		
Disminución de costos	~1%																		
<p>Análisis:</p> <p>En Bogotá y La Guajira, el personal de obra muestra una fuerte aprobación en que la tecnología de instalación de tubería sin zanja ofrece múltiples beneficios en comparación con los métodos tradicionales de zanja abierta, esto debido a que en Bogotá el 64% indicó la opción “todas las anteriores”, es decir se encuentran incluidos los siguientes beneficios:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Menor afectación al tráfico - Disminución de costos - Menor impacto ambiental - Mayor seguridad para los trabajadores 																			

<p>Asimismo, en La Guajira el 67% está a favor de los múltiples beneficios que ofrece la tecnología de tubería sin zanja, evidenciando una valoración positiva basada en la experiencia directa durante la ejecución de las obras.</p>
Entrevistas a representantes legales
¿Cuáles son los principales beneficios técnicos que ha observado?
<ul style="list-style-type: none">• Permite rehabilitar redes en menor tiempo, con menor intervención superficial, reduciendo costos operativos y afectaciones al entorno.• Evita excavaciones extensas, lo que disminuye molestias para la comunidad, daños en vías o infraestructura existente y riesgos operativos.
<p>Análisis:</p> <p>Se evidencia una percepción favorable hacia las tecnologías sin zanja, destacando principalmente su capacidad para optimizar los tiempos de ejecución y reducir costos, lo cual es clave en proyectos de infraestructura urbana donde los plazos y el presupuesto son críticos. Además, se subraya la reducción de la intervención superficial, lo que no solo implica menor afectación al entorno físico (vías, andenes, redes existentes), sino también una mejora significativa en la convivencia con la comunidad, al minimizar molestias y riesgos. Esto refleja una comprensión técnica acertada del método, pero también una sensibilidad hacia los impactos sociales, lo cual es especialmente relevante en contextos urbanos densos y con alto tráfico peatonal o vehicular. En conjunto, la respuesta no solo resalta ventajas técnicas, sino que también posiciona esta tecnología como una alternativa sostenible y socialmente responsable.</p>
¿Cómo evalúa la relación entre costo y beneficio de estos proyectos en comparación con métodos tradicionales?
<ul style="list-style-type: none">• Mayor costo económico, pero con beneficios técnicos y sociales superiores• Justificación del costo por menor afectación e intervención más limpia.

Análisis:

Esta respuesta evidencia una evaluación racional y balanceada de la relación costo-beneficio en proyectos con tecnologías sin zanja. Aunque se reconoce que el costo económico inicial es mayor en comparación con los métodos tradicionales, los entrevistados resaltan que este se compensa con beneficios técnicos y sociales. La afirmación “intervención más limpia” sugiere una valorización de prácticas menos invasivas y más sostenibles, lo cual es especialmente relevante en contextos urbanos o sensibles. En conjunto, la respuesta indica que el mayor gasto está justificado no solo por los resultados técnicos, sino también por el valor agregado que representa reducir el impacto en la calidad de vida de los ciudadanos y en la infraestructura existente.

Entrevistas a ingenieros

¿Qué criterios utiliza para decidir entre usar esta tecnología o métodos tradicionales?

Decide entre tecnología de instalación de tubería sin zanja y métodos tradicionales principalmente según el entorno del proyecto, el costo inicial y el impacto social y ambiental. En zonas urbanas, prefiere la tecnología sin zanja por su menor afectación al espacio público, menor ruido y mayor eficiencia; mientras que, en áreas rurales sin pavimentar, opta por zanja abierta por su viabilidad económica. También considera el rendimiento en obra y la logística del sitio, evaluando siempre el tipo de suelo y la posible interferencia con otras redes.

Análisis:

La respuesta muestra que la elección entre usar tecnología sin zanja o métodos tradicionales depende de varios factores clave, como el tipo de terreno, el costo inicial, el impacto social y ambiental del proyecto. En zonas urbanas, se prefiere la instalación sin zanja porque causa menos molestias al espacio público, genera menos ruido y es más eficiente. En cambio, en áreas rurales sin pavimentar, se opta por la zanja abierta debido

a que resulta más económica y adecuada para ese entorno. También se tienen en cuenta otros aspectos técnicos, como el rendimiento en obra, la logística del lugar, el tipo de suelo y la posible interferencia con otras redes. En general, la decisión se basa en una evaluación cuidadosa del contexto específico del proyecto, buscando siempre una solución que sea práctica, eficiente y con el menor impacto posible.

Análisis general:

Los distintos actores involucrados en la implementación de obras de infraestructura subterránea, como lo son la comunidad, personal técnico, ingenieros y los representantes legales, muestran una percepción positiva y un respaldo creciente hacia la tecnología de instalación de tubería sin zanja, principalmente por sus beneficios técnicos, sociales y ambientales.

Desde la perspectiva comunitaria, existe un fuerte reconocimiento del potencial de la tecnología de instalación de tubería sin zanja para mejorar el acceso a servicios básicos como agua y alcantarillado, y una disposición a aceptar costos más elevados si esto implica una ejecución más rápida y con menores impactos. Esto revela una valoración basada no solo en la eficiencia, sino también en la calidad de vida y el bienestar colectivo.

El personal de obra y los ingenieros, por su parte, resaltan múltiples beneficios técnicos asociados a la tecnología de instalación de tubería sin zanja, tales como la reducción del tiempo de ejecución, la menor intervención superficial, y la disminución de las afectaciones al tráfico y al entorno. Estos beneficios son especialmente valorados en contextos urbanos, mientras que en áreas rurales se mantienen consideraciones económicas para optar por métodos tradicionales. A pesar de identificar ciertos retos técnicos, como fallos potenciales en equipos especializados, el balance general favorece la implementación de esta tecnología.

Desde la visión de los representantes legales, aunque se reconoce un mayor costo inicial en los proyectos con tecnología de instalación de tubería sin zanja, este se justifica plenamente por los beneficios técnicos y sociales superiores, como la reducción de costos operativos, la disminución de molestias a la comunidad y una intervención más limpia y segura. Asimismo, los

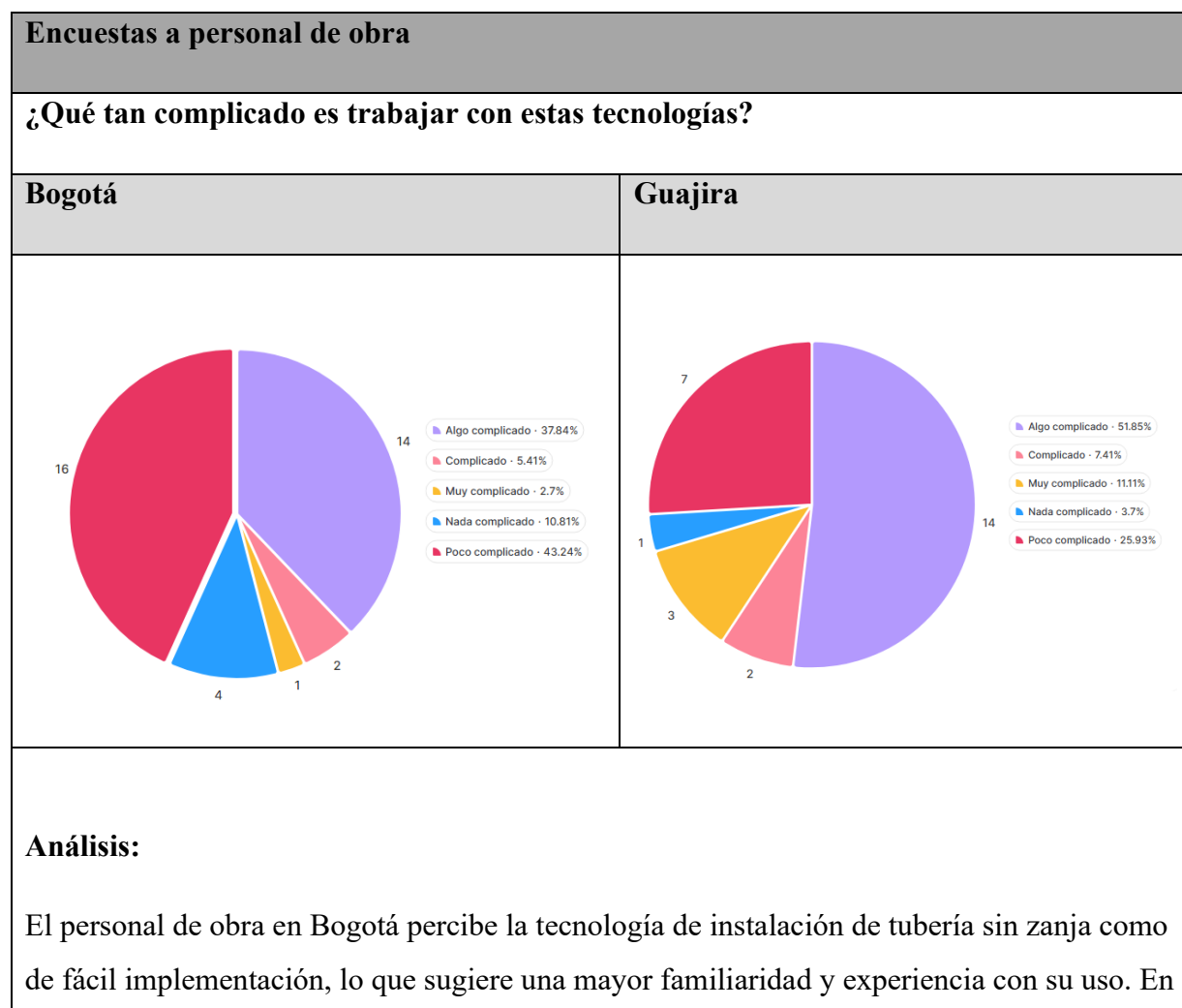
Tecnologías de instalación tubería sin zanja

criterios para decidir entre tecnologías se basan en un análisis integral del entorno, el impacto social y ambiental, y la viabilidad económica.

En síntesis, la tecnología de instalación de tubería sin zanja es percibida como una solución sostenible, viable a largo plazo, y preferible en contextos donde el impacto urbano y social es crítico. Este consenso multisectorial impulsa la necesidad de fomentar su adopción como una estrategia clave para la modernización y sostenibilidad de los sistemas de infraestructura subterránea.

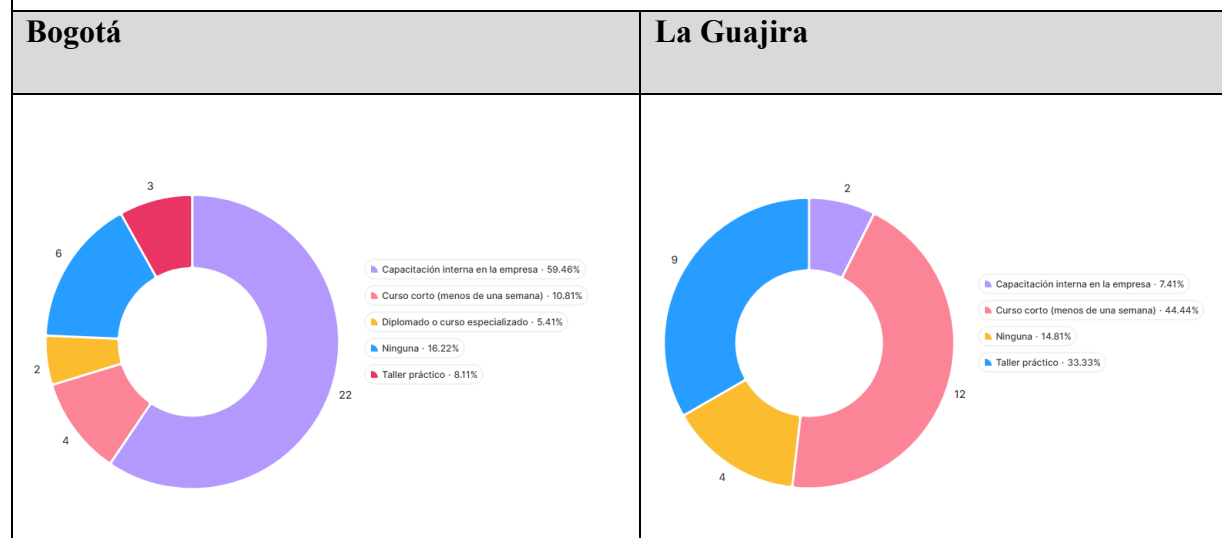
Objetivo 3: Determinar las barreras que limitan la adopción de la tecnología de tubería sin zanja en contextos de baja implementación.

Tabla 4. Análisis de resultados objetivo 3.



contraste, en La Guajira se percibe como más compleja, lo que podría estar relacionado con un menor entendimiento previo a esta tecnología o con limitaciones en la capacitación técnica local. Esta diferencia evidencia una falta de conocimiento o experiencia que puede influir en la toma de decisiones y la utilización de la tecnología en regiones con menor implementación y que indica que se requiere reforzar los mecanismos de capacitación al personal en general.

¿Qué tipo de capacitación sobre tecnología sin zanja ha recibido para su trabajo?



Análisis:

En Bogotá, el personal cuenta con acceso más constante a procesos de capacitación interna y continua, lo que fortalece sus competencias en el uso de tecnologías de instalación de tubería sin zanja. En cambio, en La Guajira la formación se limita principalmente a cursos breves y talleres ocasionales, evidenciando una menor estructuración e institucionalización del aprendizaje. Esta diferencia formativa puede influir directamente en la percepción de dificultad y en la capacidad de implementación efectiva de la tecnología en cada región.

Entrevistas a representantes legales
¿Cuáles son las principales barreras legales o administrativas para proyectos de instalación de tubería de sin zanja?
<ul style="list-style-type: none">• La falta de normativas técnicas especializadas genera vacíos que dificultan la planificación y ejecución.• Falta de conocimiento técnico y económico en las entidades públicas.
<p>Análisis:</p> <p>Los representantes legales identifican como principales barreras legales y administrativas la ausencia de normativas técnicas específicas para tecnologías de instalación de tubería sin zanja, lo que dificulta su adecuada planificación y ejecución. Además, se destaca la falta de conocimiento técnico y económico en las entidades públicas, lo que limita la toma de decisiones informadas y la inclusión de estas tecnologías en los proyectos de infraestructura. Estas carencias institucionales representan un obstáculo clave para su adopción generalizada, pues prácticamente, las entidades aprenden sobre la marcha lo que se requiere para la implementación del proyecto.</p>
¿Qué tan claros y adecuados considera los marcos regulatorios proyectos de instalación de tubería de sin zanja?
<ul style="list-style-type: none">• No existe una normatividad técnica clara para este tipo de tecnología en Colombia.• Debido a la falta de lineamientos claros, las entidades muchas veces solicitan apoyo técnico a los contratistas después de adjudicado el contrato, lo que limita la autonomía técnica del sector público.
<p>Análisis:</p> <p>Los marcos regulatorios existentes en Colombia son percibidos como poco claros y desactualizados respecto a las tecnologías de instalación de tubería sin zanja. Esta ausencia de normatividad técnica específica obliga a que, en muchos casos, las entidades públicas</p>

dependan del conocimiento de los contratistas tras la adjudicación de los contratos, lo que reduce su autonomía técnica y puede afectar la adecuada supervisión y control de los proyectos. Esta situación refleja una necesidad urgente de actualizar y fortalecer el marco regulatorio.

Entrevista a profesional social

¿Ha notado alguna resistencia al cambio del método constructivo de zanja abierta con las tecnologías sin zanja?

No ha percibido una resistencia significativa al cambio por parte de la comunidad. Por el contrario, la respuesta ha sido en general positiva, especialmente porque la tecnología de instalación de tubería sin zanja reduce los impactos sociales y ambientales, lo que genera mayor aceptación por parte de los residentes. La menor duración de las obras y la reducción de molestias contribuyen a que la comunidad se sienta menos invadida y más conforme con las intervenciones.

Análisis:

El personal de obra no percibe una resistencia significativa al cambio por parte de la comunidad. Por el contrario, la tecnología de instalación de tubería sin zanja ha sido bien recibida debido a sus beneficios sociales y ambientales, como la menor duración de los tiempos de las obras, la reducción de molestias y el impacto mínimo en el entorno. Estos factores han favorecido una mayor aceptación por parte de la comunidad, lo que facilita su implementación en contextos urbanos.

Entrevistas a ingenieros
¿Qué limitaciones técnicas o logísticas ha enfrentado en proyectos de instalación de tubería de sin zanja?
Las principales limitaciones técnicas y logísticas en la implementación de la tecnología de instalación de tubería sin zanja han sido los tipos de suelos complejos, como en el proyecto de Britalia, donde se requirió apoyo especializado; la posibilidad de hallazgos arqueológicos que obligan a detener las obras; la presencia de redes de servicios existentes con información incompleta que puede generar interferencias; y las dificultades logísticas para transportar maquinaria a zonas rurales con acceso limitado o infraestructura inadecuada.
Análisis: Los ingenieros identifican varias limitaciones técnicas y logísticas en la implementación de tecnologías de instalación de tubería sin zanja, entre ellas las diferentes capas que presenta la complejidad del suelo colombiano, que en algunos casos requiere apoyo especializado; el riesgo de hallazgos arqueológicos que pueden paralizar las obras hasta tanto no se realicen las introspecciones requeridas; la falta de información precisa sobre redes existentes, donde se presentan interferencias; y las dificultades para movilizar maquinaria hacia zonas rurales con acceso limitado ya sea por movilidad o por conflictos en la zona. Estos factores representan desafíos importantes que deben considerarse en la planificación y ejecución de este tipo de proyectos, para una mejor planeación y desarrollo.
¿Ha identificado algún tipo de resistencia en proyectos de instalación de tubería de sin zanja?
Muchas personas, fuera del ámbito de la ingeniería civil, no conocen la tecnología de instalación de tubería sin zanja, lo que genera dudas sobre su funcionamiento, costos y beneficios. Esta falta de información puede causar preocupaciones económicas y sociales, como el temor a un aumento en los costos de servicios públicos. Sin embargo, al explicar los beneficios, las personas tienden a mostrar mayor aceptación y apertura hacia esta tecnología.

Análisis:

La respuesta indica que muchas personas ajenas a la ingeniería civil no están familiarizadas con la tecnología de instalación de tuberías sin zanja, lo que genera dudas y desconfianza. Esta falta de conocimiento puede provocar inquietudes, especialmente en lo económico y social, como el temor a que aumenten las tarifas de los servicios públicos. Sin embargo, cuando se les explica claramente en qué consiste la tecnología y cuáles son sus ventajas, como menor impacto en el entorno y mayor eficiencia, las personas suelen mostrarse más receptivas y dispuestas a aceptarla. Esto demuestra que la resistencia inicial está relacionada principalmente con la desinformación, y que una buena comunicación puede cambiar esa percepción.

¿Qué tan capacitados están los equipos de trabajo para operar y mantener esta tecnología?

La capacitación ha mejorado gracias al aumento en el uso de la tecnología de instalación de tubería sin zanja, muchas empresas están formando a su personal, tanto operarios como ingenieros, incluso con apoyo de asociaciones como ICTIS – Asociación Latinoamericana de tecnologías sin zanja y mediante capacitación en el exterior. Además, gran parte del aprendizaje ocurre directamente en obra, mediante la experiencia y el acompañamiento de personal más experimentado, además, el interés y la curiosidad individual influyen en el desarrollo profesional dentro de estos equipos.

Análisis:

Esta respuesta refleja una evolución positiva en la preparación de los equipos de trabajo o mano de obra frente a la tecnología de instalación de tubería sin zanja. Se identifica un avance significativo en los procesos de formación, impulsado por el creciente uso de estas técnicas. Las empresas han asumido un rol activo en la capacitación, extendiéndola a todos los niveles del personal, y apoyándose en alianzas con organizaciones especializadas como

Asociación Latinoamericana de tecnologías sin zanja (ICTIS), e incluso en programas internacionales. También se resalta el valor del aprendizaje práctico en obra, que permite a los trabajadores adquirir habilidades directamente en el entorno de trabajo. Finalmente, se reconoce la importancia de factores individuales, como el interés y la curiosidad personal, que fortalecen el proceso de formación continua. En conjunto, la respuesta evidencia que la capacitación técnica no solo depende de programas estructurados, sino también del entorno laboral y de las motivaciones personales de los trabajadores.

Análisis general:

La adopción de la tecnología de instalación de tubería sin zanja en Colombia presenta un panorama mixto que varía significativamente según el lugar, el nivel de capacitación del personal, y el marco normativo vigente.

En términos operativos, el personal de obra en Bogotá muestra mayor familiaridad y comodidad con las tecnologías, tienen una percepción de menor rechazo para su uso, en comparación con regiones como La Guajira, donde se tiene una menor experiencia y una menor formación, donde en la mayoría de los casos se aprende sobre la marcha y esto se traduce en una percepción de rechazo hacia las nuevas tecnologías. Este contraste se explica también por la diferente calidad y continuidad de los procesos de capacitación: mientras Bogotá cuenta con capacitaciones internas regulares y estructuradas, La Guajira se limita a cursos y talleres esporádicos, evidenciando una brecha formativa que impacta directamente en la confianza y habilidad técnica del personal, por lo tanto, en los sitios alejados de las grandes ciudades es más factible que se aprenda sobre la marcha el desarrollo de las técnicas de trabajo.

Desde el punto de vista institucional, las barreras legales y administrativas son significativas. La ausencia de normativas técnicas claras y especializadas para tecnologías de instalación de tubería sin zanja genera vacíos regulatorios que dificultan la planificación y ejecución eficiente de proyectos. Esta falta de lineamientos obliga a que las entidades públicas dependan del conocimiento técnico de los contratistas tras la adjudicación de los contratos, limitando su autonomía y capacidad de supervisión. Además, la falta de conocimiento técnico y económico dentro de estas entidades profundiza estas dificultades.

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

En cuanto a la aceptación social, la tecnología de instalación de tubería sin zanja no enfrenta resistencia significativa por parte de las comunidades donde se han desarrollado algún tipo de instalación. Por el contrario, la reducción de impactos ambientales, menores molestias y tiempos de obra más cortos favorecen una percepción positiva y una mayor aceptación local. Sin embargo, fuera del ámbito técnico, la falta de información y conocimiento sobre esta tecnología genera dudas y preocupaciones económicas y sociales, las cuales pueden mitigarse mediante una comunicación efectiva que explique sus beneficios.

Las limitaciones técnicas y logísticas reportadas, tales como la complejidad de los suelos, posibles hallazgos arqueológicos, redes de servicios incompletas y dificultades para movilizar maquinaria en zonas rurales, constituyen retos que requieren una planificación cuidadosa y el apoyo de expertos especializados para garantizar la viabilidad de los proyectos.

Finalmente, el fortalecimiento de la capacitación ha sido un factor clave para mejorar la implementación. La formación continua tanto formal (a través de asociaciones y cursos externos) como práctica en obra, junto con la motivación individual, ha permitido elevar las competencias del personal involucrado.

En resumen, la adopción de la tecnología de instalación de tubería sin zanja en Colombia depende no solo de aspectos técnicos y logísticos, sino también de un marco normativo robusto, capacitación estructurada y adecuada, y una comunicación clara que promueva la aceptación social y reduzca las barreras derivadas del desconocimiento.

Objetivo 4: Formular una estrategia de divulgación basada en percepciones y conocimientos de actores gubernamentales y comunitarios sobre la tecnología sin zanja.

Tabla 5. . Análisis de resultados objetivo 4.

Encuestas a la comunidad																			
¿Ha escuchado hablar de la instalación de tubería sin zanja?																			
Bogotá	La Guajira																		
<table border="1"> <caption>Encuesta Bogotá</caption> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Cantidad</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No</td> <td>37</td> <td>37%</td> </tr> <tr> <td>Si</td> <td>63</td> <td>63%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Cantidad	Porcentaje	No	37	37%	Si	63	63%	<table border="1"> <caption>Encuesta La Guajira</caption> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Cantidad</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No</td> <td>21</td> <td>47.73%</td> </tr> <tr> <td>Si</td> <td>23</td> <td>52.27%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Cantidad	Porcentaje	No	21	47.73%	Si	23	52.27%
Respuesta	Cantidad	Porcentaje																	
No	37	37%																	
Si	63	63%																	
Respuesta	Cantidad	Porcentaje																	
No	21	47.73%																	
Si	23	52.27%																	
<p>Análisis:</p> <p>La encuesta revela que existe un mayor nivel de conocimiento sobre la instalación de tubería sin zanja en Bogotá, donde la mayoría de los encuestados ha escuchado hablar de esta tecnología. En contraste, en La Guajira el conocimiento es más limitado y equilibrado, con una proporción similar entre quienes la conocen y quienes no y a esto hay que sumarle la desconfianza a lo desconocido que puede afectar el diario vivir de los pobladores. Esta diferencia evidencia una brecha en la difusión y apropiación de la tecnología entre ambas regiones.</p>																			

¿Qué tan informado/a se siente sobre las obras realizadas en su comunidad?																					
Bogotá	La Guajira																				
<table border="1"> <caption>Información sobre obras en Bogotá</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Algo informado</td> <td>30%</td> </tr> <tr> <td>Muy informado</td> <td>33%</td> </tr> <tr> <td>Nada informado</td> <td>12%</td> </tr> <tr> <td>Poco informado</td> <td>25%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Algo informado	30%	Muy informado	33%	Nada informado	12%	Poco informado	25%	<table border="1"> <caption>Información sobre obras en La Guajira</caption> <thead> <tr> <th>Categoría</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Algo informado</td> <td>43.18%</td> </tr> <tr> <td>Muy informado</td> <td>11.36%</td> </tr> <tr> <td>Nada informado</td> <td>11.36%</td> </tr> <tr> <td>Poco informado</td> <td>34.09%</td> </tr> </tbody> </table>	Categoría	Porcentaje	Algo informado	43.18%	Muy informado	11.36%	Nada informado	11.36%	Poco informado	34.09%
Categoría	Porcentaje																				
Algo informado	30%																				
Muy informado	33%																				
Nada informado	12%																				
Poco informado	25%																				
Categoría	Porcentaje																				
Algo informado	43.18%																				
Muy informado	11.36%																				
Nada informado	11.36%																				
Poco informado	34.09%																				
<p>Análisis:</p> <p>Los resultados muestran una mayor percepción de información en Bogotá, donde el 63% de los encuestados se sienten entre “muy” y “algo informados” sobre las obras en su comunidad. En contraste, en La Guajira predomina la desinformación, ya que solo el 11.36% se siente muy informado y más del 34% se considera poco informado. Esto evidencia una diferencia significativa en los canales o estrategias de comunicación comunitaria entre ambas regiones.</p>																					
¿Cree que la instalación de tubería sin zanja puede mejorar el acceso a servicios básicos como agua y alcantarillado?																					
Bogotá	Guajira																				
<table border="1"> <caption>Respuestas a la instalación de tubería sin zanja en Bogotá</caption> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No</td> <td>6%</td> </tr> <tr> <td>Si</td> <td>94%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	No	6%	Si	94%	<table border="1"> <caption>Respuestas a la instalación de tubería sin zanja en Guajira</caption> <thead> <tr> <th>Respuesta</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>No</td> <td>6.82%</td> </tr> <tr> <td>Si</td> <td>93.18%</td> </tr> </tbody> </table>	Respuesta	Porcentaje	No	6.82%	Si	93.18%								
Respuesta	Porcentaje																				
No	6%																				
Si	94%																				
Respuesta	Porcentaje																				
No	6.82%																				
Si	93.18%																				

Analisis:

Los resultados muestran una alta aceptación de la tecnología sin zanja tanto en Bogotá como en La Guajira. En Bogotá, el 94% de los encuestados considera que esta tecnología puede mejorar el acceso a servicios básicos como agua y alcantarillado, mientras que en La Guajira la cifra es muy similar, con un 93.33% de respuestas afirmativas.

Este consenso evidencia que, a pesar de las diferencias geográficas, sociales y de desarrollo entre ambas regiones, existe una percepción positiva generalizada respecto al potencial de esta tecnología. En Bogotá, esta visión puede estar influenciada por una mayor familiaridad con intervenciones urbanas eficientes y la necesidad de minimizar afectaciones al espacio público. En contraste, en La Guajira, donde las brechas en cobertura de servicios básicos son más pronunciadas, la tecnología sin zanja se percibe como una alternativa viable y necesaria para superar barreras logísticas y técnicas que dificultan la instalación convencional.

El hecho de que solo entre el 6% y el 6.67% de los encuestados en ambas regiones respondiera negativamente sugiere una resistencia mínima, lo cual representa una oportunidad para acelerar procesos de adopción e implementación, tanto en contextos urbanos consolidados como en territorios con necesidades urgentes de infraestructura.

En conclusión, los datos reflejan un escenario favorable para promover proyectos con tecnologías sin zanja, apoyados en la confianza ciudadana y en una percepción compartida de su impacto positivo. Esta aceptación social debe ser considerada como un insumo estratégico en la formulación de políticas públicas, planes de inversión y estrategias de comunicación orientadas a mejorar la infraestructura de servicios básicos en Colombia.

Entrevistas a representantes legales

¿Qué tan receptivos son los actores gubernamentales y comunitarios frente a los proyectos de instalación de tubería sin zanja?

- Los actores gubernamentales dependen del convencimiento técnico de consultores o proveedores

<ul style="list-style-type: none">• Las comunidades muestran resistencia cuando no comprenden la tecnología o temen perder beneficios.
<p>Análisis:</p> <p>La receptividad de los actores gubernamentales está condicionada al respaldo técnico proporcionado por consultores o proveedores, lo que sugiere que su aceptación depende del grado de justificación técnica. Por su parte, las comunidades tienden a mostrar resistencia cuando no comprenden la tecnología o perciben posibles afectaciones a sus beneficios, lo que resalta la importancia de una comunicación clara y una adecuada socialización del proyecto.</p>
<p>¿Qué estrategias ha utilizado para superar resistencias a proyectos de instalación de las tuberías sin zanja?</p>
<ul style="list-style-type: none">• Apoyarse en la experiencia técnica del contratista y del consultor• Fortalecer el trabajo social y cultural en territorios sensibles.
<p>Análisis:</p> <p>Para superar las resistencias, los representantes legales han recurrido a la experiencia técnica del contratista y del consultor como respaldo ante actores institucionales. Además, han enfocado esfuerzos en fortalecer el trabajo social y cultural, especialmente en territorios donde se encuentran comunidades sociales complejas y no muy acostumbradas a los cambios, lo que evidencia la importancia de combinar el soporte técnico con un enfoque participativo y contextualizado.</p>
<p>¿Qué recomendaciones daría para mejorar la gestión de la implementación de proyectos de instalación de tubería sin zanja?</p>
<ul style="list-style-type: none">• Fortalecer la formación técnica y académica en la tecnología sin zanja• Involucrar a universidades y gremios en la difusión de la tecnología.

Análisis:

Las recomendaciones se enfocan en mejorar la gestión de la implementación de proyectos de instalación de tubería sin zanja, mediante el fortalecimiento de la formación técnica y académica sobre la tecnología de instalación de tubería sin zanja, así como en promover su difusión a través del involucramiento de universidades y gremios. Esto apunta a la necesidad de generar conocimiento y respaldo institucional que facilite su adopción y legitimación en distintos contextos.

Análisis general:

Los resultados evidencian un panorama mixto en cuanto al conocimiento, percepción y aceptación de la tecnología de tubería de instalación de tubería sin zanja. En Bogotá, tanto el nivel de conocimiento como la percepción de estar informados sobre las obras es significativamente más alto que en La Guajira, donde se observa desinformación y menor familiaridad con la tecnología. A pesar de estas diferencias, en ambas regiones existe una percepción positiva generalizada sobre los beneficios que esta tecnología puede aportar al acceso a servicios básicos, lo cual representa una base favorable para su implementación.

Desde el punto de vista institucional, los actores gubernamentales muestran receptividad condicionada al respaldo técnico, mientras que las comunidades pueden presentar resistencia si no comprenden la tecnología. En este contexto, las estrategias para superar barreras se han enfocado en aprovechar la experiencia técnica de los contratistas y fortalecer el componente social, especialmente en territorios culturalmente sensibles.

Finalmente, se destaca la necesidad de mejorar la gestión a través del fortalecimiento de la formación técnica y la difusión del conocimiento, promoviendo la participación de universidades y gremios. Esto permitiría ampliar la comprensión, reducir resistencias y generar mayor legitimidad para la adopción de tecnologías sin zanja en distintos entornos del país.

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

Cuadro comparativo de costos

A continuación, se presenta un cuadro de costos y actividades que se realizan en un tramo de tubería de 100 metros para los métodos a zanja abierta y tubería sin zanja.

Tabla 6. Análisis de costos del tramo de 100m a Zanja Abierta

Análisis del tramo de 100m a Zanja Abierta				
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Excavación En Zanja a mano en material conglomerado h <2 m	m3	69,0	\$ 53.307,00	\$ 3.678.183,00
Suministro, Transporte e Inst.e Sub Base Granular (Clase B Norma IDU 400-11)	m3	69,0	\$ 117.931,00	\$ 8.137.239,00
Retiro y disposic. materiales sobrantes excav y demol	m3k	1255,8	\$ 1.787,00	\$ 2.244.114,60
Rotura anden concreto / granito	m3	27,6	\$ 230.327,00	\$ 6.357.025,20
Consto construcción anden concreto 21 Mpa	m3	27,6	840.406,00	\$ 23.195.205,60
Inst tub flexibles acueducto, Dn6 y 8"	m	100,0	7.360,00	\$ 736.000,00
Tubería PE 100,acud., PN 10,D160 mm	m	100,0	88.261,00	\$ 8.826.100,00
Rotura sardineles o Bordillos en concreto	M	100,0	\$ 7.186,00	\$ 718.600,00
Construcción sardinel o Bordillo tipo A - 10	M	100,0	\$ 109.882,00	\$ 10.988.200,00
PERSONAL DE OBRA				\$ -
Oficial	Un	3,0	\$ 1.950.000,00	\$ 5.850.000,00
Ayudante	Un	5,0	\$ 1.500.000,00	\$ 7.500.000,00
Total, Valor para 100m				\$ 78.230.667,40
Valor por metro				\$ 782.306,67

NOTA: Duración de la actividad: 1 mes

Tabla 7. Análisis de costos del tramo de 100m metodología sin zanja Pipe Bursting

Análisis del tramo de 100m metodología sin zanja Pipe Bursting				
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Excavación En Zanja a mano en material conglomerado h < 2 m	m3	13,8	\$ 53.307,00	\$ 735.636,60
Suministro, Transporte e Inst.e Sub Base Granular (Clase B Norma IDU 400-11)	m3	13,8	\$ 117.931,00	\$ 1.627.447,80
Retiro y disposic. materiales sobrantes excav y demol	m3	251,16	\$ 1.787,00	\$ 448.822,92
Inst tub acued método sin zanja Dn 110mm - Pipe Bursting	m	100	\$ 492.665,00	\$ 49.266.500,00
Tubería polietileno PE100 RC PN 16 (110mm)	m	100	\$ 73.332,00	\$ 7.333.200,00
Rotura anden concr/granit hasta e=0.12m	m3	5,52	\$ 230.327,00	\$ 1.271.405,04
Consto construccion anden concreto 21 Mpa	m3	5,52	\$ 840.406,00	\$ 4.639.041,12
PERSONAL DE OBRA				\$ -
Oficial	Un	1,5	\$ 1.950.000,00	\$ 2.925.000,00
Ayudante	Un	2,5	\$ 1.500.000,00	\$ 3.750.000,00
Valor Total para 100m				\$ 71.997.053,48
Valor por metro				\$ 719.970,53

NOTA: Duración de la actividad: 15 días, por esto el personal se reduce a la mitad

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

El análisis comparativo entre las metodologías de instalación de tubería mediante zanja abierta y Pipe Bursting (sin zanja), aplicado a un tramo de 100 metros, evidencia ventajas significativas a favor de la tecnología sin zanja, tanto en términos de costo como de tiempo de ejecución.

En términos del valor por metro lineal, el método de zanja abierta implica un costo de \$782.306,67 por metro, frente a los \$719.970,53 que cuesta el método sin zanja, lo que equivale a una reducción del 7,96 %.

Otro aspecto relevante es el tiempo de ejecución, la zanja abierta requiere aproximadamente un mes para completar el tramo de 100 metros, mientras que el método sin zanja reduce ese tiempo a la mitad, ejecutándose en tan solo 15 días. Esta reducción no solo implica menores costos de personal ya que se requieren menos jornales, sino que también disminuye el impacto social y urbano de la obra, al reducir el tiempo de afectación sobre el entorno, las vías y la comunidad.

En conclusión, la tecnología sin zanja Pipe Bursting no solo presenta ventajas técnicas y ambientales, sino que también se perfila como una alternativa económicamente competitiva frente a los métodos convencionales, especialmente en zonas urbanas donde los costos indirectos y las interferencias son críticos. Esta metodología permite optimizar recursos, reducir tiempos de ejecución y minimizar las afectaciones al espacio público, lo cual es clave en proyectos de modernización y renovación de redes de acueducto.

Estrategia de divulgación

Con base en los resultados obtenidos de encuestas comunitarias (anexo 9) y entrevistas a actores institucionales en Bogotá y La Guajira (anexo 10), se propone una estrategia de divulgación que responda a los niveles diferenciados de conocimiento, percepción y receptividad sobre la tecnología de instalación de tubería sin zanja. Esta estrategia busca cerrar brechas de información, fomentar la confianza en la tecnología y promover su implementación a través de acciones ajustadas a cada territorio.

En el caso de Bogotá, donde se identificó un mayor nivel de conocimiento y una percepción más positiva e informada sobre las obras, la estrategia se enfocará en la

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

profundización técnica y en la consolidación de alianzas institucionales. Para ello, se recomienda la realización de foros temáticos con participación de universidades, gremios y entes territoriales; la producción de contenidos especializados (boletines, videos técnicos, casos de éxito locales); y el uso de redes sociales y medios digitales para fortalecer la difusión entre líderes comunitarios y profesionales del sector.

En contraste, en La Guajira, donde predominan la desinformación y el desconocimiento sobre la tecnología, la estrategia deberá priorizar la pedagogía comunitaria y el trabajo territorial. Se sugiere desarrollar jornadas de socialización presenciales en lengua local (cuando sea necesario), piezas audiovisuales con testimonios y ejemplos cercanos, y actividades lúdicas para explicar los beneficios concretos de la tecnología. Estas acciones deben estar acompañadas de una articulación con autoridades tradicionales, instituciones educativas locales y organizaciones comunitarias, para generar confianza y apropiación.

Para ambos territorios, se propone el fortalecimiento del componente institucional mediante la formación técnica dirigida a funcionarios públicos, contratistas y representantes comunitarios. Esta formación puede impartirse en alianza con universidades y centros de investigación, con el objetivo de generar conocimiento técnico validado y fomentar una visión estratégica de largo plazo sobre las ventajas de la tecnología de instalación de tubería sin zanja.

Asimismo, es fundamental visibilizar las experiencias exitosas ya implementadas en otras regiones del país o del exterior. Para ello, se recomienda crear una base de datos de proyectos piloto documentados y accesibles, acompañados de material explicativo y testimonios de beneficiarios, que sirvan como respaldo para procesos de decisión institucional y comunitaria.

Finalmente, se enfatiza la importancia de integrar las estrategias de divulgación con procesos permanentes de diálogo social, participación y monitoreo comunitario. La aceptación de la tecnología depende no solo de su comprensión técnica, sino también de la percepción de inclusión, transparencia y beneficio colectivo. Por ello, la estrategia debe ser flexible, participativa y capaz de adaptarse a contextos culturales diversos, con un enfoque de comunicación incluyente, intercultural y basada en evidencias.

4.2. Discusión de resultados

- **Identificar las afectaciones potenciales al entorno urbano, incluyendo la infraestructura vial, que podrían surgir con el uso de tecnologías de tubería con zanja en comparación con las tecnologías sin zanja.**

Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con estudios previos que destacan las ventajas de la tecnología de investigación de tubería sin zanja frente a los métodos tradicionales de zanja abierta. Investigaciones realizadas por instituciones como, el Banco Mundial (2019) y la Unión Europea (2024) resaltan la eficiencia operativa, la reducción del impacto ambiental y la aceptación social como factores clave que justifican la adopción de estas tecnologías en contextos urbanos y rurales. Estas coincidencias fortalecen la validez de los hallazgos y sugieren una tendencia internacional hacia la modernización de los sistemas de instalación de tuberías mediante métodos menos invasivos.

Desde el ámbito académico nacional, investigaciones como las de Guillermo y Valderrama (2023) refuerzan estos hallazgos al evidenciar la sostenibilidad ambiental y la eficiencia técnica de las tecnologías de instalación de tuberías sin zanja en obras de infraestructura pública. En particular, se demuestra que este tipo de técnicas reduce significativamente la huella de carbono durante la instalación y/o renovación de redes de acueducto y alcantarillado.

Por su parte, Osma (2019) subraya que estas tecnologías no solo reducen costos y tiempos de ejecución, sino que también minimizan las afectaciones al entorno urbano, aspectos que fueron reiteradamente señalados por los actores encuestados en esta investigación.

No obstante, algunas investigaciones, como la de Calderón (2020), advierten sobre las limitaciones que aún enfrenta la implementación masiva de estas tecnologías en contextos con bajos niveles de tecnificación o falta de capacitación técnica. En este sentido, si bien los hallazgos de este estudio muestran un alto nivel de aceptación social y técnica, es necesario considerar que dicha aceptación podría verse afectada por la capacidad institucional y la disponibilidad de recursos en ciertos entornos, especialmente en regiones apartadas como La Guajira.

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

En resumen, al contrastar estos hallazgos con investigaciones y teorías relevantes, se concluye que la tecnología de instalación de tuberías sin zanja representa una alternativa técnicamente viable, ambientalmente sostenible y socialmente aceptada. Sin embargo, su adopción generalizada depende de la superación de barreras institucionales, técnicas y formativas que deben ser abordadas mediante políticas públicas integrales y alianzas multisectoriales.

- **Contrastar los beneficios de las obras civiles de acueducto y alcantarillado mediante la tecnología de tubería sin zanja frente a las tecnologías tradicionales de tubería con zanja.**

Los hallazgos de esta investigación se alinean con múltiples estudios recientes sobre la implementación de tecnologías de instalación de tubería sin zanja en infraestructura subterránea. Por ejemplo, investigaciones realizadas por la International Society for Trenchless Technology (ISTT) y publicaciones del Banco Mundial destacan consistentemente la aceptación creciente de estas tecnologías debido a su menor impacto ambiental, reducción del tiempo de ejecución y conveniencia en entornos urbanos densamente poblados (Eurohinca, 2020; Banco Mundial, 2019).

Desde el enfoque técnico, estudios como el de Matthews et al. (2014) destacan que, aunque existen desafíos asociados al mantenimiento y operación de equipos especializados en tecnologías de instalación de tuberías sin zanja, los beneficios superan las barreras cuando se consideran aspectos como la eficiencia constructiva y la seguridad laboral.

En el ámbito legal y financiero, los resultados también se encuentran en línea con investigaciones como la de Thakre et al. (2025) subrayan que los costos iniciales más elevados de las tecnologías de instalación de tubería sin zanja suelen compensarse a largo plazo con menores costos de operación, mantenimiento y mitigación de impactos sociales. Este argumento se alinea con la teoría del ciclo de vida del proyecto, ampliamente utilizada en la gerencia de proyectos del PMI, donde se destaca la importancia de evaluar las inversiones en función del costo total del proyecto, no solo del capital inicial.

En síntesis, los hallazgos de esta investigación confirman que la tecnología de instalación de tubería sin zanja para la instalación y rehabilitación de tuberías representa una alternativa técnica avanzada que optimiza la eficiencia constructiva y minimiza las interferencias en el

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

entorno urbano. Esta técnica, basada en métodos como la perforación dirigida, el revestimiento interno (*cured-in-place pipe*) y la inserción por deslizamiento, reduce significativamente la necesidad de excavaciones abiertas, lo que disminuye los riesgos asociados a la estabilidad del terreno, la afectación del tráfico y la interrupción de servicios públicos.

- **Determinar las barreras que limitan la adopción de la tecnología de tubería sin zanja en contextos de baja implementación.**

En primer lugar, se observa que la capacitación técnica es uno de los factores más determinantes en la adopción de tecnologías de instalación de tubería sin zanja (TSZ). En Bogotá, donde existen procesos de formación estructurados y continuos, el personal manifiesta mayor confianza y habilidad en el uso de estas tecnologías, lo cual se refleja en una implementación más fluida y eficaz. Esta observación se alinea con lo reportado por Alarcón y Pacheco (2014) y por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe [Cepal], (2022), quienes concluyen que la experiencia y el conocimiento técnico especializado son clave para reducir errores en obra y aumentar la eficiencia en la ejecución de proyectos con tecnologías no convencionales. En contraste, en regiones como La Guajira, donde la formación es esporádica y limitada, se mantiene una percepción de alta complejidad en el uso de TSZ, lo que restringe su adopción y eficacia.

En La Guajira, la falta de formación refuerza esa percepción de dificultad, lo que ralentiza la incorporación de TSZ, mientras que en contextos más formados como Bogotá, la familiaridad reduce la percepción de riesgo, facilitando la adopción. Además, este patrón también se ve influido por factores institucionales y normativos. Tanto esta investigación como los estudios de Cuello Mendoza (2021a) y Santos Gómez (2017) coinciden en señalar la ausencia de normativas técnicas específicas para tecnologías de instalación de tubería sin zanja como una barrera estructural. Esta falta de regulación obliga a las entidades públicas a depender del conocimiento de los contratistas, disminuyendo su autonomía y capacidad de gestión técnica.

En cuanto a la aceptación social, los resultados de esta investigación revelan que las comunidades intervenidas no muestran resistencia significativa frente al uso de TSZ; por el contrario, valoran sus beneficios en términos de menor impacto ambiental, reducción de

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

molestias y tiempos de ejecución más cortos. Esta percepción es respaldada por el caso documentado en Medellín por Ingeniería y Contratos (2019), en donde la implementación de estas tecnologías en barrios con acceso limitado mejoró la calidad de vida de los habitantes y facilitó la ejecución de obras.

Por último, los desafíos técnicos y logísticos identificados, como la complejidad del terreno, la presencia de redes de servicios incompletas o hallazgos arqueológicos, concuerdan con lo planteado por Cuello Mendoza (2021b), quien subraya la importancia de realizar diagnósticos contextuales detallados antes de iniciar obras con TSZ. En este sentido, los hallazgos también pueden contrastarse con el enfoque de gestión de proyectos propuesto por Williams (2005), quien señala que las tecnologías innovadoras requieren una planificación flexible y una capacidad de adaptación constante ante incertidumbres técnicas.

En conclusión, los hallazgos de esta investigación se ven respaldados en gran medida por estudios previos sobre la implementación de tecnologías de instalación de tubería sin zanja en Colombia, y encuentran fundamento teórico en marcos como la difusión de innovaciones, el aprendizaje social y los sistemas de innovación. Al mismo tiempo, estos resultados también evidencian tensiones persistentes entre el avance tecnológico y las condiciones institucionales y logísticas del país, lo cual sugiere que una adopción exitosa de TSZ requiere no solo de capacidades técnicas, sino también de un entorno regulatorio robusto, estrategias de capacitación sostenidas y mecanismos efectivos de gestión del conocimiento.

- **Formular una estrategia de divulgación basada en percepciones y conocimientos de actores gubernamentales y comunitarios sobre la tecnología sin zanja.**

Los resultados obtenidos en esta investigación reflejan una disparidad significativa en el nivel de conocimiento y percepción sobre la tecnología de instalación de tubería sin zanja entre las regiones de Bogotá y La Guajira. Este hallazgo es coherente con lo reportado por Roza y López, (2015), quienes destacan que la implementación exitosa de tecnologías de instalación de tubería sin zanja, como el *Auger Boring*, *Impact Molding* y *Pipe Ramming*, requiere no solo de un respaldo técnico sólido, sino también de una adecuada comprensión por parte de las comunidades y autoridades locales. Esto coincide con los hallazgos sobre la necesidad de

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

fortalecer la formación técnica y la difusión del conocimiento para reducir resistencias y generar legitimidad en la adopción de estas tecnologías.

Por otro lado, la resistencia observada en comunidades de La Guajira se alinea con lo expuesto por Duque Callejas, (2018), quien advierte que la falta de información clara y la percepción de posibles perjuicios socioeconómicos pueden generar rechazo hacia nuevas tecnologías, especialmente en territorios culturalmente sensibles. Esta tensión refleja la importancia del componente social en la gestión del cambio tecnológico.

Desde el punto de vista técnico, investigaciones como la de Martínez (2019) subrayan la necesidad de considerar las particularidades geotécnicas de cada territorio, lo que coincide con la importancia señalada en esta investigación sobre adaptar la tecnología a condiciones locales para asegurar su viabilidad. Sin embargo, mientras estas investigaciones se centran más en los aspectos técnicos, el presente estudio aporta un enfoque complementario al enfatizar la gestión del conocimiento y la legitimidad social como elementos clave para la implementación exitosa.

En conclusión, los hallazgos de esta investigación no solo confirman resultados previos en el campo de las tecnologías de instalación de tuberías sin zanja, sino que también amplían la comprensión al integrar aspectos sociales y de gestión del conocimiento, proponiendo un enfoque integral para superar las barreras en contextos diversos.

5. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta la información recolectada en la investigación, podemos concluir que en Colombia se ha implementado el uso de tecnologías de instalación de tuberías sin zanja, para proyectos de acueducto, alcantarillado, y redes secas como gas, telecomunicaciones, entre otros, en ciudades principales como Bogotá, Medellín, Cali y Barraquilla, Obteniendo beneficios en los tiempos de intervención de los proyectos, los cuales son más cortos, y no afectando el espacio público, en andenes, ciclorrutas y vías. Las obras cuentan con un sistema de trabajo limpio que no genera situaciones de riesgo para las personas de la comunidad que por allí transitan.

En la actualidad, aún no se usa mucho la tecnología de instalación de tuberías sin zanja, en municipios o pueblos, debido a que existen factores que impiden la facilidad de la llegada de la maquinaria y equipos, por la falta de vías adecuadas para el transporte; además, la comunidad en ocasiones, no está de acuerdo en el uso de estas tecnologías, porque puede perder beneficios o subsidios que recibe al no contar con sistemas de agua potable; los costos se elevan en gran magnitud, debido a que el personal que ejecuta las labores con la maquinaria de tecnología de instalación de tuberías sin zanja debe trasladarse, lo que genera un aumento en las condiciones salariales; el clima para el desarrollo de las actividades puede variar; finalmente, la consecución de materiales para la obra, el agua, el combustible y el precio de los mismos, son factores que deben estudiarse, además del objeto del contrato o del proyecto, para conocer la viabilidad de la obra.

En contraste, las intervenciones con zanja abierta suelen requerir un mayor tiempo de ejecución en algunos casos, incluso extenderse por varios meses, pues este tipo de obras avanza de forma más lenta ya que son afectadas por las condiciones climáticas. Por ejemplo, en caso de lluvias fuertes, no es posible dar continuidad con los trabajos. Además, generan un alto impacto en el entorno: ruido por la maquinaria y los equipos, lo cual conlleva a una contaminación auditiva, polvo y afectación del espacio público, que en muchas ocasiones debe ser intervenido nuevamente una vez finalizada la instalación de las redes de acueducto o alcantarillado, prolongando aún más los tiempos de ejecución.

Estas actividades, en ocasiones, generan riesgos para las estructuras circundantes, como las viviendas, el espacio público, andenes y vías, los cuales pueden presentar, fisuras, grietas o

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

hundimientos, si se está trabajando con maquinaria pesada y dependiendo de la profundidad a la que se instale la tubería, además de la cercanía con las casas.

Uno de los beneficios de las excavaciones a zanja abierta es el precio de las actividades, los cuales son menores, pero existen riesgos para los trabajadores durante la ejecución, como trabajos en alturas, espacios confinados, excavaciones abiertas a grandes profundidades y con mayores posibilidades de atrapamientos, condiciones que pueden durar meses en la intervención. Por tal razón, en este tipo de situaciones, debe realizarse un análisis exhaustivo, en el cual se revisen temas de tiempo, para la instalación de la tubería de las redes, pero también para la recuperación del espacio público y el costo, porque, por ejemplo, cuando se interviene el alcantarillado pluvial o sanitario a zanja abierta, debe recuperarse la zanja de la tubería, la estructura de la vía y el pavimento, si es que la red se intervino en algunas de las calles o carreras.

En contraposición, la tecnología de instalación de tubería sin zanja, mediante CIPP, por ejemplo, únicamente ubica los equipos en los pozos correspondientes al tramo de alcantarillado a intervenir, se realizan todas las actividades previas y después se realiza el proceso completo de la manga, intervención que toma 24 horas máximo. Al ejecutar de esta manera, no existe zanja abierta, ni afectación al espacio público y el tiempo de intervención es corto. Por esto, los costos podrían equilibrarse al analizar una metodología sin zanja, rápida y limpia y una zanja abierta con la recuperación del espacio público, que llevan meses de trabajo e implica el trámite de los permisos de entidades como el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) para la licencia de excavación, y la Secretaría de Movilidad (SDM), para los Planes de Manejo de Tránsito (PMT) en cada zona de la obra (permisos que aplican en la ciudad de Bogotá).

Es importante destacar que la tecnología de instalación de tubería sin zanja ofrece varios beneficios en comparación con las excavaciones tradicionales a zanja abierta, como menor impacto urbano, menores costos, tiempos de ejecución más rápidos y mayor seguridad, reduce la necesidad de interrumpir el tráfico, minimiza los impactos ambientales y mejora la eficiencia en la ejecución de las obras.

La tecnología de instalación de tubería sin zanja se puede aplicar en una amplia variedad de proyectos, incluyendo la renovación y/o rehabilitación de tuberías para acueducto,

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

alcantarillado o redes secas, la instalación de nuevas redes y la construcción de túneles. Una de las limitaciones de la tecnología de instalación de tuberías sin zanja (sin excavación) son los posibles riesgos de roturas subterráneas, la presencia de interferencias de otras redes y los asentamientos del terreno, además de las ejecuciones que deben realizarse sin presencia de agua potable, es decir, el servicio de agua para la comunidad se suspende durante máximo 24 horas, generalmente. Para esto, debe contarse con el apoyo de las profesionales sociales para una adecuada explicación a los usuarios, presentando los beneficios, por ejemplo, que cuando la tubería quede totalmente instalada aumentará la presión del agua.

La implementación de una estrategia de divulgación es una herramienta clave para dar a conocer las intervenciones mediante tecnología de instalación de tubería sin zanja y conectar con el público objetivo. Al implementar esta estrategia bien planificada, es posible generar el interés y alcanzar los objetivos propuestos, la cual podría desarrollarse como una divulgación de servicios, promocionando el trabajo como un servicio a través de reuniones con las entidades estatales y con las empresas privadas, que hayan participado en este tipo de proyectos.

Los profesionales y la comunidad que participó en la investigación estuvieron a gusto con la idea de compartir los conocimientos y la experiencia en temas de proyectos, con los que, de alguna manera, han tenido cercanía, unos desde el punto de vista profesional, con su participación en el trabajo y los otros, al ser beneficiarios de las redes que se instalan o se rehabilitan en los sectores en donde viven. Es por esto que, cuando se desee contribuir con un tema de investigación, es preciso buscar a los involucrados directamente, de tal manera que se pueda obtener información de primera mano a partir de actividades que se hayan realizado respecto al estudio del tema que se va a proponer, enriquecer, complementar o mejorar.

En las encuestas realizadas, se pudo observar la claridad que tienen las personas sobre los aspectos técnicos, beneficios, costos, tiempos de ejecución y aspectos a mejorar o las condiciones que no desean en las obras, por ejemplo, la incomodidad, las molestias, el ruido, el polvo, las excavaciones y los residuos de obra que producen suciedad. Es tal el aprendizaje de la comunidad durante la ejecución de los proyectos, que los usuarios cuentan con los conocimientos necesarios para responder encuestas de satisfacción o en este caso, sobre las recomendaciones o diferencias que tienen sobre tecnología de instalación de tubería sin zanja o los trabajos a zanja abierta.

REFERENCIAS

- Abergeldie Complex infrastructure. (n.d.). *Rehabilitación de las tuberías de alcantarillado en el sur de Sídney*. Retrieved May 19, 2025, from <https://abergeldie.com/projects/rehabilitation-of-sewer-reticulation-pipelines-across-southern-sydney>
- Aguirre, F. B., Villamizar, N. G., Henao, A., y Rios, L. (2023). Public funding and technological dynamics in the manufacturing and services sectors in Colombia. *Panorama Económico*, 31(4), 329–358. <https://doi.org/10.32997/PE-2023-4773>
- Alarcón Rocha, J. A., y Pachecho Calvo, J. L. (2014). *Comparación tecnológica y costos del método de instalación de tuberías sin zanja (Trenchless) más eficiente para los suelos encontrados en un proyecto de Bogotá*. Pontificia Universidad Javeriana. <http://hdl.handle.net/10554/16783>
- Alarcon, R. J. A., y Pacheco, C. J. L. (2014). *Comparación tecnológica y costos del método de instalación de tuberías sin zanja (Trenchess) más eficiente para los suelos encontrados en un proyecto en Bogotá*. <https://repository.javeriana.edu.co/items/edb20e5d-b858-4f4a-82a8-454de9496945>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2019). *Con tecnología de punta el Acueducto instala tuberías sin romper calles*. <https://bogota.gov.co/asi-vamos/acueducto-instala-tuberias-sin-romper-calles>
- American Society of Civil Engineers. (2020). *Chronic Underinvestment in America's Water Infrastructure Puts the Economy at Risk*. <https://www.asce.org/publications-and-news/civil-engineering-source/society-news/article/2020/08/26/chronic-underinvestment-in-americas-water-infrastructure-puts-the-economy-at-risk>
- American Society of Civil Engineers. (2024). *Breaking water mains present US, Canada with \$452B problem*. <https://www.asce.org/publications-and-news/civil-engineering-source/civil-engineering-magazine/article/2024/04/breaking-water-mains-present-us-canada-with-%24452b-problem>

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

- Ariaratnam, S. T., Lueke, J. S., y Michael, J. K. (2014). Current trends in pipe bursting for renewal of underground infrastructure systems in North America. *Tunnelling and Underground Space Technology*. <https://doi.org/10.1016/J.TUST.2012.04.003>
- Ariaratnam, S. T., Piratla, K., y Cohen, A. (2014). Field assessment of a Vacuum Microtunneling (VMT) system for on-grade pipeline installations. *Tunnelling and Underground Space Technology*. <https://doi.org/10.1016/J.TUST.2012.02.022>
- Arias, F. (2023). El paradigma pragmático como fundamento epistemológico de la investigación mixta. Revisión sistematizada. *Educación, Arte, Comunicación: Revista Académica e Investigativa*. <https://doi.org/10.54753/eac.v12i2.2020>
- Banco Mundial. (2019). *Innovative Infrastructure Solutions*. <https://www.bancomundial.org/es/news/feature/2019/08/15/el-abc-de-la-infraestructura-para-el-siglo-xxi>
- Barajas Rueda, C. M. (2024). *Estudio de las Metodologías Implementadas para la Instalación de Tubería de Agua Potable en la Construcción de la Manija Matriz de Bogotá*. Universidad Santo Tomás. <http://hdl.handle.net/11634/57890>
- Barbosa-Hortúa, G. A. (2013). *Estudio de la aplicación de tecnologías Trenchless en Bogotá*. <http://hdl.handle.net/10983/1592>
- Botero-Ospina, M.-H., Marengo Otero, J. C., y Cortés Prieto, A. (2021). *La innovación tecnológica como fenómeno territorial: implementación de CTeI a través de los recursos de regalías*. https://doi.org/10.12804/ISSNE.2745-2085_10336.32135_FEIPU
- Business Wire. (2024). *Horizontal Directional Drilling (HDD) Industry Research Report 2024-2030: Increasing Demand for Trenchless Technology in Utility Installation Spurs Multi-Billion Dollar HDD Growth - ResearchAndMarkets.com*. <https://www.businesswire.com/news/home/20241105705710/en/Horizontal-Directional-Drilling-HDD-Industry-Research-Report-2024-2030-Increasing-Demand-for-Trenchless-Technology-in-Utility-Installation-Spurs-Multi-Billion-Dollar-HDD-Growth---ResearchAndMarkets.com>

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

- Calderón, D. r. (2020). Introduction to Trenchless Technologies for Inspection, Rehabilitation, Renewal, and Construction of Water and Wastewater Pipelines (in Spanish). *The University of Texas at Arlington*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26076.16008>
- Caro Moreno, J. C. (2017). La innovación urbana como factor de desarrollo socioeconómico. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 82, 161–174. <https://doi.org/10.21158/01208160.N82.2017.1645>
- Chaves Pabón, S. B. B., Cárdenas Moreno, D. C. M., Avilez Romero, C., y Barajas Bernal, J. (2018). Estudio comparativo técnico y económico del sistema de perforación horizontal “ramming” y el sistema convencional, estudio de caso. *Ingeniería Solidaria*, 14(24), 1–16. <https://doi.org/10.16925/IN.V14I24.2165>
- Chorazy, T., Hlavínek, P., Raček, J., Pietrucha-Urbanik, K., Tchórzewska-Cieślak, B., Keprdová, Š., y Dufek, Z. (2024). Comparison of Trenchless and Excavation Technologies in the Restoration of a Sewage Network and Their Carbon Footprints. *Resources 2024*, Vol. 13, Page 12, 13(1), 12. <https://doi.org/10.3390/RESOURCES13010012>
- Cuello Mendoza, M. M. (2021a). *Factibilidad del uso de tecnologías sin zanja para la rehabilitación y/o renovación de sistemas de alcantarillado, caso de estudio : Centro Histórico de Santa Marta*. Universidad de los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/53845>
- Cuello Mendoza, M. M. (2021b). *Factibilidad del uso de tecnologías sin zanja para la rehabilitación y/o renovación de sistemas de alcantarillado, caso de estudio : Centro Histórico de Santa Marta*. Universidad de los Andes. <https://hdl.handle.net/1992/53845>
- Duque Callejas Juan Esteban. (2018). Beneficios socio-ambientales de las Tecnologías Sin Zanja en Colombia. *Repositorio Universidad EAFIT*. https://www.google.com/search?q=JuanEsteban_DuqueCallejas_2018yrlz=1C1GCEU_esCO1162yoq=JuanEsteban_DuqueCallejas_2018ygs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIHC AEQABjvBTIHCAIQABjvBTIKCAMQABiABBiiBDIKCAQQABiABBiiBDIHCAUQABjvBdIBBzc0MWowajSoAgCwAgEysourceid=chromeie=UTF-8#vhid=zephyr:0yvssid=atritem-

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/13211/JuanEsteban_DuqueCallejas_2018.pdf?sequence%3D2%26isAllowed%3Dy

El Heraldo. (2025). *Triple A implementa nueva tecnología con inteligencia artificial para inspección de redes de acueducto*. <https://www.elheraldo.co/atlantico/2025/04/09/triple-a-implementa-nueva-tecnologia-con-inteligencia-artificial-para-inspeccion-de-redes-de-acueducto/>

EMCALI. (2020). *Avanzamos en la modernización del sistema de acueducto para río Cali*. <https://www.emcali.com.co/en/w/sistema-de-acueducto-ptap-rio-cali>

Empas S.A ESP. (2019). *EMPAS innova con tecnología Túnel Linner en el Interceptor Mensuli*. <https://www.empas.gov.co/empas-innova-con-tecnologia-tunel-linner-en-el-interceptor-mensuli/>

Empresas públicas de Medellín. (2019). *EPM renueva el centro de Medellín con el proyecto Centro Parrilla*. <https://www.epm.com.co/institucional/sala-de-prensa/noticias-y-novedades/epm-renueva-el-centro-de-Medellin-con-el-proyecto-centro-parrilla/>

Esteban, J., y Callejas, D. (2018). *Beneficios socio-ambientales de las Tecnologías Sin Zanja en Colombia*. <http://hdl.handle.net/10784/13211>

Estrada González, N. F., y Forero Fajardo, C. L. (2018). Evaluación de la gestión del tiempo bajo la guía PMBOK® 5TA Edición para método SPR de rehabilitación de tubería sin zanja vs método convencional de rehabilitación de tubería. *UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA*. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/0f6305ee-97cc-44fa-886b-57a1e57b2385/content>

Eurohinca. (2020). *Innovación sin Zanja: Futuro de Túneles | Eurohinca*. <https://eurohinca.com/es/innovacion-en-tecnologias-sin-zanja-el-futuro-de-la-construccion-de-tuneles/>

Freeman, C. (1994). The economics of technical change. *Cambridge Journal of Economics*, 18(5), 463–514. <https://doi.org/10.1093/OXFORDJOURNALS.CJE.A035286/2/18-5-463.PDF.GIF>

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

- FS Tech. (2024). *Sustainable Urban Growth with Tracto Trenchless*. <https://www.fs-tech.ro/en/2024/03/20/sustainable-urban-development-with-tracto-trenchless/>
- Fuentelsaz Gallego, C. (2004). Cálculo del tamaño de la muestra Formación continuada. *Matronas Profesión*, 5(18), 18. https://neuroclinica.org/wp-content/uploads/2021/09/calculo_muestra.pdf
- Garrone, P., Grilli, L., Groppi, A., y Marzano, R. (2018). Barriers and drivers in the adoption of advanced wastewater treatment technologies: a comparative analysis of Italian utilities. *Journal of Cleaner Production*, 171, S69–S78. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2016.02.018>
- Gil, A. V. H., Bom-Camargo, Y. I., Castiblanco, A. M. O., y López, O. L. O. (2020). Gestión de la innovación en empresas de economía solidaria de Caldas-Colombia. *Económicas CUC*, 41(2), 65–82. <https://doi.org/10.17981/ECONCUC.41.2.2020.ORG.4>
- Guerrero, L. M., y Rivero, A. R. (2007). *William James: Epistemología pragmática y significación de la experiencia religiosa* (Vol. 28, Issue 3).
- Guillermo, J., y Valderrama, S. (2023). *Huella de carbono de la instalación y/o renovación y/o rehabilitación de tuberías de acueducto y alcantarillado: zanja abierta vs. tecnologías sin zanja*. Huella de carbono de la instalación y/o renovación y/o rehabilitación de tuberías de acueducto y alcantarillado.
- Gutiérrez Ulloa, C. E., y Gómez Vargas, O. (2020). *La investigación, el desarrollo y la innovación como herramientas para la gestión ambiental en Colombia*. <https://librosesmic.com/index.php/editorial/catalog/view/62/57/1525-1>
- Hay, S. (2014). *A comparative study of trenchless technologies versus traditional open trenching for the replacement of ageing potable water pipelines*. <https://doi.org/10.51415/10321/1064>
- Hicks, J., Kaushal, V., y Jamali, K. (2022). A Comparative Review of Trenchless Cured-in-Place Pipe (CIPP) With Spray Applied Pipe Lining (SAPL) Renewal Methods for Pipelines. *Frontiers in Water*, 4, 904821. <https://doi.org/10.3389/FRWA.2022.904821/BIBTEX>

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

- Ingenieria y Contratos. (2019). *Picacho. Renovación de redes de alcantarillado sin zanja*.
<https://www.ingenieriacontratos.com/picacho-tecnologias-sin-zanja>
- Kaushal, V., Najafi, M., y Serajiantehrani, R. (2020). Environmental Impacts of Conventional Open-Cut Pipeline Installation and Trenchless Technology Methods: State-of-the-Art Review. *Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice*, 11(2), 03120001.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)PS.1949-1204.0000459](https://doi.org/10.1061/(ASCE)PS.1949-1204.0000459)
- Kaushal Vinayak, N. M. R. (2020). *Sanitary sewer construction cost comparison between trenchless CIPP renewal and open-cut replacement*. https://www.isec-society.org/ISEC_PRESS/EURO_MED_SEC_03/xml/PIP-01.xml
- Lu, H., Matthews, J., y Iseley, T. (2020). How does trenchless technology make pipeline construction greener? A comprehensive carbon footprint and energy consumption analysis. *Journal of Cleaner Production*, 261, 121215.
<https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.121215>
- Majerová, J., Hodul, J., y Drochytka, R. (2019). Trenchless Sewer Rehabilitation Methods and Solving Diversity of Cured Sleeves Thickness. *Key Engineering Materials*, 808, 109–114.
<https://doi.org/10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/KEM.808.109>
- Martínez, O. J. (2019). *Análisis técnico y factibilidad económica, sistema PIPE BURSTING vs sistema a zanja abierta para renovación de redes de alcantarillado y acueducto*.
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/36c32cd6-2abe-4a3a-b06d-fd38a392b3ba/content>
- Matthews, J. C., Allouche, E. N., y Sterling, R. L. (2015). Social cost impact assessment of pipeline infrastructure projects. *Environmental Impact Assessment Review*, 50, 196–202.
<https://doi.org/10.1016/J.EIAR.2014.10.001>
- Matthews, J. C., Selvakumar, A., Sterling, R. L., y Condit, W. (2014). Innovative rehabilitation technology demonstration and evaluation program. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 39, 73–81. <https://doi.org/10.1016/J.TUST.2012.02.003>

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

- Mazzini Mite, N. R., y Torres Ortiz, C. R. (2015). *Criterios para la toma de decisión de rehabilitar o renovar la infraestructura hidráulica con evaluación económica de las alternativas para el sistema de alcantarillado sanitario del sector “Urdesa”, en la ciudad de Guayaquil*. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/3644>
- Mínguez Santiago, F. (2015). *Métodos de excavación sin zanjas*. <https://oa.upm.es/37225/>
- Moeini, R., Zare, M. R., y Karimian, F. (2021). Reduce repair cost of wastewater pipelines for using trenchless and open cut technology. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(1), 423–435. <https://doi.org/10.1016/J.ASEJ.2020.04.016>
- Montañez Medina, K. P., y Maldonado Villalobos, D. (2019). *Estudio de los sistemas de construcción sin zanja auger boring y excavación horizontal dirigida, y de rehabilitación CIPP y sliplining*. <https://catalogo.escuelaing.edu.co/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=22187>
- Moore, H. M. (2014). Entre barreras y desafíos: casos de innovación en el sector público colombiano. *Public Administration Review*, 74(4), 465–477. <https://doi.org/10.1111/PUAR.12198>
- Naranjo Calvo, V. 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. <http://hdl.handle.net/1992/64584>
- Norizam Md Salleh, M., Azam Haron, N., Zulhaidi Mohd Shafri, H., Aziz Abdullah, A., Fadzilah Ahmad, N., Terengganu, K., Highway Authority, M., Serdang -Kajang, J., Institusi Bangi, K., y Baru Bangi, -Bandar. (2018). A glimpse of horizontal directional drilling productivity factors. *MATEC Web of Conferences*, 250, 05006. <https://doi.org/10.1051/MATECCONF/201825005006>
- Osma, D. A. (2019). *Tecnología sin zanja, un sistema constructivo sustentable y ecoeficiente en redes de conducción Sub-Terraneas*. Bucaramanga : Universidad de Santander, 2019. <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/3830>

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

Otero Ortega, A. (2018). *Enfoques de investigación*.

https://www.researchgate.net/publication/326905435_ENFOQUES_DE_INVESTIGACION

Pérez Bejarano, M. C., Guerrero Raga, E. A., y Díaz Díaz, C. A. (2023). *Modelo de gestión de la innovación como factor estratégico en tres empresas de construcción de Bogotá*.

<https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/18374>

Pineda, J. A., y Larrañaga, S. C. (2022). *Simplified Assessment of the Resilience Capacity of Urban Areas affected by Microtunneling Activities. 1*.

<https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.403>

Pinilla Camargo, F. (2022). Alternativa para rehabilitar la red de acueducto de la calle 68ª entre la carrera 86ª y la carrera 90 de la ciudad de Bogotá, mediante la aplicación de tecnologías sin zanja. *Universidad Católica*. <https://hdl.handle.net/10983/30447>

Pinzón Abaunza, J. A. (2014). *Evaluación y perspectivas de la utilización de tecnologías sin zanja en redes de alcantarillado de Bogotá*. Pontificia Universidad Javeriana.

<http://hdl.handle.net/10554/7549>

QuestionPro. (2024). *Tamaño de la muestra. Qué es y cómo calcularla*.

<https://www.questionpro.com/es/tama%C3%B1o-de-la-muestra.html>

Romero, E. L. T., Fandiño, J. A. V., y Ariza, L. C. (2021). Methodology for the Selection of Trenchless Sewer Rehabilitation Technologies in Bogotá, Colombia. *Tecnura*, 25(68), 105–124. <https://doi.org/10.14483/22487638.15570>

Rozo, M. P. A., y López, H. C. A. (2015). *Elaboración de la segunda fase del manual de interventoría para la instalación, reemplazo y rehabilitación de infraestructura subterránea mediante el uso de tecnologías sin zanja*. Pontificia Universidad Javeriana.

<http://hdl.handle.net/10554/16800>

Saertex Multicom. (2023). *Trenchless by Night*. <https://www.saertex-multicom.de/en/blog/trenchless-by-night>

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

- Santos Gómez, J. D. (2017). *Necesidades en normas y legislación con el fin de hacer más atractivas las tecnologías sin zanja*.
<https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/383e7bd4-79f7-4ca7-8d74-1512ad94a896/content>
- Sen Gupta, B., Chandrasekaran, S., y Ibrahim, S. (2001). A survey of sewer rehabilitation in Malaysia: application of trenchless technologies. *Urban Water*, 3(4), 309–315.
[https://doi.org/10.1016/S1462-0758\(01\)00047-4](https://doi.org/10.1016/S1462-0758(01)00047-4)
- Thakre, G., Kaushal, V., Karkhanis, E., y Najafi, M. (2025). Evaluation of Life Cycle Cost of Excavation and Trenchless Cured-in-Place Pipeline Technologies for Sustainable Wastewater Applications. *Sustainability 2025, Vol. 17, Page 2329, 17(5), 2329*.
<https://doi.org/10.3390/SU17052329>
- Trenchless Technology. (2022). *2022 Trenchless Technology Project of the Year Rehab Winner*.
<https://trenchlesstechnology.com/2022-trenchless-technology-project-of-the-year-rehab-winner-houston-60-in-sanitary-sewer-spin-cast-lining/>
- Trenchless Works. (2021). *CIPP, felt liner-hot water, spiral wound, SIPP, and thermo form (FIPP) in sewer pipeline*. <https://www.trenchless-works.com/trenchless-case-studies-from-china-3/>
- Unión Europea. (2024). *Instalación subterránea segura de tuberías y cables mediante perforación sin zanja*. <https://cordis.europa.eu/article/id/190555-safe-underground-pipe-and-cable-installation-using-trenchless-drilling/es>
- Universidad de Barcelona. (2022). Metodología mixta. *Universidad de Barcelona*.
<https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/196141/4/Metodolog%C3%ADa%20mixta.pdf>
- Whisper. (2025). *TurboScribe*. <https://turboscribe.ai/es/>
- Williams, T. (2005). Assessing and moving on from the dominant project management discourse in the light of project overruns. In *IEEE Transactions on Engineering Management* (Vol. 52, Issue 4, pp. 497–508). <https://doi.org/10.1109/TEM.2005.856572>

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

Willoughby, D. A. (2005). *Horizontal Directional Drilling Utility and Pipeline Applications*.

<https://www.accessengineeringlibrary.com/binary/mheaeworks/51bf47a82236b1c5/b89cbddc075f7f8e5b627884bbf6e1d66c31ffd98bb4527e9e750ebe3880f175/book-summary.pdf>

ANEXOS

Anexo N° 1. Proceso de obtención de validaciones.

Comunicación jueza Marleny Elena Sánchez Ramírez.

De: MARLENY ELENA SANCHEZ RAMIREZ <msanchez@uniminuto.edu>
Enviado: lunes, 10 de marzo de 2025 12:52
Para: mgonzaleztu <mgonzaleztu@uniminuto.edu.co>
Cc: mmendezg <mmendezg@uniminuto.edu.co>; JAZMIN ARIAS HERNANDEZ <jazmin.arias@uniminuto.edu>
Asunto: RE: ENCUESTAS Y ENTREVISTAS TUBERÍA SIN ZANJA

Buenas tardes María Fernanda y Marcos Roberto

Primero que todo quiero presentar mis disculpas por la demora en la respuesta, el primer mensaje nunca me llegó, además como le comenté a la profe Jazmín, tuve problemas con el correo.

Revisando lo enviado tengo los siguientes comentarios:

Respecto a las encuestas, las preguntas me parecen bien planteadas, son claras y concisas, pero considero no se debería tener tanta pregunta abierta ya que esto dificultaría el manejo de la información

<https://outlook.office365.com/mail/id/AAQkAGQ2YmUzZmY2LWWM1NDEiNGEzNC05N2M3LWNiZDFiMWM1YjYjYQAAWzh%2Fs47dBLu5wXurHXX...> 1/3

23/5/25, 3:29 p.m. Correo: mmendezg - Outlook

En cuanto a las entrevistas, no sería mejor realizar grupos focales?, creo que les facilitaría el trabajo.

En general, considero que está bien estructurado, pero se podría consolidar un poco los instrumentos como ya lo he indicado anteriormente.

Les deseo muchos éxitos en su investigación.

Cordial saludo

 <p>UNIMINUTO Corporación Universitaria Financiera de Occidente Educación de calidad al alcance de todos</p>	<p>Marleny Elena Sánchez Ramírez Docente Ingeniería Civil Sede Bogotá 57+ (601) 2916520 Calle 81B No. 72B-70 Ciudad, Colombia</p>	 <p>ALTA CALIDAD UNIMINUTO BOGOTÁ 1974 - 2025 100 años</p>
--	--	--

<p style="text-align: center;">1. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN</p> <p>a. Dentro de los instrumentos que se plantean para el desarrollo de los objetivos específicos, en este orden de ideas se tiene realizar las siguientes encuestas:</p> <p style="padding-left: 40px;">1. A ingenieros contratistas y supervisores de obras:</p> <p>1. ¿Cuántos proyectos con esta tecnología ha supervisado?</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Ninguno✓ 1-3✓ 4-6✓ Más de 6 <p>2. ¿Qué tecnología utiliza más frecuentemente?</p> <ul style="list-style-type: none">✓ HDD✓ Pipe bursting✓ Pipe Jacking✓ CIPP✓ SWLP✓ Otro: ¿Cuál? _____ <p>3. Mencione los beneficios de tecnología sin zanja, respecto a los métodos de zanja abierta:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>4. Mencione las principales barreras técnicas o económicas para implementar la metodología sin zanja en los proyectos:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p>	<p>XV Ximena Velasco La opción "otro" es cuantitativa, ya que forma parte de una lista de opciones que se pueden contar y comparar, pero, la pregunta "¿Cuál?" puede ser cualitativa, porque pedirá una descripción o una explicación adicional que no está predeterminada en la lista.</p> <p>XV Ximena Velasco Pregunta cualitativa. Para que sea cuantitativa debes ofrecer diferentes opciones, para que ellos escojan una de ellas o varias, según tu objetivo.</p> <p>XV Ximena Velasco Lo mismo acá. Podrías <u>preguntar</u> por ejemplo, cuál de estas barreras técnicas ha tenido al momento de implementar la metodología sin zanja en los proyectos, y darles las opciones para que ellos escojan.</p>
--	---

<p>2. A actores personal de ejecución y personal profesional que ejecuten labores en determinados contratos.</p> <p>1. ¿Cuánto tiempo lleva trabajando con tecnología de tubería sin zanja?</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Menos de 1 año✓ 1-3 años✓ 3-5 años✓ Más de 5 años <p>2. ¿Qué técnica de tubería sin zanja utiliza con mayor frecuencia?</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Perforación horizontal dirigida (HDD)✓ Pipe bursting✓ Pipe Jacking✓ SWLP✓ CIPP✓ Otro <p>3. ¿Cuál es el cargo que desempeña en su trabajo?</p> <hr/> <p>4. ¿Qué capacitación sobre tecnología sin zanja ha recibido para su trabajo?</p> <hr/> <hr/> <hr/> <p>5. Mencione beneficios de la tecnología sin zanja, respecto a zanja abierta:</p> <hr/> <hr/> <hr/> <p>6. A actores claves como comunidades.</p> <p>1. ¿Ha escuchado hablar de la tecnología de tubería sin zanja?</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Sí	<p>XV Ximena Velasco Mismo comentario. Pregunta cualitativa.</p> <p>XV Ximena Velasco Mismo comentario. Pregunta cualitativa. Debes ofrecerles opciones para que ellos escojan.</p> <p>XV Ximena Velasco Mismo comentario. Pregunta cualitativa.</p>
---	---

<p><input checked="" type="checkbox"/> No</p> <p>2. ¿Qué tan informado/a se siente sobre las obras realizadas en su comunidad?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Muy informado/a <input checked="" type="checkbox"/> Algo informado/a <input checked="" type="checkbox"/> Poco informado/a <input checked="" type="checkbox"/> Nada informado/a</p> <p>3. ¿Cómo calificaría el impacto de las obras tradicionales en su entorno?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Muy alto <input checked="" type="checkbox"/> Alto <input checked="" type="checkbox"/> Moderado <input checked="" type="checkbox"/> Bajo <input checked="" type="checkbox"/> Nulo</p> <p>4. ¿Conoce el concepto de obra con tecnología sin zanja? ¿Cómo funcionan?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> Explique el funcionamiento: _____</p> <p>5. ¿Qué aspectos le preocupan más de las obras subterráneas tradicionales?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Ruido <input checked="" type="checkbox"/> Daños al entorno <input checked="" type="checkbox"/> Costos elevados <input checked="" type="checkbox"/> Tiempo de ejecución <input checked="" type="checkbox"/> No tengo preocupaciones</p> <p>6. ¿Estaría de acuerdo con tecnologías que reduzcan el impacto en las calles y el medio ambiente?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> No estoy seguro/a</p> <p>7. ¿Cree que la tubería sin zanja puede mejorar el acceso a servicios básicos como agua y alcantarillado?</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Sí <input checked="" type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/> No estoy seguro/a</p>	<p>XV Ximena Velasco Yo modificaría esta pregunta. Explicar el funcionamiento de algo generalmente se considera una pregunta cualitativa. Podrías preguntar algo así: ¿Cuántos kilómetros de tubería sin zanja estima que se han instalado en el último año? Y les das las opciones, según tus intereses.</p>
---	--

<p>8. ¿Prefiere obras rápidas, aunque sean más costosas?</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Sí ✓ No ✓ Depende de los beneficios <p>b. Dentro de este marco de instrumentos se realizarán unas entrevistas, que ayudarán a afianzar lo investigado:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. A actores personal de ejecución y personal profesional que ejecuten labores en determinados contratos. 2. A actores claves como comunidades. 3. A líderes comunitarios y funcionarios de empresas de servicios públicos. <p>ENTREVISTAS PARA EL PERSONAL DE OBRA.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué tan fácil o difícil ha sido adaptarse a las herramientas y técnicas de la tecnología sin zanja? 2. ¿Cuáles son los principales retos técnicos que enfrenta durante la ejecución de estas obras? 3. Desde su perspectiva, ¿qué ventajas tienen estas tecnologías sobre los métodos tradicionales en términos de seguridad laboral? 4. ¿Ha notado alguna resistencia al cambio por parte de compañeros de trabajo o superiores hacia esta tecnología? 5. ¿Qué tan accesibles son los recursos y equipos necesarios para implementar esta tecnología en su lugar de trabajo? 6. ¿Qué mejoras sugeriría para hacer el uso de esta tecnología más eficiente y seguro? <p>ENTREVISTA PARA INGENIEROS</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuáles son los principales beneficios técnicos que ha observado al trabajar con tecnología sin zanja? 	<p>XV Ximena Velasco <u>Personal de obra de que tipo de empresas?</u> Eso ayuda para formular mejor las preguntas y evitar, por ejemplo, que las personas te respondan con un "No sé".</p> <p>XV Ximena Velasco <u>Propuesta para complementar tus preguntas según tu objetivo general :</u> 1. ¿Cuál es su función en el proyecto de construcción? 2. ¿Qué sabe sobre la tecnología de tubería sin zanja? 3. ¿Cómo cree que esta tecnología podría mejorar su trabajo diario? 4. ¿Cómo ve el futuro de las obras subterráneas si usamos más esta tecnología? ▼</p> <p>XV Ximena Velasco Mismo comentario. Precisar ingenieros de qué tipo de obra, de empresas o especialidad, por ejemplo. Eso ayuda para formular mejor las preguntas y evitar, entre otros, que las personas te respondan con un "No sé" o que te den respuestas equivocadas.</p> <p>XV Ximena Velasco <u>Propuesta para complementar y organizar tus preguntas:</u> Introducción: 1. ¿Podría describir su experiencia y su rol actual en proyectos de infraestructura subterránea? 2. ¿Cuál es su opinión general sobre la tecnología de tubería sin zanja? 3. ¿Cuáles son las principales ventajas que ve en el uso de esta tecnología frente a las técnicas ▼</p>
---	---

<ol style="list-style-type: none"> 2. ¿Qué tan viable considera la implementación de la tecnología de tubería sin zanja en el contexto colombiano? 3. ¿Qué limitaciones técnicas o logísticas ha enfrentado durante el desarrollo de proyectos con esta tecnología? 4. ¿Qué tan capacitados están los equipos de trabajo para operar y mantener esta tecnología? 5. ¿Qué criterios utiliza para decidir entre usar esta tecnología o métodos tradicionales en un proyecto? 6. ¿Qué impacto tiene esta tecnología en términos de sostenibilidad ambiental? ¿Es una ventaja significativa? 7. ¿Ha identificado algún tipo de resistencia, ya sea técnica, económica o social, hacia esta tecnología? 8. ¿Qué mejoras o desarrollos tecnológicos consideraría necesarios para optimizar su uso en proyectos futuros? <p>ENTREVISTA PARA REPRESENTANTES LEGALES.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuáles han sido sus principales experiencias al gestionar contratos relacionados con tecnología de tubería sin zanja? 2. ¿Qué tan claros y adecuados considera los marcos regulatorios actuales para la ejecución de estos proyectos? 3. ¿Cuáles son las principales barreras legales o administrativas que enfrenta en la ejecución de estos contratos? 4. ¿Cómo evalúa la relación entre costo y beneficio de estos proyectos en comparación con métodos tradicionales? 5. ¿Qué tan receptivos son los actores gubernamentales y comunitarios hacia la adopción de esta tecnología? 6. ¿Qué estrategias ha utilizado para superar resistencias o desafíos en la implementación de contratos con esta tecnología? 7. ¿Qué recomendaciones daría para mejorar la gestión de los contratos relacionados con la tecnología de tubería sin zanja? 	<p>XV Ximena Velasco Precisar... De empresas de construcción privadas y públicas? De proyectos de infraestructura subterránea?</p> <p>XV Ximena Velasco Ideas para complementar tus preguntas Ñ Introducción: 1. ¿Podría describir su rol y responsabilidades como representante legal en proyectos de infraestructura subterránea? 2. ¿Cuál es su opinión sobre la legislación actual en Colombia respecto al uso de tecnologías innovadoras en la construcción?</p> <p>Regulación 1. ¿Existen barreras legales o regulatorias que dificulten la adopción de la tecnología de tubería sin zanja en ciertos departamentos de Colombia? 2. ¿Qué cambios en la legislación o en las políticas públicas podrían facilitar la implementación de esta tecnología?</p> <p>Estrategias 1. ¿Qué incentivos legales podrían ofrecerse a las empresas constructoras para fomentar el uso de la tecnología de tubería sin zanja? 2. ¿Qué rol juegan los representantes legales en la promoción y defensa de nuevas tecnologías ante las autoridades y las comunidades?</p> <p>Experiencias 1. ¿Puede mencionar algún caso en el que la implementación de esta tecnología haya enfrentado desafíos legales? ¿Cómo se resolvieron? 2. ¿Qué lecciones se han aprendido en términos legales y regulatorios de los proyectos que ya han adoptado la tecnología de tubería sin zanja?</p> <p>Sostenibilidad 1. ¿Cómo pueden las políticas legales apoyar el desarrollo sostenible de las infraestructuras subterráneas en Colombia? 2. ¿Qué papel anticipa que jugará la tecnología de tubería sin zanja en los futuros proyectos de infraestructura en el país?</p>
---	---



2551001-S-2024-398718
Bogotá, D.C, 26 de noviembre de 2024

Señores
MARÍA FERNANDA GONZÁLEZ TURMEQUÉ
MARCOS ROBERTO MÉNDEZ GÓMEZ
Maestría en Gerencia de la Innovación en Proyectos:
Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO
consorciosdt01@gmail.com
Cel: 3105776761
Bogotá D.C.

Asunto: Respuesta E-2024-129660, Carta Universidad: Solicitud información académica para Maestría

Respetados señores,

Por medio de la presente, me permito manifestar nuestra aprobación a la solicitud presentada en relación con el proyecto de investigación titulado *"Tubería sin zanja: un camino hacia la sostenibilidad y eficiencia en la infraestructura colombiana"*.

En consecuencia, autorizamos al grupo investigador para que cite y mencione la experiencia adquirida en el desarrollo del contrato de obra No. 1-01-25500-1227-2017, cuyo objeto fue la construcción del bypass de la estación de bombeo de aguas residuales de Britalia, **siempre y cuando dicha información sea utilizada exclusivamente con fines académicos**.

Estamos comprometidos con fomentar la investigación y confiamos en que su proyecto contribuirá significativamente al sector y a la innovación en infraestructura en Colombia. Quedamos atentos a cualquier información adicional que requieran.

Cordialmente,



Firmado por LAURA
SERRATO RUIZ
el 26/11/2024 a las
17:02:39 COT

LAURA SERRATO RUIZ
Directora Red Troncal Alcantarillado



Proyectó: Ing. Esp. Erika M.
Revisó: Ada Sarmiento Moreno – Jefe de División Obras Civiles - DRTA



Revisó: Ada Sarmiento Moreno – Jefe de División Obras Civiles - DRTA



SC701-1

Av. Calle 24 # 37-15. Código Postal: 111321.
PBX: (571) 3447000. www.acueducto.com.co
Bogotá D.C. - Colombia

MPFD0001F02-05



Página 1 de 1

Anexo N° 2. Instrumento de encuestas a ingenieros contratistas y supervisores de obras en Bogotá y La Guajira aprobado.

26/5/25, 11:21 a.m. TUBERÍA SIN ZANJA BENEFICIOS EN OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO (Vista previa)

TUBERÍA SIN ZANJA BENEFICIOS EN OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

ESTE INSTRUMENTO ES GENERADO CON FINES EDUCATIVOS, PARA EL DESARROLLO DE TRABAJO DE GRADO PARA LA MAESTRÍA "TUBERÍA SIN ZANJA BENEFICIOS EN OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO" CON EL CUAL SE BUSCA ANALIZAR TENDENCIAS O FRECUENCIAS. ESTA DIRIGIDA A INGENIEROS Y SUPERVISORES DE OBRA. DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

* Obligatorio

1. Ingrese su Correo Electronico

Escriba su respuesta

2. ¿Cuántos proyectos con esta tecnología ha supervisado? *

Ninguno

1-3

4-6

Más de 6

3. ¿Qué tecnologías utiliza más frecuentemente? *

Seleccione como máximo 2 opciones.

<https://forms.cloud.microsoft/Pages/DesignPageV2.aspx?origin=NeoPortalPage&subpage=design&id=64W6sVOiZ0Se6NT47U3zAFmYF7WDTBVHv...> 1/4

26/5/25, 11:21 a.m. TUBERÍA SIN ZANJA BENEFICIOS EN OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO (Vista previa)

Perforación horizontal dirigida (HDD)


Pipe bursting

Pipe Jacking

CIPP

SWLP

Ninguno de los anteriores.

4. **¿Cuáles de los siguientes beneficios considera usted que ofrece la tecnología sin zanja en comparación con los métodos de zanja abierta?** * 

Reducción del tiempo de ejecución

Menor afectación al tráfico y a la comunidad

Disminución del impacto ambiental

Menor generación de escombros y residuos


Reducción de costos operativos

Mayor seguridad para el personal y transeúntes

Menor interferencia con redes y servicios existentes

Ninguno de los anteriores

Todos los anteriores

5. **¿Cuáles de los siguientes beneficios considera usted que ofrece la tecnología sin zanja frente a los métodos de zanja abierta?** * 

<https://forms.cloud.microsoft/Pages/DesignPageV2.aspx?origin=NeoPortalPage&subpage=design&id=64W6sVOiZ0Se6NT47U3zAFmYF7WDTBVHv...> 2/4


28/5/25, 11:21 a.m.

TUBERÍA SIN ZANJA BENEFICIOS EN OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO (Vista previa)

- Reducción del tiempo de ejecución
- Menor afectación al tráfico vehicular y peatonal
- Disminución del impacto ambiental
- Reducción de costos generales del proyecto
- Mayor seguridad para trabajadores y transeúntes
- Menor interferencia con servicios existentes
- Todas las anteriores

6. **¿Qué tan viable considera esta tecnología para proyectos urbanos?** * 

- Muy viable
- Viable
- Algo viable
- Poco viable
- No viable

7. **¿Considera que la tecnología sin zanja es una solución sostenible y viable a largo plazo para los sistemas de infraestructura subterránea?** * 

- Si
- No

Anexo N° 3. Instrumento de encuestas a personal de ejecución de obra en Bogotá y la Guajira aprobado.

26/5/25, 11:18 a.m. TUBERÍA SIN ZANJA BENEFICIOS EN OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO (Vista previa)

TUBERÍA SIN ZANJA BENEFICIOS EN OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

* Obligatorio

Su información es extremadamente confidencial, la siguiente información es solo para fines de investigación internos, toda la información no se compartirá externamente.

1. Ingrese su Correo Electrónico *

Escriba su respuesta

2. ¿Cuánto tiempo lleva trabajando con tecnología de tubería sin zanja? *

Menos de 1 año

1-3 años

3-5 años

Más de 5 años

3. ¿Qué técnica de tubería sin zanja utiliza con mayor frecuencia? *

Seleccione como máximo 2 opciones.

Perforación horizontal dirigida (HDD)

<https://forms.cloud.microsoft/Pages/DesignPageV2.aspx?prevorigin=Marketing&origin=NeoPortalPage&subpage=design&id=64W6sVOiZ0Se6NT47U...> 1/4

26/5/25, 11:18 a.m.

TUBERÍA SIN ZANJA BENEFICIOS EN OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO (Vista previa)

- Pipe bursting
- Pipe Jacking
- SWLP
- CIPP
- Todas las anteriores

4. **¿Desempeña usted alguno de los siguientes cargos en su trabajo? *** 

- Operario
- Técnico
- Profesional
- Supervisor

5. **¿Qué tipo de capacitación sobre tecnología sin zanja ha recibido para su trabajo? *** 

- Ninguna
- Curso corto (menos de una semana)
- Taller práctico
- Diplomado o curso especializado
- Capacitación interna en la empresa

28/5/25, 11:18 a.m.


TUBERÍA SIN ZANJA BENEFICIOS EN OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO (Vista previa)

6. **¿Qué beneficios considera que la tecnología sin zanja ofrece en comparación con la zanja abierta?** * 

- Menor afectación al tráfico
- Disminución de costos
- Menor impacto ambiental
- Mayor seguridad para los trabajadores
- Todas las anteriores

7. **¿Qué tan complicado es trabajar con estas tecnologías?** * 

- Muy complicado
- Complicado
- Algo complicado
- Poco complicado
- Nada complicado

8. **¿Qué tan dispuesto(a) estaría usted a recomendar el uso de la tecnología sin zanja para proyectos de infraestructura?** * 

- Muy dispuesto/a
- Dispuesto/a
- Algo dispuesto/a
- Poco dispuesto/a

26/5/25, 11:18 a.m.

TUBERÍA SIN ZANJA BENEFICIOS EN OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO (Vista previa)

Nada dispuesto/a

Puede imprimir una copia de su respuesta después de enviarla

 Microsoft 365

Este contenido lo creó el propietario del formulario. Los datos que envíes se enviarán al propietario del formulario. Microsoft no es responsable de las prácticas de privacidad o seguridad de sus clientes, incluidas las que adopte el propietario de este formulario. Nunca des tu contraseña.

Microsoft Forms | Encuestas, cuestionarios y sondeos con tecnología de inteligencia artificial [Crear mi propio formulario](#)

El propietario de este formulario no ha proporcionado una declaración de privacidad sobre cómo utilizarán los datos de tus respuestas. No proporciones información personal o confidencial. | [Términos de uso](#)

Anexo N° 4. Instrumento de encuestas a personas de la comunidad en Bogotá y la Guajira aprobado.

26/5/25, 11:27 a.m. TECNOLOGÍA SIN ZANJA PARA ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

TECNOLOGÍA SIN ZANJA PARA ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

Encuestas para Maestría en Gerencia de la Innovación de Proyectos - UNIMINUTO

1. Correo *

2. 1. **¿Ha escuchado hablar de la instalación de tubería sin zanja?**
Marca solo un óvalo.

Sí

No

3. 2. **¿Qué tan informado/a se siente sobre las obras realizadas en su comunidad?**
Marca solo un óvalo.

Muy informado/a

Algo informado/a

Poco informado/a

Nada informado/a

https://docs.google.com/forms/d/1GYBL03xPm73bsG1DPnD4u_9TW0ZvHM-mdqOcdlG107M/edit 1/3

26/5/25, 11:27 a.m.

TECNOLOGÍA SIN ZANJA PARA ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

4. **3. ¿Cómo calificaría el impacto de las obras con zanja abierta en su entorno?**

Marca solo un óvalo.

- Muy alto
- Alto
- Moderado
- Bajo
- Nulo

5. **4. Según su opinión ¿Qué es la instalación de tubería con tecnología sin zanja?**

6. **5. ¿Qué aspectos le preocupan más de las obras de instalación de tubería a zanja abierta?**

Marca solo un óvalo.

- Ruido
- Daños al entorno
- Costos elevados
- Tiempo de ejecución
- No tengo preocupaciones

26/5/25, 11:27 a.m.

TECNOLOGÍA SIN ZANJA PARA ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

7. **6. ¿Estaría de acuerdo con tecnologías que reduzcan el impacto en las calles y el medio ambiente?**

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No
 No estoy seguro/a

8. **7. ¿Cree que la instalación de tubería sin zanja puede mejorar el acceso a servicios básicos como agua y alcantarillado?**

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No
 No estoy seguro/a

9. **8. ¿Prefiere obras rápidas, aunque sean más costosas?**

Marca solo un óvalo.

- Sí
 No
 Depende de los beneficios

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google.

Google Formularios

Maestría en gerencia de Innovación en Proyectos

ENTREVISTA A REPRESENTANTES LEGALES.

1. ¿Cuáles han sido sus principales experiencias al gestionar con contratos relacionados con tecnología sin zanja?
2. ¿Qué tan claros y adecuados considera los marcos regulatorios actuales para la ejecución de estos contratos?
3. ¿Cuáles han sido las principales barreras legales o administrativas que se ha enfrentado para la ejecución de estos contratos?
4. ¿Cómo evalúa la relación entre el costo y el beneficio de estos proyectos en comparación con métodos tradicionales como zanja abierta?
5. ¿Qué tan receptivos son los actores gubernamentales y comunitarios hacia la adopción de la tecnología sin zanja?
6. ¿qué tan receptivos son los actores gubernamentales y comunitarios hacia la adopción?
7. ¿Inge ha tenido la oportunidad de trabajar tecnología sin zanja en la costa, en la Guajira o hacia la costa?
8. ¿Qué estrategias ha utilizado para superar resistencias o desafíos en la implementación de estos contratos con tecnología sin zanja?
9. ¿Qué recomendaciones daría para mejorar la gestión de los contratos relacionados con tecnologías sin zanja?

Maestría en gerencia de Innovación en Proyectos

ENTREVISTA CON LA INGENIEROS DE OBRA.

1. ¿Cuáles han sido los principales beneficios técnicos que ha podido observar cuando ha trabajado con Tecnología Sin zanja?
2. ¿Qué tan viable consideras la implementación de la tecnología sin zanja en el contexto colombiano?
3. ¿Qué limitaciones técnicas o logísticas has enfrentado durante el desarrollo de esta tecnología en los proyectos que has participado?
4. ¿Qué tan capacitados consideras que están los equipos de trabajo para operar y mantener esta tecnología?
5. ¿Qué criterios utilizas tú para decidir entre esta tecnología, una tecnología sin zanja, y un método tradicional como una zanja abierta?
6. ¿Qué impacto tiene esta tecnología en términos de sostenibilidad ambiental?
7. ¿Has identificado algún tipo de resistencia, ya sea técnica, económica o social, hacia esta tecnología?
8. ¿Qué mejoras o desarrollos tecnológicos considerarías necesarios para optimizar el uso de esta tecnología en proyectos futuros?
9. ¿Qué diferencias has notado por ejemplo ahora en Bogotá, como en Medellín, Cali que son ciudades grandes o en la costa o en un pueblito en la costa, qué diferencias has podido ver en cuanto a los tiempos de ejecución, los costos, el transporte?
10. ¿Qué tal fue ese reto técnico de atravesar el río Tunjuelo a 13 metros de profundidad?

Maestría en gerencia de Innovación en Proyectos

ENTREVISTA CON PROFESIONALES DE OBRA.

1. ¿Cuáles han sido los principales beneficios técnicos que has observado al trabajar con tecnología sin zanja?
2. ¿Qué tan viable consideras la implementación de esta tecnología en el contexto colombiano?
3. ¿Tú qué limitaciones técnicas o logísticas has enfrentado durante el desarrollo de tus proyectos con esta tecnología?
4. ¿Qué capacitados consideras que están los equipos de trabajo para operar y mantener esta tecnología? Equipos de trabajo como, por ejemplo, los operadores, los profesionales, el equipo en general que hace todo el trabajo.
5. ¿Qué criterios utilizarías tú para escoger un proyecto a zanja abierta o con tecnología sin zanja?
6. ¿Qué impactos consideras que tiene esta este tipo de tecnología en cuanto a sostenibilidad ambiental y para la Comunidad? ¿Qué consideras?
7. ¿Tú has identificado algún tipo de resistencia económica, social o técnica hacia esta tecnología de parte de la Comunidad o de las entidades contratantes o de los mismos contratistas?
8. ¿Qué mejoras propondrías tú para este tipo de tecnología?
¿Para los procesos qué podrían mejorar los contratistas o las entidades contratantes, o inclusive qué mejoras podría hacerse a una zanja abierta o a un espacio público?
9. ¿Cómo se piensa realizar los trabajos o empiezan a indagar más sobre estas nuevas tecnologías? Les causa, digamos, curiosidad. Algo así por el estilo.
10. ¿Cómo se ha manejado y cómo se manejó, digamos en los proyectos donde las nuevas tecnologías por algún motivo crean una desestabilización digamos de terreno y esto influye dentro de las casas? ¿Cómo se ha manejado eso? ¿Es fácil, el manejo]? ¿Es muy complicado o simplemente la Comunidad espera que sea atendida, digamos sus quejas y reclamos ante estos impases que pueden producirse en las obras?

RÉPUBLIQUE DE COLOMBIE



L'UNIVERSITÉ SANTO TOMÁS
Autorisée par le Ministère de l'Éducation nationale
Considérant que

DIXIE XIMENA VELASCO ZULUAGA

C.C. 53.123.729 de Bogota

A réussi les études du programme et satisfait aux exigences légales et réglementaires,
lui octroie le Titre de

Communicateur social

En foi de quoi, est signé et tamponné à Bogotá, D.C.
le **30 mars 2007**.

<p>Doyen de la Faculté, <i>Signature illisible</i> Timbre sec du Doyen de la Faculté de l'Université Santo Tomas</p>	<p>Recteur général, <i>Signature illisible</i> Timbre sec du Recteur général de l'Université Santo Tomas</p>	<p>Secrétaire général, <i>Signature illisible</i> Timbre sec du Secrétaire général de l'Université Santo Tomas</p>
--	--	--

Registre interne n° 409.1755.30-03-2007
Folio 11 Livre 12

J'atteste que la présente est une traduction correcte, exacte et fidèle de ce **Diplôme**, rédigé en langue espagnole en Colombie et délivré par l'Université Santo Tomás au nom de **Mme Dixie Ximena Velasco Zuluaga**.

Fait à Montréal le 15 mars 2015.

J'appose mon sceau professionnel et je signe.


Juliana Ioachim, trad. a.



CONSENTIMIENTO



CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN LAS ENCUESTAS Y ENTREVISTAS A PROFUNDIDAD CORRESPONDIENTES AL PROYECTO, TUBERÍA SIN ZANJA: UN CAMINO HACIA LA SOSTENIBILIDAD Y EFICIENCIA EN LA INFRAESTRUCTURA COLOMBIANA

El presente documento corresponde a un consentimiento informado, en el cual usted declara por escrito su libre voluntad de participar, luego de comprender en qué consiste la investigación "Tubería sin Zanja: Un Camino hacia la Sostenibilidad y Eficiencia en la Infraestructura Colombiana", adelantada por el Grupo de investigación de la Maestría en Gerencia de la Innovación de Proyectos de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, Rectoría Bogotá y de la Fundación Eudes, de Bogotá. Le solicitamos colaborar de la manera más honesta y completa posible.

Objetivo de la Investigación: Diseñar una estrategia de la gestión de innovación para la adopción y promoción de la tecnología de tubería sin zanja en departamentos colombianos que aún no la han implementado.

Justificación de la Investigación: La presente investigación es crucial para el avance de la infraestructura subterránea en Colombia, especialmente en aquellos departamentos que aún no han adoptado la tecnología de tubería sin zanja. Esta metodología ha demostrado ser una solución innovadora y eficiente para la rehabilitación de redes de acueducto y alcantarillado en diversas partes del mundo, lo que se traduce en una reducción significativa de costos y un menor impacto ambiental en comparación con las técnicas tradicionales de excavación abierta (Pabón et al., 2018). Sin embargo, en el contexto colombiano, su adopción enfrenta múltiples barreras, tales como la falta de conocimiento técnico, resistencia al cambio y limitaciones presupuestarias.

Procedimiento: se realizará de la siguiente manera:

1. Identificar las afectaciones potenciales a la estructura vial y a las construcciones verticales que podrían surgir con el uso de tecnologías de tubería con zanja en comparación con las tecnologías sin zanja.
2. Contrastar los beneficios de las obras civiles de acueducto y alcantarillado mediante la tecnología de tubería sin zanja frente a las tecnologías tradicionales de tubería con zanja.
3. Identificar las barreras que limitan la adopción de la tecnología de tubería sin zanja en los departamentos colombianos no implementados.
4. Proponer una estrategia de divulgación dirigida a actores gubernamentales y comunitarios que resalte los beneficios de implementar tecnologías de tubería sin zanja.

Beneficios:

La metodología de tecnologías de tubería sin zanja, es una solución innovadora en la rehabilitación de infraestructuras subterráneas, con gestión de innovación tecnológica. Estos temas son fundamentales para entender el contexto, los beneficios y los desafíos de implementar esta tecnología en proyectos de infraestructura, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas. Las técnicas de tecnología sin zanja son métodos que permiten la instalación, reparación y sustitución de tuberías subterráneas sin necesidad de abrir zanjas extensas en la superficie.

Esto permite minimizar el impacto en el entorno urbano, reducir el tiempo de trabajo y disminuir los costos asociados con excavaciones convencionales.

Factores y riesgos:

La tecnología sin zanja para el tratamiento de aguas residuales ofrece una alternativa innovadora y menos invasiva en comparación con los métodos tradicionales de construcción y rehabilitación de tuberías. Sin embargo, su adopción enfrenta diversas barreras y oportunidades que varían según el contexto geográfico, económico y regulatorio.

La tecnología sin zanja generalmente implica un mayor desembolso de capital inicial en comparación con los métodos de corte abierto, lo que puede limitar su adopción en ciertos contextos (Moeini et al., 2020). Adicionalmente, no todos los materiales de rehabilitación disponibles son compatibles con las condiciones locales, lo que puede restringir la viabilidad de ciertas tecnologías sin zanja (Gupta et al., 2001). Y, por otro lado, la adopción de nuevas tecnologías puede verse obstaculizada por la complejidad y las inconsistencias en el entorno regulatorio, así como por la influencia política e institucional (Garrone et al., 2018).

Garantía de respuesta a inquietudes: Los participantes recibirán respuesta a cualquier pregunta que les surja acerca de la investigación.

Garantía de libertad: La participación en el estudio es libre y voluntaria. Los participantes podrán retirarse de la investigación en el momento que lo deseen, sin ningún tipo de consecuencia.

Garantía de información: Los participantes recibirán toda información significativa que se vaya obteniendo durante el estudio.

Confidencialidad: Los nombres de las personas y toda información que sea proporcionada, serán tratados de manera privada y con estricta confidencialidad, estos se consolidarán en una base de datos como parte del trabajo investigativo, y respetando la normativa vigente de las Leyes de Habeas Data y de Protección de Datos Personales. Solo se divulgará la información global de la investigación, en un informe en el cual se omitirán los nombres propios de las personas de las cuales se obtenga información.

En caso de ser necesario, usted podrá contactar a:

Nombre:	Teléfono:	Email:
María Fernanda González T	3105776761	mgonzaleztu@uniminuto.edu.co
Marcos Roberto Méndez G	3112315235	mmendezg@uniminuto.edu.co



Certifico que he leído la anterior información, que entiendo su contenido y que estoy de acuerdo en participar de manera libre y voluntaria en la investigación.

Se firma en la ciudad de Bogotá a los 12 días, del mes de Febrero del año 2025.

Dixie ximena velasco zuluaga

Ximena Velasco Zuluaga
Cédula: 53123729

María Fernanda González T
Cédula: 53.159.517 de Bogotá

Ximena V.

Firma de la Informada

Firma del Informante

Nombre del testigo
Cédula:

Firma del testigo

(El campo del testigo solo se llenará en campos excepcionales, por ejemplo, en caso de no comprenderse el idioma castellano, se pertenezca a alguna comunidad en particular y/o se tenga alguna limitación auditiva o escritural)



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios
Educación de calidad al alcance de todos
Vigilada MinEducación



CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN LAS ENCUESTAS Y ENTREVISTAS A PROFUNDIDAD CORRESPONDIENTES AL PROYECTO, TUBERÍA SIN ZANJA: UN CAMINO HACIA LA SOSTENIBILIDAD Y EFICIENCIA EN LA INFRAESTRUCTURA COLOMBIANA

El presente documento corresponde a un consentimiento informado, en el cual usted declara por escrito su libre voluntad de participar, luego de comprender en qué consiste la investigación "Tubería sin Zanja: Un Camino hacia la Sostenibilidad y Eficiencia en la Infraestructura Colombiana", adelantada por el Grupo de investigación de la Maestría en Gerencia de la Innovación de Proyectos de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, Rectoría Bogotá y de la Fundación Eudes, de Bogotá. Le solicitamos colaborar de la manera más honesta y completa posible.

Objetivo de la Investigación: Diseñar una estrategia de la gestión de innovación para la adopción y promoción de la tecnología de tubería sin zanja en departamentos colombianos que aún no la han implementado.

Justificación de la Investigación: La presente investigación es crucial para el avance de la infraestructura subterránea en Colombia, especialmente en aquellos departamentos que aún no han adoptado la tecnología de tubería sin zanja. Esta metodología ha demostrado ser una solución innovadora y eficiente para la rehabilitación de redes de acueducto y alcantarillado en diversas partes del mundo, lo que se traduce en una reducción significativa de costos y un menor impacto ambiental en comparación con las técnicas tradicionales de excavación abierta (Pabón et al., 2018). Sin embargo, en el contexto colombiano, su adopción enfrenta múltiples barreras, tales como la falta de conocimiento técnico, resistencia al cambio y limitaciones presupuestarias.

Procedimiento: se realizará de la siguiente manera:

1. Identificar las afectaciones potenciales a la estructura vial y a las construcciones verticales que podrían surgir con el uso de tecnologías de tubería con zanja en comparación con las tecnologías sin zanja.
2. Contrastar los beneficios de las obras civiles de acueducto y alcantarillado mediante la tecnología de tubería sin zanja frente a las tecnologías tradicionales de tubería con zanja.
3. Identificar las barreras que limitan la adopción de la tecnología de tubería sin zanja en los departamentos colombianos no implementados.
4. Proponer una estrategia de divulgación dirigida a actores gubernamentales y comunitarios que resalte los beneficios de implementar tecnologías de tubería sin zanja.

Beneficios:

La metodología de tecnologías de tubería sin zanja, es una solución innovadora en la rehabilitación de infraestructuras subterráneas, con gestión de innovación tecnológica. Estos temas son fundamentales para entender el contexto, los beneficios y los desafíos de implementar esta tecnología en proyectos de infraestructura, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas. Las técnicas de tecnología sin zanja son métodos que permiten la instalación, reparación y sustitución de tuberías subterráneas sin necesidad de abrir zanjas extensas en la superficie.



Esto permite minimizar el impacto en el entorno urbano, reducir el tiempo de trabajo y disminuir los costos asociados con excavaciones convencionales.

Factores y riesgos:

La tecnología sin zanja para el tratamiento de aguas residuales ofrece una alternativa innovadora y menos invasiva en comparación con los métodos tradicionales de construcción y rehabilitación de tuberías. Sin embargo, su adopción enfrenta diversas barreras y oportunidades que varían según el contexto geográfico, económico y regulatorio.

La tecnología sin zanja generalmente implica un mayor desembolso de capital inicial en comparación con los métodos de corte abierto, lo que puede limitar su adopción en ciertos contextos (Moeini et al., 2020). Adicionalmente, no todos los materiales de rehabilitación disponibles son compatibles con las condiciones locales, lo que puede restringir la viabilidad de ciertas tecnologías sin zanja (Gupta et al., 2001). Y, por otro lado, la adopción de nuevas tecnologías puede verse obstaculizada por la complejidad y las inconsistencias en el entorno regulatorio, así como por la influencia política e institucional (Garrone et al., 2018).

Garantía de respuesta a inquietudes: Los participantes recibirán respuesta a cualquier pregunta que les surja acerca de la investigación.

Garantía de libertad: La participación en el estudio es libre y voluntaria. Los participantes podrán retirarse de la investigación en el momento que lo deseen, sin ningún tipo de consecuencia.

Garantía de información: Los participantes recibirán toda información significativa que se vaya obteniendo durante el estudio.

Confidencialidad: Los nombres de las personas y toda información que sea proporcionada, serán tratados de manera privada y con estricta confidencialidad, estos se consolidarán en una base de datos como parte del trabajo investigativo, y respetando la normativa vigente de las Leyes de Habeas Data y de Protección de Datos Personales. Solo se divulgará la información global de la investigación, en un informe en el cual se omitirán los nombres propios de las personas de las cuales se obtenga información.

En caso de ser necesario, usted podrá contactar a:

Nombre:	Teléfono:	Email:
María Fernanda González T	3105776761	mgonzaleztu@uniminuto.edu.co
Marcos Roberto Méndez G	3112315235	mmendezg@uniminuto.edu.co

Certifico que he leído la anterior información, que entiendo su contenido y que estoy de acuerdo en participar de manera libre y voluntaria en la investigación.

Se firma en la ciudad de Bogotá a los 10 días, del mes de Marzo del año 2025.



Marleny Elena Sánchez
Cédula: 41.777.136 de Bogotá



Firma de la Informada



Marcos Roberto Méndez G
Cédula: 80.472.176 de Bogotá




Firma del Informante

Nombre del testigo
Cédula:

Firma del testigo

(El campo del testigo solo se llenará en campos excepcionales, por ejemplo, en caso de no comprenderse el idioma castellano, se pertenezca a alguna comunidad en particular y/o se tenga alguna limitación auditiva o escritural)

CONSENTIMIENTO DE ENTREVISTADOS REPRESENTANTES LEGALES



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

Formato de Consentimiento Informado

Bogotá D.C., Abril 28/2025

Apreciado,

Ingeniero Ernesto Perdomo:

Nuestros nombres son María Fernanda González T y Marcos Roberto Méndez G y somos estudiantes del Grupo de Investigación de la Maestría en Gerencia de la Innovación de Proyectos de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, Rectoría Bogotá y de la Fundación Eudes, de Bogotá. Como parte de nuestros estudios, estamos desarrollando un proyecto de investigación titulado Tubería sin Zanja: Un Camino hacia la Sostenibilidad y Eficiencia en la Infraestructura Colombiana.

Queremos invitarla(o) a participar en este proyecto, que permitirá Diseñar una estrategia de la gestión de innovación para la adopción y promoción de la tecnología de tubería sin zanja en departamentos colombianos que aún no la han implementado. Este proyecto fue avalado por la Universidad y tiene una finalidad académica; no tiene una finalidad comercial.



Si usted acepta participar, le pediremos que comparta su conocimiento y experiencia laboral, en la instalación de tuberías sin zanja, a partir de las preguntas asignadas para la presente entrevista. La cual, tendrá una duración aproximada de treinta minutos y le haremos preguntas sobre la renovación, instalación y/o rehabilitación de las tuberías de acueducto y alcantarillado, sin zanja.

Su participación en esta investigación no tiene ninguna recompensa material o económica y usted es libre de no participar o de retirarse cuando lo desee. Sus opiniones y aportes a esta investigación se usarán exclusivamente para este proyecto y se archivarán de manera segura.

Si usted nos autoriza, grabaremos y transcribiremos la entrevista y, si lo desea, podemos hacerle llegar copia de la transcripción para que usted pueda revisarla y corregirla si lo considera necesario. Si usted lo prefiere, su nombre no aparecerá en nuestro trabajo de grado. Nuestro trabajo de grado quedará a disposición del público en la biblioteca de la Universidad.

Estamos muy agradecidos de que nos haya permitido explicarle este proyecto.

Gracias,

Firma: 
Nombre de estudiante: 

1



UNIMINUTO
Corporación Universitaria Minuto de Dios

Si está de acuerdo en participar en este proyecto por favor escriba SI o NO en cada una de las casillas y escriba su nombre y datos de contacto:

- [Si] De acuerdo con la Ley 1581 de 2012, Ley de Protección de Datos Personales en Colombia, acepta el tratamiento de sus datos personales, para la investigación anteriormente mencionada
- [Si] Acepto participar de manera libre y voluntaria en este proyecto y no recibiré recompensa material o económica y que puedo retirarme cuando lo desee
- [Si] Autorizo a que grabe la entrevista y tome apuntes durante la misma
- [No] Solicito que me haga llegar copia de la transcripción de mi entrevista
- [Si] Autorizo que mi nombre aparezca en el trabajo de grado para mencionar que participé en esta investigación o cuando mis opiniones sean citadas

Firma: _____
Nombre de participante: _____
Cédula de ciudadanía del participante: _____
Fecha: _____
Correo electrónico: _____
Teléfono: _____



Formato de Consentimiento Informado

Bogotá D.C., Mayo 02/2025

Apreciado,

Ing. Diego Calle :

Nuestros nombres son María Fernanda González T y Marcos Roberto Méndez C y somos estudiantes del Grupo de investigación de la Maestría en Gerencia de la Innovación de Proyectos de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, Rectoría Bogotá y de la Fundación Eufes, de Bogotá. Como parte de nuestros estudios, estamos desarrollando un proyecto de investigación titulado Tubería sin Zanja: Un Camino hacia la Sostenibilidad y Eficiencia en la Infraestructura Colombiana.

Queremos invitarla(o) a participar en este proyecto, que permitirá Diseñar una estrategia de la gestión de innovación para la adopción y promoción de la tecnología de tubería sin zanja en departamentos colombianos que aún no la han implementado. Este proyecto fue avalado por la Universidad y tiene una finalidad académica; no tiene una finalidad comercial.

Si usted acepta participar, le pediremos que comparta su conocimiento y experiencia laboral, en la instalación de tuberías sin zanja, a partir de las preguntas asignadas para la presente entrevista. La cual, tendrá una duración aproximada de treinta minutos y lo haremos preguntas sobre la renovación, instalación y/o rehabilitación de las tuberías de acueducto y alcantarillado, sin zanja.


Su participación en esta investigación no tiene ninguna recompensa material o económica y usted es libre de no participar o de retirarse cuando lo desee. Sus opiniones y aportes a esta investigación se usarán exclusivamente para este proyecto y se archivarán de manera segura.

Si usted nos autoriza, grabaremos y transcribiremos la entrevista y, si lo desea, podemos hacerle llegar copia de la transcripción para que usted pueda revisarla y corregirla si lo considera necesario. Si usted lo prefiere, su nombre no aparecerá en nuestro trabajo de grado. Nuestro trabajo de grado quedará a disposición del público en la biblioteca de la Universidad.

Estamos muy agradecidos de que nos haya permitido explicarle este proyecto.

Gracias,

Firma: 
Nombre de estudiante: María Fernanda González T

**MINUTO**
Universidad Minuto de Dios

Si está de acuerdo en participar en este proyecto por favor escriba SI o NO en cada una de las casillas y escriba su nombre y datos de contacto:


De acuerdo con la Ley 1581 de 2012, Ley de Protección de Datos Personales en Colombia, acepta el tratamiento de sus datos personales, para la investigación anteriormente mencionada

Acepto participar de manera libre y voluntaria en este proyecto y no recibiré recompensa material o económica y que puedo retirarme cuando lo desee

Autorizo a que grabe la entrevista y tome apuntes durante la misma

Solicito que me haga llegar copia de la transcripción de mi entrevista

Autorizo que mi nombre aparezca en el trabajo de grado para mencionar que participé en esta investigación o cuando mis opiniones sean citadas

Firma 
Nombre de participante: Diego Andrés Pérez
Cédula de ciudadanía del participante: 9000000000000
Fecha: 04-05-2015
Correo electrónico: diego.perez@minuto.edu.co
Teléfono: 315.3015.400

2



Formato de Consentimiento Informado

Bogotá D.C. Mayo 13/2025

Apreciado, Ing Jennifer Pinto

Nuestros nombres son María Fernanda González T y Marcos Roberto Méndez G y somos estudiantes del Grupo de Investigación de la Maestría en Gerencia de la Innovación de Proyectos de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, Rectoría Bogotá y de la Fundación Eudes, de Bogotá. Como parte de nuestros estudios, estamos desarrollando un proyecto de investigación titulado Tubería sin Zanja: Un Camino hacia la Sostenibilidad y Eficiencia en la Infraestructura Colombiana.

Queremos invitarla(o) a participar en este proyecto, que permitirá Diseñar una estrategia de la gestión de innovación para la adopción y promoción de la tecnología de tubería sin zanja en departamentos colombianos que aún no la han implementado. Este proyecto fue avalado por la Universidad y tiene una finalidad académica; no tiene una finalidad comercial.

Si usted acepta participar, le pediremos que comparta su conocimiento y experiencia laboral, en la instalación de tuberías sin zanja, a partir de las preguntas asignadas para la presente entrevista. La cual, tendrá una duración aproximada de treinta minutos y le haremos preguntas sobre la renovación, instalación y/o rehabilitación de las tuberías de acueducto y alcantarillado, sin zanja.


Su participación en esta investigación no tiene ninguna recompensa material o económica y usted es libre de no participar o de retirarse cuando lo desee. Sus opiniones y aportes a esta investigación se usarán exclusivamente para este proyecto y se archivarán de manera segura.

Si usted nos autoriza, grabaremos y transcribiremos la entrevista y, si lo desea, podemos hacerle llegar copia de la transcripción para que usted pueda revisarla y corregirla si lo considera necesario. Si usted lo prefiere, su nombre no aparecerá en nuestro trabajo de grado. Nuestro trabajo de grado quedará a disposición del público en la biblioteca de la Universidad.

Estamos muy agradecidos de que nos haya permitido explicarle este proyecto.

Gracias.

Firma: 
Nombre de estudiante



Si está de acuerdo en participar en este proyecto por favor escriba SI o NO en cada una de las casillas y escriba su nombre y datos de contacto:


[S] De acuerdo con la Ley 1581 de 2012, Ley de Protección de Datos Personales en Colombia, acepta el tratamiento de sus datos personales, para la investigación anteriormente mencionada

[S] Acepto participar de manera libre y voluntaria en este proyecto y no recibiré recompensa material o económica y que puedo retirarme cuando lo desee

[S] Autorizo a que grabe la entrevista y tome apuntes durante la misma

[S] Solicito que me haga llegar copia de la transcripción de mi entrevista

[S] Autorizo que mi nombre aparezca en el trabajo de grado para mencionar que participé en esta investigación o cuando mis opiniones sean citadas

Firma: 

Nombre de participante: Jennifer Pinto

Cédula de ciudadanía del participante: 1124034124

Fecha: 0 Mayo 2025

Correo electrónico: jennifer.m.pinto@gmail.com

Teléfono: 3043051549

2



Formato de Consentimiento Informado

Bogotá D.C., Mayo 15 / 2025

Apreciado, Martha Cecilia Alba

Nuestros nombres son María Fernanda González T y Marcos Roberto Méndez G y somos estudiantes del Grupo de Investigación de la Maestría en Gerencia de la Innovación de Proyectos de la Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO, Rectoría Bogotá y de la Fundación Eudes, de Bogotá. Como parte de nuestros estudios, estamos desarrollando un proyecto de investigación titulado Tubería sin Zanja: Un Camino hacia la Sostenibilidad y Eficiencia en la Infraestructura Colombiana.

Queremos invitarla(o) a participar en este proyecto, que permitirá Diseñar una estrategia de la gestión de innovación para la adopción y promoción de la tecnología de tubería sin zanja en departamentos colombianos que aún no la han implementada. Este proyecto fue avalado por la Universidad y tiene una finalidad académica; no tiene una finalidad comercial.

Si usted acepta participar, le pediremos que comparta su conocimiento y experiencia laboral, en la instalación de tuberías sin zanja, a partir de las preguntas asignadas para la presente entrevista. La cual, tendrá una duración aproximada de treinta minutos y le haremos preguntas sobre la renovación, instalación y/o rehabilitación de las tuberías de acueducto y alcantarillado, sin zanja.


Su participación en esta investigación no tiene ninguna recompensa material o económica y usted es libre de no participar o de retirarse cuando lo desee. Sus opiniones y aportes a esta investigación se usarán exclusivamente para este proyecto y se archivarán de manera segura.

Si usted nos autoriza, grabaremos y transcribiremos la entrevista y, si lo desea, podemos hacerle llegar copia de la transcripción para que usted pueda revisarla y corregirla si lo considere necesario. Si usted lo prefiere, su nombre no aparecerá en nuestro trabajo de grado. Nuestro trabajo de grado quedará a disposición del público en la biblioteca de la Universidad.

Estamos muy agradecidos de que nos haya permitido explicarle este proyecto.


Gracias,

Firma: 
Nombre de estudiante:



Si está de acuerdo en participar en este proyecto por favor escriba SI o NO en cada una de las casillas y escriba su nombre y datos de contacto:

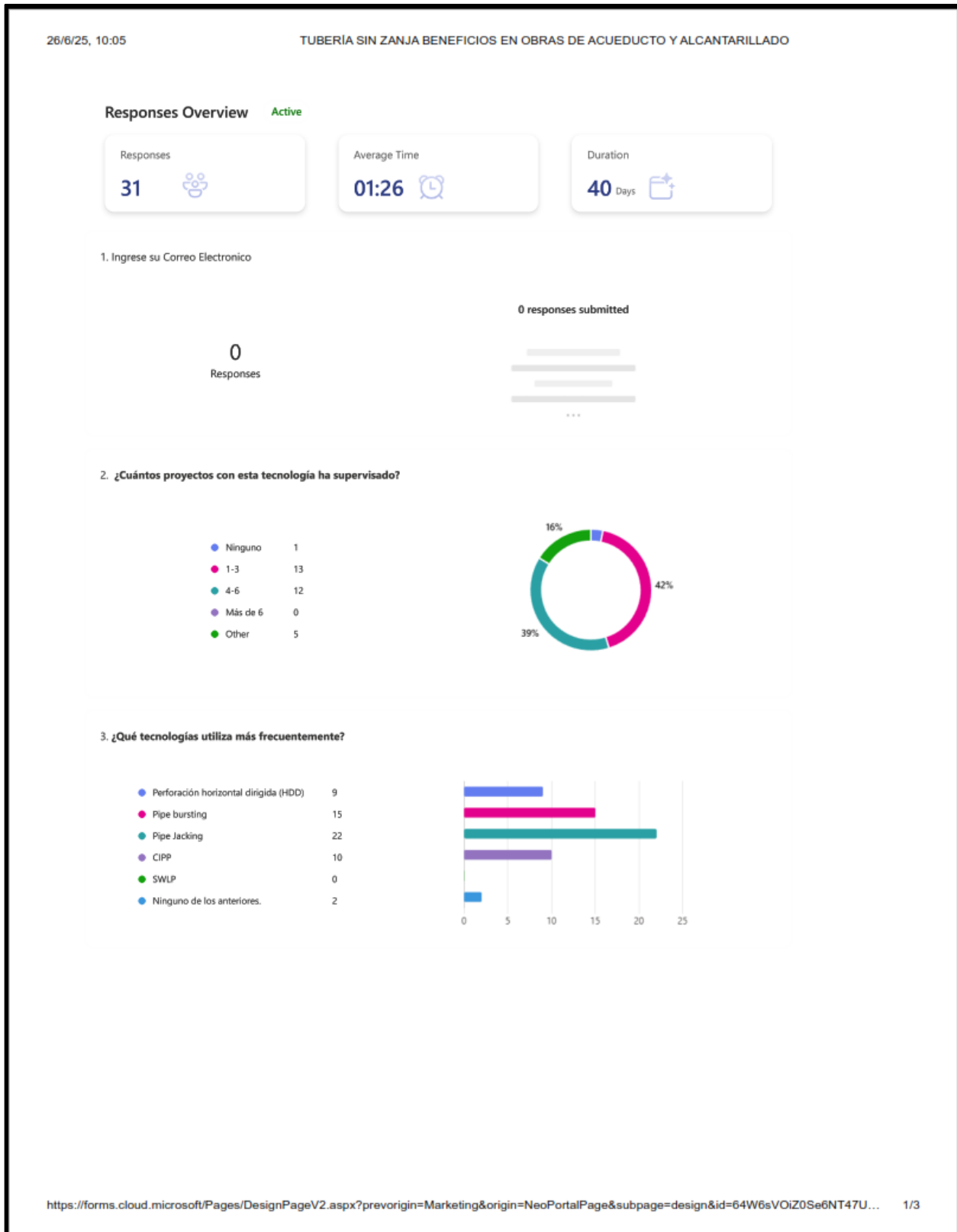
- [SI] De acuerdo con la Ley 1581 de 2012, Ley de Protección de Datos Personales en Colombia, acepta el tratamiento de sus datos personales, para la investigación anteriormente mencionada
- [SI] Acepto participar de manera libre y voluntaria en este proyecto y no recibiré recompensa material o económica y que puedo retirarme cuando lo desee
- [SI] Autorizo a que grabe la entrevista y tome apuntes durante la misma
- [SI] Solicito que me haga llegar copia de la transcripción de mi entrevista
- [SI] Autorizo que mi nombre aparezca en el trabajo de grado para mencionar que participé en esta investigación o cuando mis opiniones sean citadas

Firma: 
Nombre de participante: Martha E Alba
Cédula de ciudadanía del participante: 51890494
Fecha: Mayo 15/2025
Correo electrónico: marthaceal25@gmail.com
Teléfono: 301509489

2

Anexo N° 9. Resultados de encuestas.

Resultados a encuestas de ingenieros de la guajira



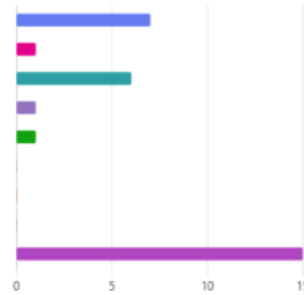
Tecnologías de instalación tubería sin zanja

26/6/25, 10:05

TUBERÍA SIN ZANJA BENEFICIOS EN OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

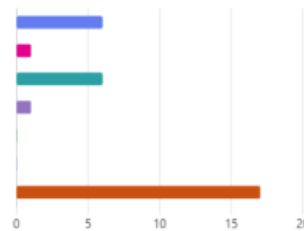
4. ¿Cuáles de los siguientes beneficios considera usted que ofrece la tecnología sin zanja en comparación con los métodos de zanja abierta?

- Reducción del tiempo de ejecución 7
- Menor afectación al tráfico y a la comunidad 1
- Disminución del impacto ambiental 6
- Menor generación de escombros y residuos 1
- Reducción de costos operativos 1
- Mayor seguridad para el personal y transeúntes 0
- Menor interferencia con redes y servicios existentes 0
- Ninguno de los anteriores 0
- Todos los anteriores 15



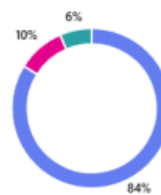
5. ¿Cuáles de los siguientes beneficios considera usted que ofrece la tecnología sin zanja frente a los métodos de zanja abierta?

- Reducción del tiempo de ejecución 6
- Menor afectación al tráfico vehicular y peatonal 1
- Disminución del impacto ambiental 6
- Reducción de costos generales del proyecto 1
- Mayor seguridad para trabajadores y transeúntes 0
- Menor interferencia con servicios existentes 0
- Todas las anteriores 17



6. ¿Qué tan viable considera esta tecnología para proyectos urbanos?

- Muy viable 26
- Viable 3
- Algo viable 2
- Poco viable 0
- No viable 0



Tecnologías de instalación tubería sin zanja

26/6/25, 10:05

TUBERÍA SIN ZANJA BENEFICIOS EN OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

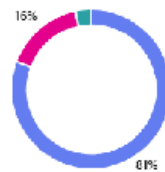
7. ¿Considera que la tecnología sin zanja es una solución sostenible y viable a largo plazo para los sistemas de infraestructura subterránea?

● Si 31
● No 0



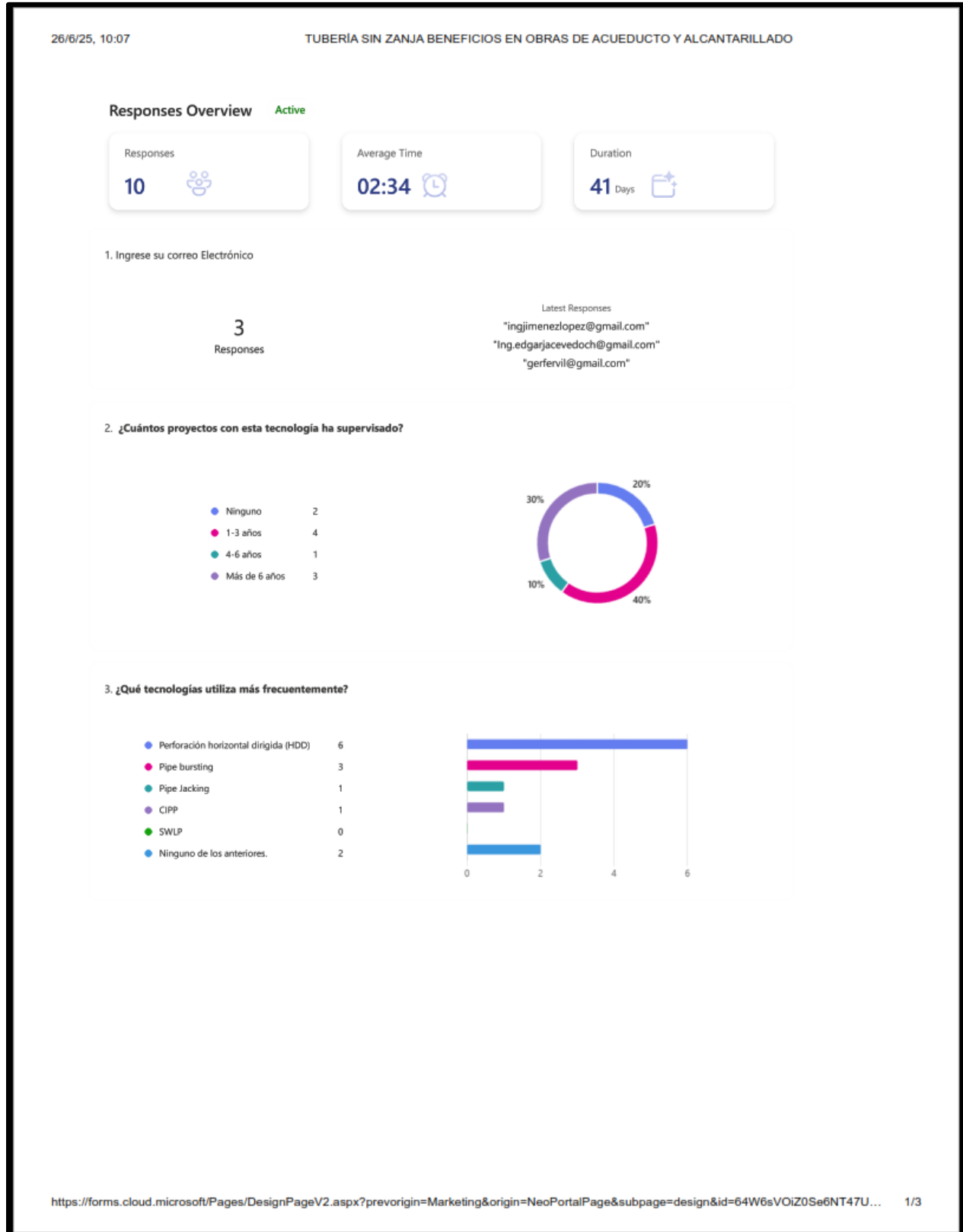
8. ¿Qué tan dispuesto(a) estaría usted a recomendar el uso de la tecnología sin zanja para proyectos de infraestructura?

● Muy dispuesto/a 25
● Dispuesto/a 5
● Algo dispuesto/a 1
● Poco dispuesto/a 0
● Nada dispuesto/a 0



Tecnologías de instalación tubería sin zanja

Resultados a encuestas de ingenieros de Bogotá.

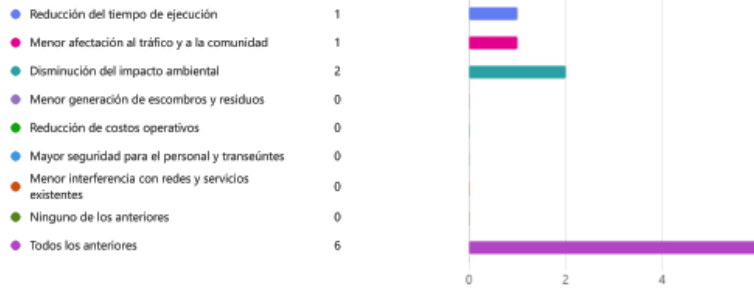


Tecnologías de instalación tubería sin zanja

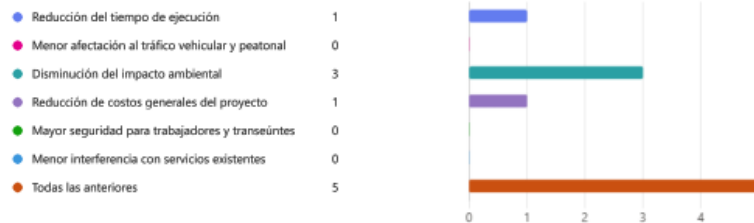
26/6/25, 10:07

TUBERÍA SIN ZANJA BENEFICIOS EN OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

4. ¿Cuáles de los siguientes beneficios considera usted que ofrece la tecnología sin zanja en comparación con los métodos de zanja abierta?



5. ¿Cuáles de los siguientes beneficios considera usted que ofrece la tecnología sin zanja frente a los métodos de zanja abierta?



6. ¿Qué tan viable considera esta tecnología para proyectos urbanos?

Muy viable	5
Viable	4
Algo viable	0
Poco viable	1
No viable	0



Tecnologías de instalación tubería sin zanja

26/6/25, 10:07

TUBERÍA SIN ZANJA BENEFICIOS EN OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

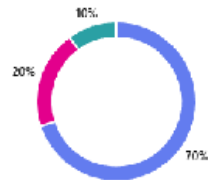
7. ¿Considera que la tecnología sin zanja es una solución sostenible y viable a largo plazo para los sistemas de infraestructura subterránea?

- Sí 9
- No 1

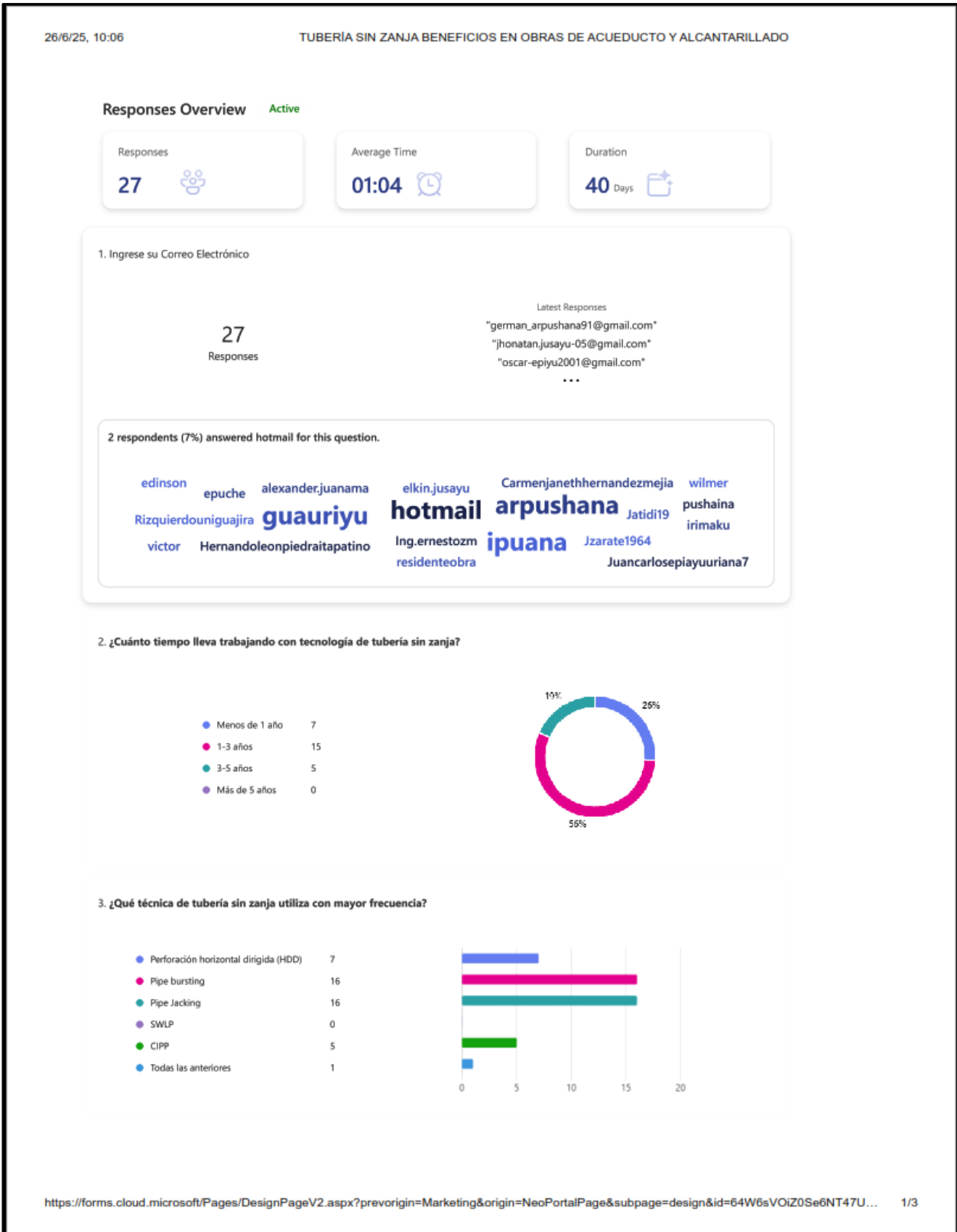


8. ¿Qué tan dispuesto(a) estaría usted a recomendar el uso de la tecnología sin zanja para proyectos de infraestructura?

- Muy dispuesto/a 7
- Dispuesto/a 2
- Algo dispuesto/a 1
- Poco dispuesto/a 0
- Nada dispuesto/a 0



Resultados a encuestas de personal de obra La Guajira.



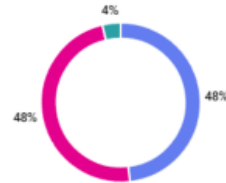
Tecnologías de instalación tubería sin zanja

26/6/25, 10:06

TUBERÍA SIN ZANJA BENEFICIOS EN OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

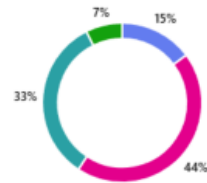
4. ¿Desempeña usted alguno de los siguientes cargos en su trabajo?

Operario	13
Técnico	13
Profesional	1
Supervisor	0



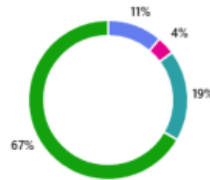
5. ¿Qué tipo de capacitación sobre tecnología sin zanja ha recibido para su trabajo?

Ninguna	4
Curso corto (menos de una semana)	12
Taller práctico	9
Diplomado o curso especializado	0
Capacitación interna en la empresa	2



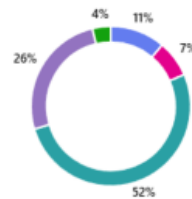
6. ¿Qué beneficios considera que la tecnología sin zanja ofrece en comparación con la zanja abierta?

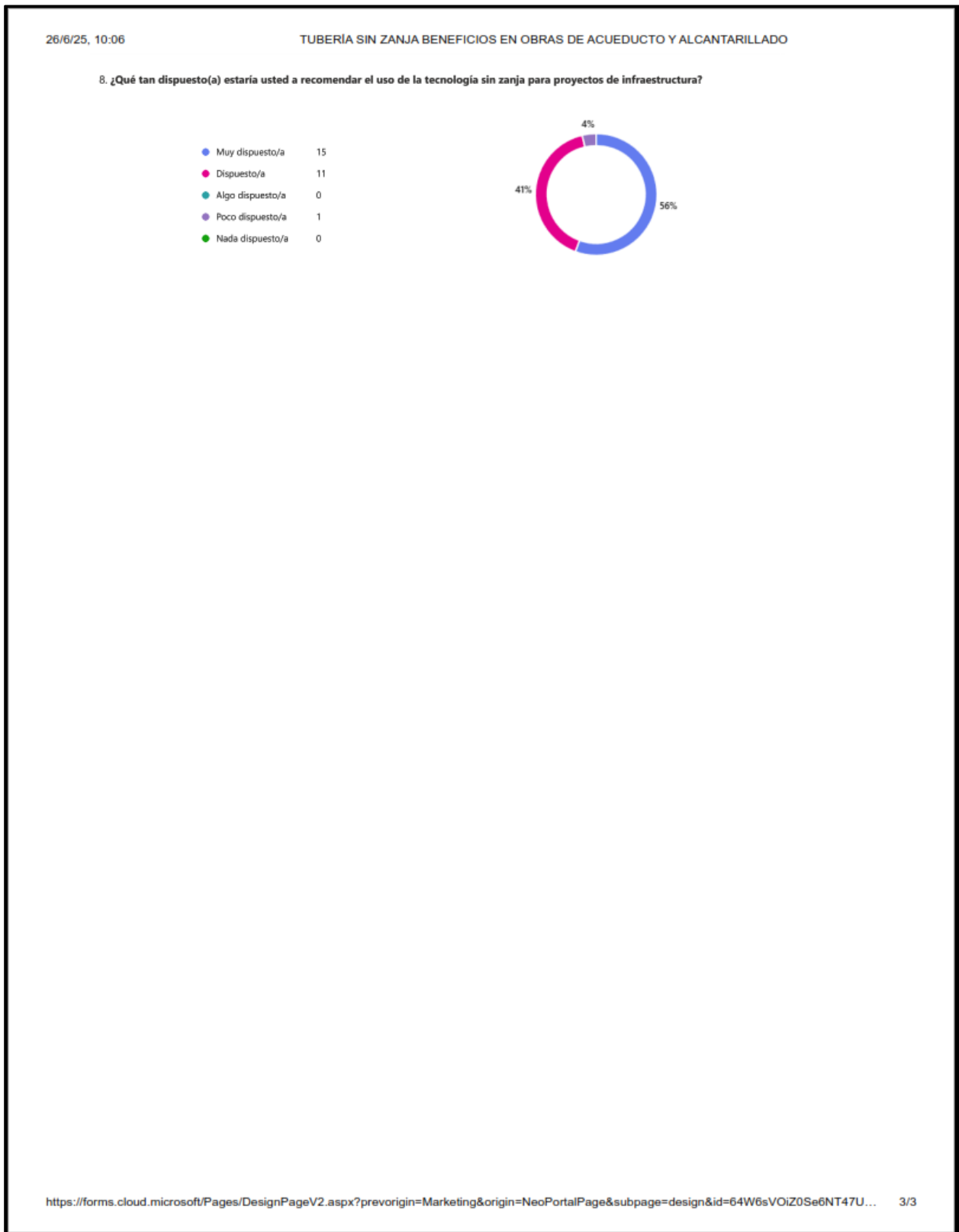
Menor afectación al tráfico	3
Disminución de costos	1
Menor impacto ambiental	5
Mayor seguridad para los trabajadores	0
Todas las anteriores	18



7. ¿Qué tan complicado es trabajar con estas tecnologías?

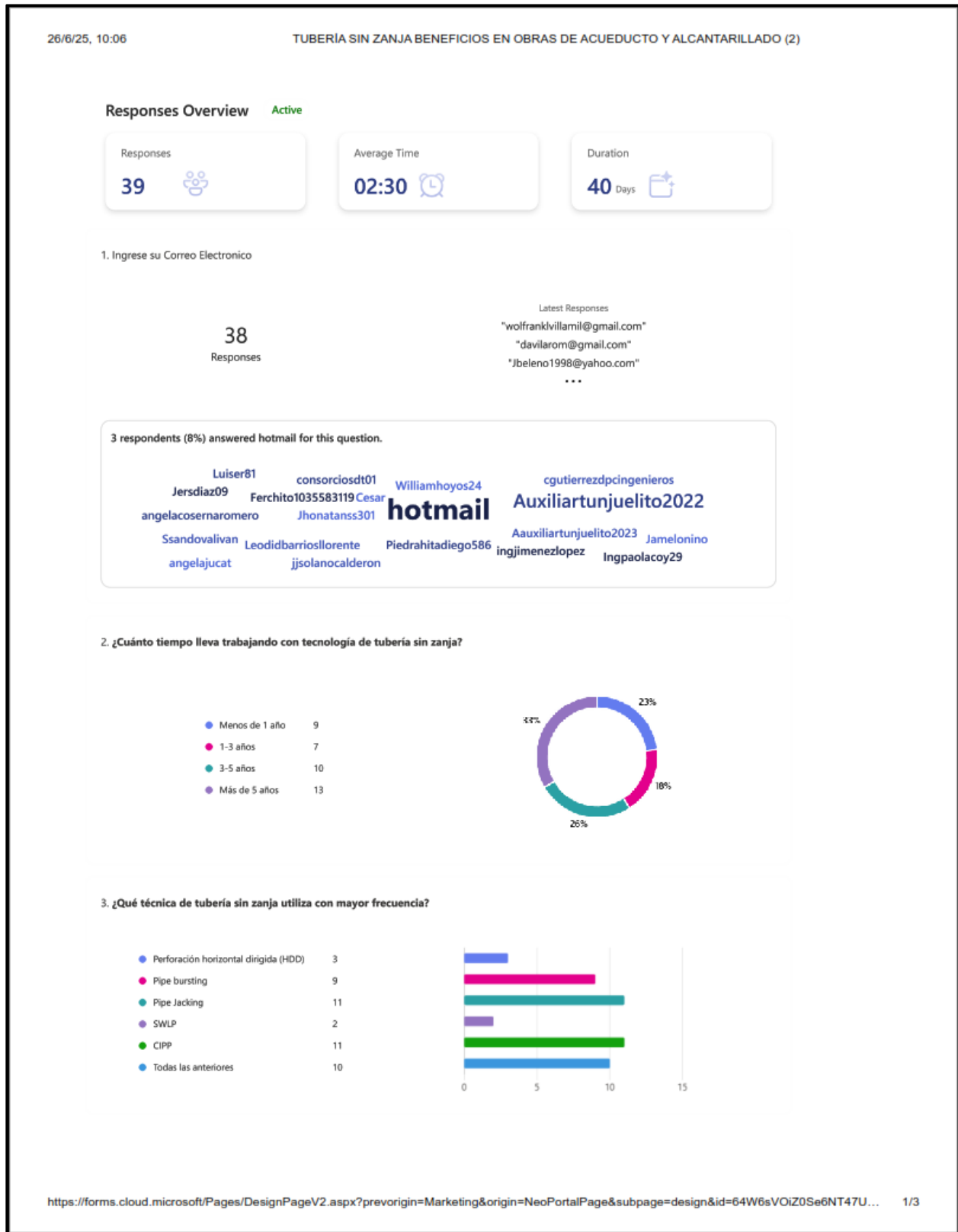
Muy complicado	3
Complicado	2
Algo complicado	14
Poco complicado	7
Nada complicado	1





Tecnologías de instalación tubería sin zanja

Resultados a encuestas de personal de obra de Bogotá.



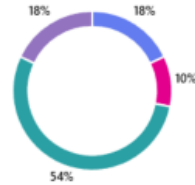
Tecnologías de instalación tubería sin zanja

26/6/25, 10:06

TUBERÍA SIN ZANJA BENEFICIOS EN OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO (2)

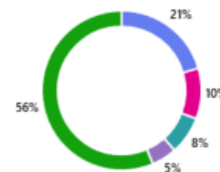
4. ¿Desempeña usted alguno de los siguientes cargos en su trabajo?

Operario	7
Técnico	4
Profesional	21
Supervisor	7



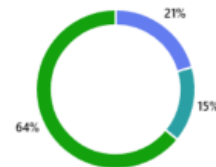
5. ¿Qué tipo de capacitación sobre tecnología sin zanja ha recibido para su trabajo?

Ninguna	8
Curso corto (menos de una semana)	4
Taller práctico	3
Diplomado o curso especializado	2
Capacitación interna en la empresa	22



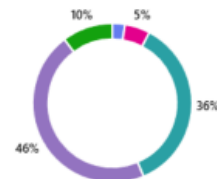
6. ¿Qué beneficios considera que la tecnología sin zanja ofrece en comparación con la zanja abierta?

Menor afectación al tráfico	8
Disminución de costos	0
Menor impacto ambiental	6
Mayor seguridad para los trabajadores	0
Todas las anteriores	25



7. ¿Qué tan complicado es trabajar con estas tecnologías?

Muy complicado	1
Complicado	2
Algo complicado	14
Poco complicado	18
Nada complicado	4



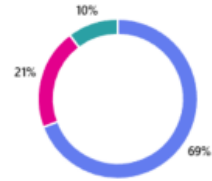
Tecnologías de instalación tubería sin zanja

26/6/25, 10:06

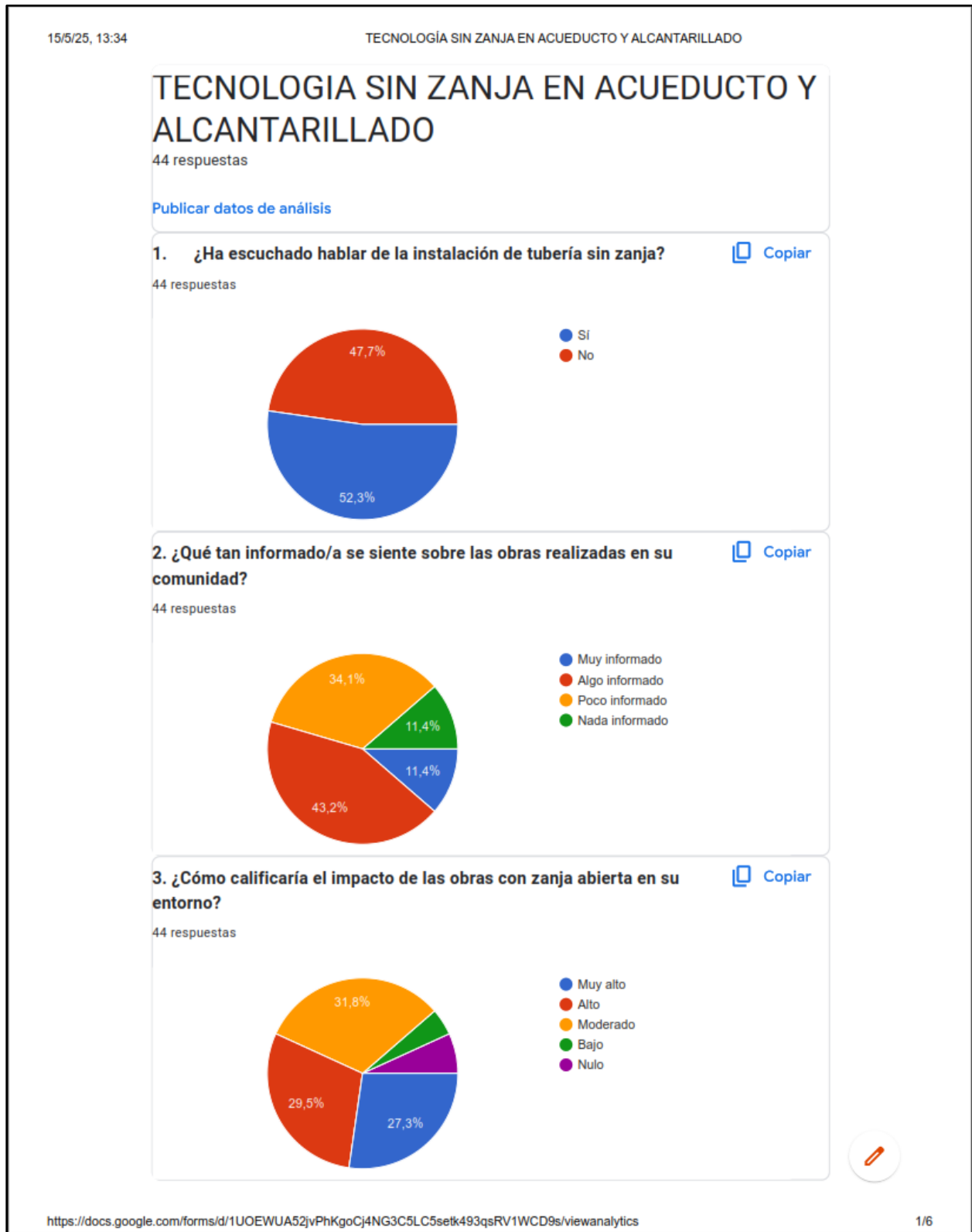
TUBERÍA SIN ZANJA BENEFICIOS EN OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO (2)

8. ¿Qué tan dispuesto(a) estaría usted a recomendar el uso de la tecnología sin zanja para proyectos de infraestructura?

Muy dispuesto/a	27
Dispuesto/a	8
Algo dispuesto/a	4
Poco dispuesto/a	0
Nada dispuesto/a	0



Resultados a encuestas de la comunidad en La Guajira.



15/5/25, 13:34

TECNOLOGÍA SIN ZANJA EN ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

4. Según su opinión ¿Qué es la instalación de tubería con tecnología sin zanja?

40 respuestas

No sé

no conozco

es una forma de instalar, reparar o renovar tuberías subterráneas sin necesidad de excavaciones profundas

Es una perforación dirigida que se utiliza para remplazo de tuberías reparaciones, está es de manera subterránea así que no se afectara la estructura de la via se hace por medio de motores una barrena la cual va perforando.

Se refiere a abrir huecos para meter tubos

Método para instalar, reparar o reemplazar tuberías subterráneas con mínima excavación

Método para instalar, reparar o reemplazar tuberías, con zanjas puntuales, minimizando, la alteración del entorno.

Es como poner la tubería sin necesidad de abrir zanjas, no sé!

Es un método utilizado para instalar tubería sin necesidad de realizar una excavación minimizando el impacto en el entorno

Instalación de tuberías subterránea sin necesidad de excavación extensas

es una técnica moderna que permite instalar, reparar o renovar tuberías subterráneas sin la necesidad de excavar grandes zanjas

Creo que es un recubrimiento de el tubo internamente

Es una instalación que no requiere abrir la tierra para arreglar una tubería, lo que reduce costos.

No conozco

No rompe vías

Instalación de tubería horizontal

No conozco ese sistema

Es la usada con herramientas específicas como tuneledoras para no causar mayor impacto en el entorno

Construcción que permite instalar o rehabilitar tramos de tubería subterránea sin necesidad de



15/5/25, 13:34

TECNOLOGÍA SIN ZANJA EN ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

excavaciones profundas

Tubería sin abrir calles

Permite instalar tubería sin realizar excavaciones como normalmente se suele ejecutar.

que no sean profundas las excavaciones para los tubos

Obras con menores impactos

Bueno

Es un avance de tecnología la cual es una gran ventaja y evolución ya que mitiga y no da tanta afectación al comercio de las zonas

Es una perforación horizontal dirigida la cual se utiliza para cambios y reparaciones de tubería es una perforación subterránea dirigida por motores y barrena la cual no afecta la superficie de el terreno

No lo se

Es un metodo para la reparación o remplazo de las tuberías subterráneas sin hacer excavación

No la conozco

Menos invasivas

No romper las vías

Renovación de redes mediante metodología sin zanja abierta es el proceso de rehabilitación o sustitución parcial o total de tuberías enterradas (como redes de agua potable, alcantarillado o drenaje pluvial), utilizando tecnologías que minimizan la excavación superficial. Estas técnicas incluyen métodos como pipe bursting, CIPP, SWLP y permiten intervenir la infraestructura existente con menor afectación al entorno urbano, reducción de tiempos de ejecución y disminución de impactos en la movilidad, servicios y medio ambiente.

Es una instalación que usa nuevas maquinarias y excava para hacer las obras subterráneas

Proceso de instalación de tubería, mediante el uso de tuneladora para el cruce de vías o estructuras con una afectación mínima del entorno o de la estructura del pavimento

Es instalar tubería por medio de túneles

Es el cambio de método de la zanja abierta o a cielo abierto por métodos menos disruptivos en superficie que requiere menos excavaciones y se puede hacer por métodos tecnológicos bajo tierra.

no se no conozco la información



15/5/25, 13:34

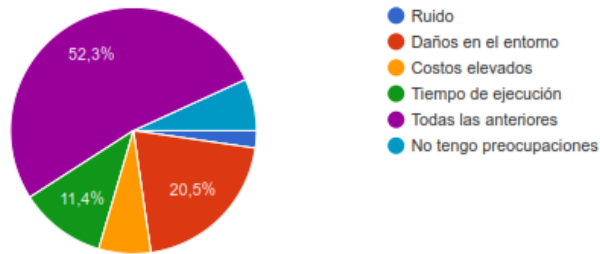
TECNOLOGÍA SIN ZANJA EN ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

Instalación de tubería con tecnologías mediante las cuales se realiza revestimiento sin necesidad de cambiarla y sin intervenir la superficie

5. ¿Qué aspectos le preocupan más de las obras de instalación de tubería a zanja abierta?

 Copiar

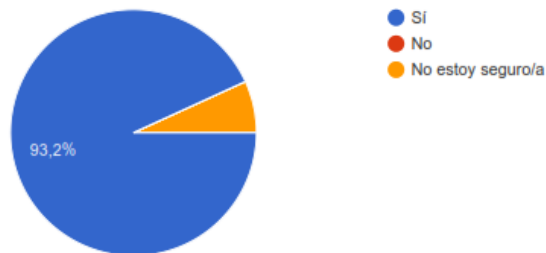
44 respuestas



6. ¿Estaría de acuerdo con tecnologías que reduzcan el impacto en las calles y el medio ambiente?

 Copiar

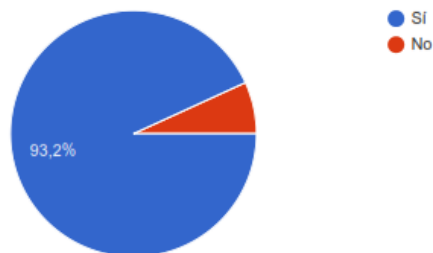
44 respuestas



7. ¿Cree que la instalación de tubería sin zanja puede mejorar el acceso a servicios básicos como agua y alcantarillado?

 Copiar

44 respuestas



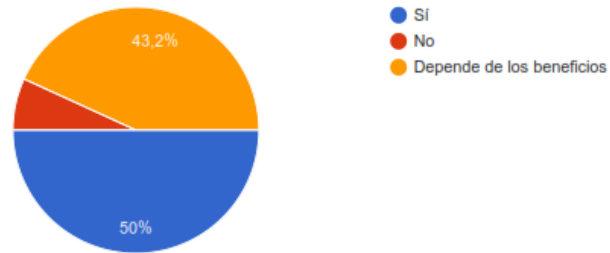
15/5/25, 13:34

TECNOLOGÍA SIN ZANJA EN ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

8. ¿Prefiere obras rápidas, aunque sean más costosas?

 Copiar

44 respuestas



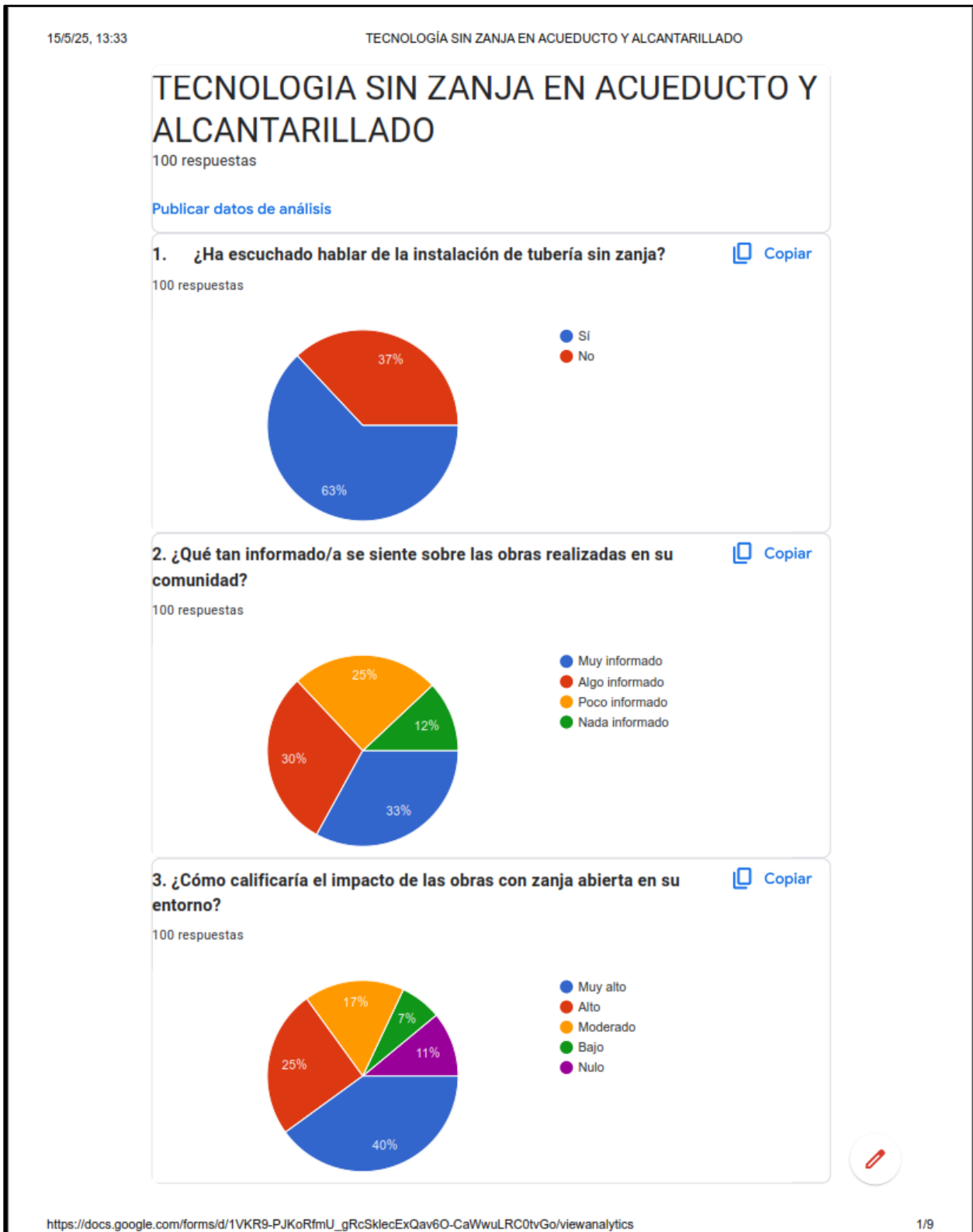
Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google. - [Términos del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

¿Parece sospechoso este formulario? [Informe](#)

Google Formularios



Resultados a encuestas de la comunidad de Bogotá.



15/5/25, 13:33

TECNOLOGÍA SIN ZANJA EN ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

4. Según su opinión ¿Qué es la instalación de tubería con tecnología sin zanja?

96 respuestas

No se

No tengo idea

No tengo conocimiento sobre el tema

Nunca había escuchado este concepto, sin embargo, me atrevo a decir que es una opción para poder hacer instalaciones de tubería sin tener que excavar demasiado y por lo tanto, pensaría que es una tubería más pequeña, delgada, resistente, eficiente y con menos impacto ambiental, a comparación con la tubería que si requiere excavaciones más profundas.

No tengo conocimiento del tema

Instalacion de tuberías sin mayor excavación.

Instalación de tubería sin gran afectación, al momento de ejecutar

Que son tuberías q se instalan sin necesidad de abrir hueco en la tierra

Son métodos no disruptivos que instalan tuberías por debajo del suelo sin necesidad de abrir una zanja ni interrumpir el tráfico

Se realiza con sistema de presión neumática

NPI

Que se conectan a otras tuberías ya existentes y rompen internamente sin salir a la superficie

Es la instalación de tubería mediante diversas tecnologías (se define de acuerdo a las condiciones e interferencias en el área de trabajar) donde no se es necesario realizar la excavación completa de la zanja, en muchas oportunidades se realiza a través de nichos o pozos de lanzamiento y recepción

Es instalar tubería con mínima remoción de suelo, se usan dos pozos y desde ahí se instala. No hay zanja abierta

Desconozco del tema no podría dar una opinión

Cosite en la instalación y rehabilitación de tuberías, evitando las estaciones a cielo abierto, minimizando el impacto ambiental y social que esto implica, reduciendo el gran medida los tiempos de ejecución.

Hacer una instalación de tubería con ayuda de un equipo el cual no afecta la superficie por dónde va pasar el tubo o la afectación es mínima



Tecnologías de instalación tubería sin zanja

15/5/25, 13:33

TECNOLOGÍA SIN ZANJA EN ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

Donde no se ve afectado el medio ambiente ya que es no es superficial y va bajo tierra

Ni idea

No tengo idea

No la conozco

Es un método para instalar o reparar tuberías subterráneas sin necesidad de realizar huecos de gran tamaño

ES REALIZAR LA REHABILITACIÓN DE TUBERÍAS SIN HACER NICHOS EN LA VÍA SEA PARA AMPLIAR EL DIAMETRO DE LA TUBERÍA O RECUPERACIÓN DE LA SUPERFICIE INTERNA PARA EL FLUJO

Consiste en la colocación de tubería subterráneas sin necesidad de abrir zanjas en la superficie

Es la técnica que utiliza equipos mecánicos con personal calificado para llevar a cabo la colocación de redes de servicios con el menor impacto ambiental y social al no requerir la apertura de zanjas o grandes excavaciones

Es una tecnología que realiza instalación o reparación de tuberías sin necesidad de realizar excavaciones a cielo abierto

Una instalación sin tanto impacto en áreas públicas

No se a que se refiere

Actividad sin excavación que repara tubería, mejora tiempos y entorno de obra común.

Instalación de tubería de manera subterránea por medio de máquinas tuneladoras, se requiere la construcción de pozos de lanzamiento y pozos de salida.

Instalación de tubería, con el menor impacto, por metodologías poco invasivas en las calles o zonas de influencia, con un mínimo de afectación a la comunidad.

Como su nombre lo indica, la excavación no es abierta es dirigida

En una red de mejoras en tuberías de agua y alcantarillado para la evacuación rápida de aguas superficiales.

Renovación de tubería sin excavaciones lineales, generando un impacto menor y conservando la malla vial o el urbanismo.

Tubería aérea o sobre nivel de tierra

Rehabilitación o construcción tanto de redes de alcantarillado o de acueducto, disminuyendo impactos directos de movilidad, en los cuales los ductos son instalados sin intervenir



15/5/25, 13:33

TECNOLOGÍA SIN ZANJA EN ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

calzadas o andenes , mediante pozos de lanzamiento o lumbreras , algunos de estos métodos conocidos pipe bursting, PHD, Pipe jacking, auger boring etc.

Instalación de tubería que se hace con tecnología de punta, que evita la apertura de excavaciones.

Es cuando se perfora únicamente el diámetro de la tubería, en este caso ya no se realiza la escabacion completa con la estructura de soporte en los costados.

Tubería no enterrada

Instalar tubería con un mecanismo que empuja la tubería bajo tierra sin excavación

Instalación de tubería mediante técnicas que utilizan la tubería existente, causando bajo impacto

Con menos daño en el entorno

Trabajos no invasivos en viaa y espacio publico

Instalar tubería con medios mecánicos

Muy básica

Poner el tubo sobre el piso

Es la instalación de diferentes tuberías de forma subterránea, sin necesidad de excavar una zanja en la superficie.

Sistema de mejor tecnología con menores riesgos laborales

Pipe Jacking, Auger Boaring, Pipe Burting, PHD

Utilizan maquinarias para instalar acueductos y alcantarillado sin abrir las vías

Instalación de tubería y mismo diámetro y misma profundidad

Instalación de tubería sin la necesidad de demoler vías o senderos peatonales

Que no ncesita excavación

Es una metodología que con su nombre lo indica, permite instalar tuberías de diferentes materiales y diámetros sin recurrir a métodos de excavación tradicional (zanja abierta)

es un método utilizado para reemplazar o reparar tuberías subterráneas sin necesidad de excavar zanjas extensas. Es menos invasivo y reduce el impacto en el entorno.

Proceso constructivo de obra civil que genera menos impacto en el entorno y garantiza por medio de nuevas tecnologías la sostenibilidad ambiental



Tecnologías de instalación tubería sin zanja

15/5/25, 13:33

TECNOLOGÍA SIN ZANJA EN ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

A la vista

Instalar una tubería sin necesidad de hacer una excavación grande y que genera grandes cantidades de escombros y tiempo de ejecución

La instalación de tubería sin zanja se da por medio de equipos como el Pipe bursting o cipp reduciendo los tiempos de instalación y el impacto negativo al medio ambiente

Es la que genera impactos menores a la comunidad y ahorra tiempos en instalación no se hacen grandes excavaciones, al igual que en la mano de obra que es menor y especializada

No conozco bien de esta instalación

Túneles y microtúneles para instalación de infraestructura subterránea de servicios públicos.

Es donde utilizan diferentes tecnologías para renovar tuberías sin necesidad de hacer grandes zanjas en las vías o andenes

Es un conjunto de procedimientos que permiten la instalación o reparación de tubería sin que sea necesario abrir zanjas

Es un proceso implementado para evitar la demolición y excavaciones sobre las vías con el propósito de disminuir el impacto negativo al ambiente y a la comunidad.

Sin necesidad de zanja abierta, solo excavación para cámara de lanzamiento y salida

Es un sistema de gran impacto en la construcción tecnológica

Instalar tubería sin necesidad de realizar grandes excavaciones

Instalación de tubería debajo sin necesidad de romper las vías

Intervención y/o construcción de línea de tubería bajo tierra, con baja afectación superficial.

TECNOLOGIA NO INVASIVA Y DE MENOS IMPACTO AREAS PUBLICAS

Proceso de instalar tubería sin la necesidad de hacer excavaciones a cielo abierto

Es meter la tubería subterránea sin excavación

Un sistema más cómodo

Es cuando la tubería es instalada por debajo de la tierra sin abrir saja a la vista

Instalación de servicios domiciliarios con equipos sin necesidad de realizar excavaciones

Tecnología que evita excavación al aire libre evitando impacto ambiental.



Tecnologías de instalación tubería sin zanja

15/5/25, 13:33

TECNOLOGÍA SIN ZANJA EN ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

Corresponde a la instalación de tuberías para conducción de redes, con sistemas que logran un bajo impacto de afectación al entorno, a través de un equipo guiado (tuneladora). A medida que se extrae el material excavado por medio de un sistema, se va realizando la construcción del túnel subterráneo.

No sé

se instalaría la tubería sin abrir la tierra, pero no sé cómo se reemplazaría

La tecnología sin zanja es una familia de métodos, materiales y equipos para la instalación, el reemplazo, traslado, diagnóstico, localización, renovación y rehabilitación de servicios subterráneos con una mínima excavación e interrupción de la superficie. Las tecnologías sin zanjas se han utilizado con éxito para todas las utilidades subterráneas desde tuberías de agua, alcantarillado, aguas lluvias, gas, tuberías industriales, conductos para redes eléctricas y de comunicaciones.

No la conozco

Instalación de tubos pero subterráneo

No lo conozco

No se

no se realizan excavaciones

Intervención de tubería con excavación

Que la tubería sería instalada sin necesidad de realizar excavaciones profundas

Es cuando ponen un cubrimiento interno a la tubería existente

Es una obra silenciosa donde se instalan tuberías sin afectar a los usuarios

Poder instalar tuberías por agujeros en tierra sin tener que remover externamente

Tecnologías con poca intervención del espacio público

Es la instalación de las redes sin abrir la vía, ni el andén solo hacen una excavación de inicio y otra de llegada.



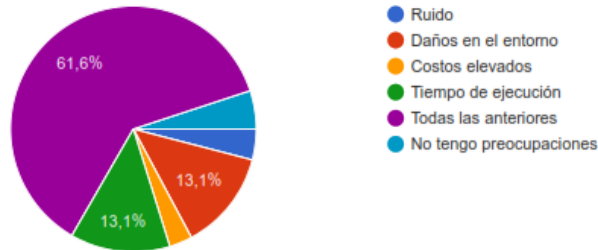
15/5/25, 13:33

TECNOLOGÍA SIN ZANJA EN ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

5. ¿Qué aspectos le preocupan más de las obras de instalación de tubería a zanja abierta?

 Copiar

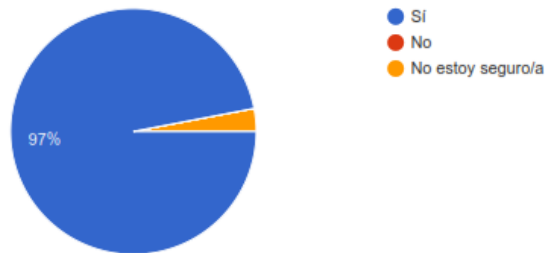
99 respuestas



6. ¿Estaría de acuerdo con tecnologías que reduzcan el impacto en las calles y el medio ambiente?

 Copiar

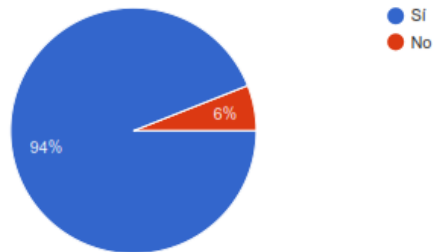
100 respuestas



7. ¿Cree que la instalación de tubería sin zanja puede mejorar el acceso a servicios básicos como agua y alcantarillado?

 Copiar

100 respuestas



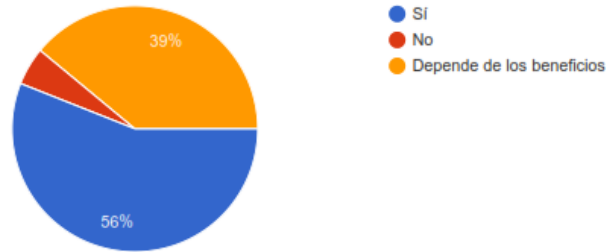
15/5/25, 13:33

TECNOLOGÍA SIN ZANJA EN ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO

8. ¿Prefiere obras rápidas, aunque sean más costosas?

 Copiar

100 respuestas



Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google. - [Términos del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

¿Parece sospechoso este formulario? [Informe](#)

Google Formularios



Anexo N° 10. Resultados de entrevistas.

Resultado de la Entrevista representante legal

ENTREVISTA CON EL ING. ERNESTO PERDOMO RUBIANO

MFGT: Buenas tardes, Ingeniero Ernesto Perdomo. Esta es una entrevista para la UNIMINUTO en la Maestría de Gerencia en la Innovación de Proyectos para los estudiantes Marcos Méndez y María Fernanda González. El tema es netamente académico y le agradecemos por su tiempo y por ayudarnos con el tema de unas pequeñas preguntas que le vamos a hacer sobre tecnología sin zanja.

CEPR: Buenas tardes, María Fernanda, ¿Cómo estás? Sí, claro, dispuesto a ayudarte para que saques adelante ese estudio que es tan importante.

MFGT: Muchas gracias. Iniciamos la entrevista con el ingeniero Ernesto Perdomo Rubiano, el Representante Legal del Consorcio Tunjuelito 2022 y también fue Representante Legal del Consorcio Estaciones de Bombeo SDT en la interventoría del proyecto de la construcción del bypass de Britalia para la empresa de acueducto. Bueno, ingeniero, iniciamos.

¿Cuáles han sido sus principales experiencias al gestionar con contratos relacionados con tecnología sin zanja?

CEPR: Pues María Fernanda, hemos tenido oportunidad de participar ya en varios contratos con estas tecnologías. Y si me preguntas las experiencias, pues diría yo que es algo muy especializado en primer lugar. No es algo que manejen muchas empresas y muchos ingenieros.

Es una tecnología muy especial que implica en primer lugar conocimientos del tema y me he encontrado que no todos manejan ese tema. Es muy especial y pues también requiere unos equipos especiales que no se fabrican en el país. Esos no lo fabrican acá, toca importarlos.

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

Luego, cuando sale un contrato de estos, pues ahí van serias dificultades a veces en la obtención de los elementos. Pero básicamente es decirte que sí, lo conocemos y que los estamos trabajando.

MFGT: Perfecto, gracias. ¿Qué tan claros y adecuados considera los marcos regulatorios actuales para la ejecución de estos contratos?

CEPR: Pues como te dije, como es una tecnología tan especial, sí me he encontrado con que dependemos, a veces las entidades dependen casi que del mismo proveedor para poder definir sus sistemas. O sea, me explico, la entidad sabe que existe esta tecnología y van a aplicarla, pero llaman es al consultor muchas veces o después de que ya está adjudicado el contrato, llaman al contratista para terminar de hacer aclaraciones técnicas. Aquí en cuanto al marco legal, pues no hay objeciones, porque pues esto no depende, no hay una normatividad que exista y que dependa para que uno pueda ejercer el trabajo.

Es más que todo el orden técnico y la normatividad pues yo pienso que es apenas, apenas suficiente, por no decir escasa. Y como te estaba diciendo, dependemos es de los distribuidores que son los que tienen toda la tecnología que normalmente han aprendido en el extranjero, la traen acá y entonces son los que saben y son los que les enseñan a las entidades cómo es que se debe hacer. Entonces yo diría que es apenas suficiente, escasa, si fuera así, yo diría que es escasa.

Igualmente tendría aquí que agregar que nuestros ingenieros no están preparados para acometer este tipo de trabajos en las universidades hasta donde yo sé tampoco es que se manejen estos temas a fondo. Luego en definitiva casi qué quedamos en manos de los contratistas con su experiencia para que nos enseñen y para sacar adelante los proyectos.

MFGT: Así es, así es. ¿Cuáles han sido las principales barreras legales o administrativas que se ha enfrentado para la ejecución de estos contratos?

CEPR: Yo no diría que barreras legales hay, no, porque para este tipo de contratos se aplica las normas jurídicas de contratación estatal, la ley 80, los decretos, los manuales de

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

contratación que tienen las entidades. Luego legal yo no veo ningún, no veo problemas. Más bien los problemas van es a nivel económico y a nivel técnico.

A nivel económico porque a veces la misma falta de conocimiento de las entidades hacen que supongan o coloquen unos precios porque hicieron algo parecido, pero cuando se van a enfrentar en la realidad en el contrato se encuentran con que era diferente, y lo he vivido en que los costos que se dijeron para hacer una actividad, cierto, con una de estas tecnologías pues no sirvió, no aplicó, porque ya cuando tenemos el contratista y que es el que sabe, nos dice pero no lo podemos hacer porque mire tienen estos inconvenientes.

Incluso hemos vivido, acuérdate, que vivimos el proceso de tener que cambiar de tecnología porque el consultor colocó una tecnología sin zanja y cuando la fuimos a aplicar sólo la pudimos hacer en un tramo y nos tocó cambiar completamente porque fue mal hecho.

Entonces más bien es la falta de conocimiento la que puede afectar estos contratos y en esto por ejemplo a nivel económico las entidades no manejan esto muy bien, o sea que conozcan a fondo el proceso, todo el despiece de las máquinas, cómo se traen, cómo se hace, cómo colocar costos, no lo manejan a fondo y nuevamente quedamos en manos de los contratistas que son los que licitan y nos dicen eso vale a tanto el metro lineal y sólo la comparación de los precios con los otros oferentes son los que permiten establecer el valor, pero a mí me parece que sí falta conocimiento técnico y conocimiento económico por parte de los funcionarios en las entidades.

MFGT: Así es, ¿Cómo evalúa la relación entre el costo y el beneficio de estos proyectos en comparación con métodos tradicionales como zanja abierta?

CEPR: Pues es que acá hay una cosa que si hay que decirlo pues lógicamente un método en zanja abierta pues es mucho más económica que un método con estos sistemas, aquí lo que prima es el bienestar común y causar el menor traumatismo a los sitios donde se está trabajando y definitivamente estas técnicas se utilizan donde hacer un proceso en zanja abierta pues conlleva una cantidad de problemas para los usuarios, para los vecinos, luego lo mejor en estos casos es utilizar estos sistemas, aquí cuando hay que utilizarlo, hay que utilizarlo así el costo sea mayor

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

pues porque es la mejor alternativa para evitar problemas y para hacer técnicamente bien el trabajo.

MFGT: Ok, ¿Qué tan receptivos son los actores gubernamentales y comunitarios hacia la adopción de la tecnología sin zanja?

CEPR: Son tan receptivos como los convenzan los que producen estos equipos en primer lugar y segundo como estas entidades tienen profesionales, pero la gran mayoría no tienen la capacidad para diseñar, entonces ¿Qué tienen que hacer? Salir a consultar o salir a contratar a otros consultores, pues es lo que hacen, pues contratan a los consultores en geotecnia, contratan a los consultores en suelos, en estructuras, luego ellas son las personas que, bueno, quiero repetir la pregunta, repíteme la pregunta que me perdí ahí.

MFGT: Dice, ¿qué tan receptivos son los actores gubernamentales y comunitarios hacia la adopción?

CEPR: Son los gubernamentales, no, voy a repetir, son tan receptivos como el que les llega a ofrecer el equipo o como los consultores que los convencen de que este es el mejor producto, sí porque el gubernamental tiene la idea pero necesita a los consultores, es el consultor el que le va a decir mire en este sitio para lo que tú quieres hacer pues lo mejor es que utilices un sistema de colocar tuberías sin zanja y bueno ya viene el problema de los costos, pero son los ingenieros colombianos, los civiles, los que hacen consultoría, los que tienen que llegarle a las entidades para convencerlos de que esa es la mejor solución cuando se debe aplicar.

MFGT: Así es, ¿Inge ha tenido la oportunidad de trabajar tecnología sin zanja en la costa, en la Guajira o hacia la costa?

CEPR: No, no, ya no he tenido oportunidad. La verdad no sé si lo hagan en la costa, supongo que sí, pero no lo he visto. En la costa debe haber existido algo que en Barraquilla hicieron unos trabajos muy importantes para la canalización de las quebradas.

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

MFGT: Sí, sí señor.

CEPR: Yo me imagino que ahí utilizaron unos sistemas, no hay vuelta de hoja, tuvo que haber sido algo muy similar a esto o igual, pero no, yo no he tenido oportunidad.

MFGT: Perfecto.

CEPR: Y ahorita en la Guajira tengo unos contratos, pero no tienen nada que ver.

MFGT: ¿Qué estrategias ha utilizado para superar resistencias o desafíos en la implementación de estos contratos con tecnología sin zanja?

CEPR: Nuevamente repito, sí se han presentado problemas de suelo, de maquinaria, de manejo de nivel freático, de problemas de subsidencias con las construcciones vecinas, todo eso se ha presentado, pero nuevamente digo, quedamos en manos de la experiencia del constructor, quedamos en manos de la experiencia del consultor siempre.

Sí, uno puede hacer algunas recomendaciones como ingenieros que somos, fuera de eso pues normalmente a nuestros contratos les pagan especialistas, te acuerdas que nos pagan especialistas, entonces uno consulta con el especialista, pero a la larga ¿Qué hacemos nosotros? ¿Qué propone el contratista?

Y nosotros si lo vemos viable, razonable y fuera de eso tenemos los dineros, pues aprobamos lo que llega al contratista, entonces normalmente dependemos mucho de ellos para tomar las decisiones.

MFGT: ¿Qué recomendaciones daría para mejorar la gestión de los contratos relacionados con tecnologías sin zanja?

CEPR: Nuevamente docencia, es la única, aquí no hay más que hacer, que las empresas que manejan los alcantarillados y todo estas cosas fueran conscientes de que este sistema llegó al

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

país, se va a quedar, tiene muchas ventajas y promuevan de alguna forma la capacitación a sus funcionarios, por un lado, es muy importante porque la verdad son escasos, te digo, ningún profesional que no trabaje en esto, con esto, es capaz de hacer un unitario de esta actividad, te lo aseguro, no hacen un unitario esta actividad, lo estoy viviendo en carne propia, ¿Por qué? Porque es tan complejo la descripción de la maquinaria, traer la máquina, todos los equipos accesorios, toda la herramienta menor, todos los procesos, que un unitario no lo hace un ingeniero que sea experto en presupuesto. ¿Quién lo hace perfecto?

El que está metido, el dueño de la máquina y el que ha hecho, porque te lo aseguro, es más, el mismo acueducto mira los precios unitarios del CIPP y va a saber que no hay unitario, no hay desagregación. No existe. Entonces, ¿Qué hicieron? ¿Cuánto es que cobra este dos mil doscientos, no sé qué, veinticinco mil, y el otro treinta y dos mil, y el otro veintiocho mil? Póngale veintiocho, y no tienen discriminado, porque no tienen la capacidad de hacerlo, porque es una tecnología que sólo el que está metido ahí y la ha vivido puede hacerlo, no fueron capaces.

Me tocó a mí hacer unos unitarios con base en una asesoría de un señor que sabe mucho, que me dijo mira esto es así y así, y ni así lo hicimos despiezado, pero tocó hacerlo así para presentar, entonces es definitivamente falta de capacitación, falta de docencia y falta de conocimiento, es más, hay ingenieros que tú los puedes traer y no tienen ni idea de esa cuestión, experto en presupuesto y no te lo hacen.

MFGT: Muy bien ¿Algún otro comentario, observaciones, algún aporte sobre tecnologías sin zanja de su experiencia, sus contratos?

CEPR: Que cuando uno tiene un contrato de estos, definitivamente no hay que soltarle estos contratos al primer ingeniero que consiga uno que diga que conoce, definitivamente la única garantía es que hayan trabajado en el medio y se hayan desenvuelto en esto y hayan manejado estos problemas, porque son múltiples los problemas que se presentan, si hay algo que tiene problemas es esto, comparado no más a nivel de suelos, pueden aparecer las diferentes cosas que tú quieras, diferentes suelos y te cambian los planes que tú tenías o no.

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

MFGT: Así es.

CEPR: Entonces, no, aquí en este caso solo es, repito, que existiera de parte de la sociedad colombiana de ingenieros, por ejemplo, cierto, que hiciera una promoción de este tipo de tecnologías, que las universidades también se empapen de esto y generen ese conocimiento entre sus materias, porque esta es una tecnología que se va a imponer y que va a seguir ejerciéndose.

MFGT: Así es, muchas gracias Inge por el tiempo y por la entrevista.

CEPR: No, que te sirva.

MFGT: Gracias.(Whisper, 2025)



Fotografía N°1. Evidencia de entrevista

ENTREVISTA CON EL ING. DIEGO CALLE:

MFGT: Buenas tardes, ingeniero Diego Calle, mi nombre es María Fernanda González, le agradecemos la oportunidad de permitirnos entrevistarle, para que desde su experiencia nos ayude. Esto es para la Maestría en Gerencia de la Innovación de Proyectos en Bogotá con la UNIMINUTO, este es un tema netamente académico y bueno, muchas gracias y pues iniciamos la entrevista.

DLCP: Buenas tardes, Ingeniera Fernanda, gracias por la invitación y por hacerme participar de su formación académica, en lo que les pueda colaborar, con mucho gusto.

MFGT: Muchas gracias, estoy haciendo el trabajo con mi compañero Marcos Méndez, somos los dos ingenieros civiles y bueno, arrancamos, ¿Cuáles son los principales beneficios técnicos que ha observado al trabajar con tecnología sin zanja?

DLCP: Uno de los beneficios técnicos que tiene la tecnología sin zanja es la velocidad de rehabilitación de las redes, parte de la premisa es que la tecnología sin zanja busca generar el menor impacto a la comunidad, que sea rápido, limpio, amigable con el ambiente y, sobre todo, que sea una metodología fácil de implementar y que sea eficiente a la hora de la ejecución de la obra.

MFGT: Perfecto, ¿Qué tan viable considera la implementación de la tecnología sin zanja en el contexto colombiano?

DLCP: Actualmente, o por lo menos en los trabajos en los que yo he estado, estamos en esa actualización de entrar a cada una de las entidades del gobierno y particulares, implementando la renovación o la rehabilitación de tubería con este tipo de tecnologías.

Estamos en ese proceso de cambio, de transformación, donde tenemos que mostrar las bondades de la metodología, tenemos que revisarlo desde el punto de vista económico, desde el punto de vista de la ejecución de la obra, de la localización del proyecto, el objetivo o el público objetivo a quien va dirigido los trabajos. Colombia está en esa renovación, conozco ya tres entidades que le han apostado fuertemente a este tipo de cambios y pues nosotros como

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

contratistas estamos buscando, a partir de nuevas tecnologías, mostrar que realmente vale la pena el cambio, vale la pena la implementación y que nos conozcan, conozcan las diversas tecnologías que estamos buscando, es la vanguardia del mundo.

MFGT: Perfecto, ¿Qué limitaciones técnicas o logísticas ha enfrentado durante el desarrollo de sus proyectos para el uso de estas tecnologías?

DLCP: Una de las mayores limitantes que tiene la tecnología sin zanja son las condiciones de sitio, es decir, inicialmente para dar viabilidad al tipo de tecnología o metodología a implementar, tenemos que hacer una viabilización de los tramos. ¿Qué implica una viabilización? Localización del proyecto, qué tan alejado está de los equipos en caso tal de que se llegue a varar o averiar el robot de corte o si vamos a implementar una tecnología tipo pipe, requerimos que la energía sea constante, tenemos limitaciones fuertes de localización.

Otra, son las pendientes, las pendientes cuando son muy altas hay que hacer unos contrafuertes de tal manera que no vaya a coger impulso la tubería a instalar. Otra que son los caudales que manejan las redes, hay caudales que da la pendiente o la ubicación, superan los topes máximos de la red y no permiten hacer los bombeos como deberían ser, entonces toca hacer otro tipo de manejos de agua, tipo bypass, tipo descargas y esos trabajos que no hacen parte del costo directo de la obra implican algún limitante en la elaboración del presupuesto y por tanto en la ejecución de la obra.

Yo creo que son más limitantes a nivel técnico que se pueden presentar, sin embargo, todo se puede solventar en la medida que tengamos todas las herramientas.

MFGT: ¿Qué tan capacitados están los equipos de trabajo para operar este tipo de tecnología?

DLCP: En Colombia hay diversas empresas que tienen o prestan esa tecnología a nivel nacional, sin embargo, hay equipos que toca sí o sí traerlo desde el exterior, dada la complejidad de los proyectos.

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

Cada proyecto es distinto, cada proyecto tiene una condición física diferente, el tecnicismo que se maneja para la ejecución de un tipo de tecnología en la otra cambia, el tipo de rehabilitación cambia dependiendo de la condición de flujo, hay muchas variables que se pueden presentar y ante la variabilidad que presenta eso también hay equipos que son propios de esa ejecución, por tanto, pues no todos los equipos que se tienen acá a nivel local cuentan con un respaldo a nivel nacional para su reparación o mantenimiento y requieren traerlos de otro lado o traer equipo especializado para que los intervengan.

MFGT: ¿Qué criterios utiliza para decidir usar una tecnología sin zanja o método tradicional como una zanja abierta?

DLCP: Qué buena pregunta, si lo que queremos es hacer una rehabilitación a largo plazo donde las profundidades son muy altas y las condiciones de acceso son complejas y tenemos un material de lleno o un material de suelo bastante saturado, uno de los criterios para viabilizar si lo hacemos sin zanja o con zanja es eso, si tenemos ese tipo de afectaciones que comprometa la integridad de la persona o que las condiciones de sitio sean complejas para acceder, pues lo primero que hacemos es viabilizarlo, si con un robot al hacer la inspección internamente de la red nos muestra que es factible hacer una viabilización con tecnología sin zanja, de una, la implementamos.

Pero hay casos que los equipos son una envergadura muy alta, muy grande y el tipo de tecnología para el sitio donde estemos es muy costoso, se nos vuelve inviable hacerlo con tecnología sin zanja y a veces el recurso humano predomina en la zona entonces nos tocaría hacer ese cambio de tecnología, entonces ahí es donde revertimos el cambio para hacerlo en zanja abierta y dejar a un lado la tecnología sin zanja.

MFGT: ¿Qué impacto tiene esta tecnología en términos de sostenibilidad ambiental?

DLCP: Toda, la tecnología sin zanja es una actividad limpia, de menor tiempo, o sea estamos diciendo que el recurso es puntual, hablando de tramos podríamos estar instalando en un

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

solo día, un solo tramo que a zanja abierta podría implicar meses, días, que toca maquinaria, personal, movimiento de tierras, el consumo de combustible, un montón de factores que tienen que ver con la excavación en zanja.

En cambio la tecnología sin zanja no implicaría sino un solo día de intervención, obviamente dentro de los alcances de revisión, viabilización, impacto, creería que, estoy seguro que el impacto ambiental es muy mínimo porque estamos trabajando a nivel muy puntual y no estamos haciendo a nivel de piso, a nivel de piso de excavaciones, ese movimiento de tierra que muchas veces a la comunidad le molesta por el material particulado, por el ruido, por la lluvia, por el tiempo de intervención, entre otros factores.

MFGT: ¿Ha identificado algún tipo de resistencia o barrera ya sea técnica, económica o social hacia este tipo de tecnologías sin zanja?

DLCP: Por supuesto, la gente que, los operadores que no conocen el tipo de tecnología se resisten un poco a ese cambio, porque siempre están buscando que sea en zanja, sea una tecnología económica, sin embargo, la resistencia siempre hay porque no la conocen, entonces nosotros como contratistas queremos o traemos ese tipo de tecnologías a las obras con el fin de generar el menor impacto a nivel social, eso nos ayuda muchísimo, muchísimo porque la gente ve que no tenemos ese impacto en excavaciones, sin embargo, se vuelven a veces poco receptivos porque creen que lo que estamos haciendo debajo de la tierra no es lo que ellos están acostumbrados a ver, zanja abierta, la instalación del tubo, la maquinaria grande, una infraestructura gigante para colocar un tubo cuando ya hay equipos del tamaño de un maletín que hacen todo el trabajo y están robotizados o se controlan remotamente y no están acostumbrados a eso, entonces es una resistencia a nivel social porque no ven obra pero la obra está por debajo.

A nivel económico claramente hay una compensación, lo que yo puedo tener en tiempo de ejecución lo puedo ganar en tiempo en ejecución con la tecnología sin zanja, como les dije previamente se puede instalar un solo tramo, 100 metros en un solo día, con esa tecnología se ha viabilizado en tecnología sin zanja, pero haciéndola con excavación lo normal lo que conocemos podríamos tardarnos entre 15-20 días hasta un mes, para la ejecución, técnicamente es complejo

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

entrar a valorar o presupuestar esos cambios porque tienen los operadores, la comunidad, las guías en identificar que el costo que se cobra por metro de tubería no se ve compensado por el metro de tubería que está en la zanja abierta, entonces lo que gana uno ahí es tiempo realmente y menor impacto, tenemos esas resistencias a nivel técnico y social.

MFGT: Perfecto, ¿Qué mejoras o desarrollos tecnológicos consideraría necesarios para optimizar el uso de estas tecnologías en proyectos futuros?

DLCP: Uno va pensando pues a nivel de ejecución que la gente y que los operadores y la comunidad sea receptiva con la obra en el sentido que uno busca el menor impacto con la comunidad, uno busca que sea eficiente, que sea rápido y que cumpla con las expectativas del contratante, cada día este tipo de tecnologías va avanzando más y cada día los equipos son más pequeños, más tecnológicos, entonces se está volviendo más mecanizada la rehabilitación de las redes.

Tendríamos que empezar a hacer no una mejora pero si una reestructuración de todos estos equipos a nivel local para que la gente los conozca, vea la versatilidad de los equipos, la versatilidad de la tecnología, que vean que es algo que está cambiando, que es una rehabilitación constante, que son, con los mismos materiales que los hacemos y cada día tenemos que ir avanzando y ya el mundo nos está mostrando hoy que ya los materiales son mucho más resistentes, tiene una vida útil mucho más larga, son más pequeños, requieren menor impacto, entonces la mejora no está en la tecnología, la mejora está en la aceptación de las personas por la tecnología.

MFGT: Si es cierto, bueno y la última pregunta ingeniero, muchas gracias, si ha tenido la oportunidad de trabajar en proyectos diferentes a Bogotá o Medellín, por ejemplo, en la costa, no sé ¿Qué diferencias significativas ha encontrado de pronto en cuanto a la economía, la comunidad, el orden público, los horarios, el clima? No sé si de pronto ha tenido la oportunidad de trabajar.

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

DLCP: Sí ingeniera, he tenido la oportunidad de estar en un proyecto con la empresa en La Guajira, en el municipio de Fonseca, estamos haciendo una rehabilitación de redes, estamos haciendo construcción de redes nuevas, estamos construyendo tanques de almacenamiento y bueno estamos haciendo toda la infraestructura en agua potable y alcantarillado.

Comparando la parte social de Bogotá y la parte social de La Guajira, es más densa en La Guajira, son resistentes a que la tecnología llegue allá, son resistentes a nivel político porque dejan de recibir algunas prestaciones por estar en zonas tan alejadas del centro urbano, se vuelven poco receptivos en el sentido que creen que les vamos a cobrar o cree que el operador local les va a cobrar todo lo que se está haciendo para la mejora de ellos.

A nivel operativo el calor comparado con Bogotá y la ciudad de Medellín cambia, estamos trabajando a 34 grados, 35 grados, entonces los horarios cambian, en Bogotá se trabaja de 7 a.m. a 5 y media de la tarde, en La Guajira se empieza a trabajar desde las 4 de la mañana hasta el mediodía para que el sol de mediodía no aporree a los trabajadores, el manejo de la hidratación cambia, en Bogotá o Medellín es una hidratación fija de un consumo mínimo, en La Guajira mínimamente hay que hidratarlos entre 3 y 4 veces a las personas y no solamente con agua, hay que darles otros líquidos para que puedan manejar o controlar el calor.

Cambia a nivel operativo, mover la maquinaria en zonas tan alejadas del centro urbano como La Guajira implica un desglose de mucho personal, internamente en Fonseca donde estamos trabajando, en Bogotá o Medellín estamos en el centro urbano, tenemos todo, en La Guajira no se consiguen fácilmente operadores o eléctricos o mecánicos de los equipos que utilizamos para la renovación de redes, en Bogotá y Medellín tenemos todo, tenemos donde encontrar las cosas, el terreno es diferente en Bogotá y en Medellín nos encontramos en la instalación de redes de energía, acueducto, telecomunicaciones, gas.

En La Guajira no tenemos nada, entonces lo que usted encuentra es material rocoso, entonces implica tener mineros para mover la roca, el manejo del material es muy diferente, hay muchas condiciones diferentes que difieren de las ciudades, económicamente hablando se ve muy costoso hacer en La Guajira, hacer una instalación por cualquier metodología, se ve muy

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

costoso, incluso las canteras quedan muy retiradas de Fonseca, el personal, dada la costumbre, dada su cultura, tiene un horario de trabajo diferente, tiene una forma de ver el proyecto diferente, no lo ven como beneficio sino como trabajo, entonces el tema de la comunidad wayuu.

MFGT: El manejo de la dotación para las mujeres, los hombres, ¿Es igual que en Bogotá?

DLCP: No, es muy diferente, el tema social, por ejemplo, el acercamiento con las mujeres es muy muy diferente nosotros casi que cada ocho días con el personal técnico y operativo tenemos charlas donde se les dan unas pautas al personal para el trato con las personas, allá tenemos un tema ácido que son las mujeres, entonces tenemos vinculado en nuestro personal de la obra administrativos que son de la misma comunidad, donde ellos hacen la interrelación entre la comunidad y la obra, respetando las raíces de cada uno, respetando sus culturas, manteniendo sus prototipos que han manejado siempre con el debido respeto obviamente de las culturas que son de Bogotá o de Medellín.

Pero también se ven otras cosas más delicadas, por ejemplo, la explotación de las mujeres, el trabajo indiscriminado o el trabajo no recompensado, el trabajo social en la zona es muy fuerte, demasiado fuerte, toca trabajar bastante, ese es el primer componente que tiene la empresa, la empresa nuestra en Fonseca, porque es fuerte comparado con las raíces que tenemos nosotros en el centro urbano, Bogotá o en las riberas como es Medellín, cambia, cambian las costumbres, cambian los conceptos, entonces hemos tenido esa dificultad en el acceso, en la información, en cómo proceder, en la contratación, entonces ese es el ítem número uno, es un punto capital del contrato que tenemos o le hemos dado mucho manejo a lo largo de lo que llevamos, vamos para dos años, dos años en el contrato, nos ha ido muy bien, pero pues son dificultades que se nos salen un poco las manos, pero lo hemos sabido, lo hemos sabido llevar. Qué bueno y la comunidad recibe bien la obra, es decir, que mejoren el sistema de acueducto, que lo instalen, el alcantarillado, que le pongan el contador en su casa, el tanque de almacenamiento, que tengan agua potable para sus necesidades básicas de comida, ejemplo, ellos no lo reciben bien.

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

Generalmente, allá hay dos escenarios, está el escenario en donde el gobierno quiere hacer llegar el agua potable a toda la comunidad, donde quiere hacer esa renovación, donde quiere hacer un manejo de infraestructura del agua potable y alcantarillado en la zona. Desde el punto de vista gubernamental, están llevando agua a las comunidades, están llevando servicios, están llevando un manejo adecuado de los residuos, están haciendo una separación de los residuos, están haciendo lo que emana la ley en cuanto a salubridad. Escenario número uno, lo que trabaja el gobierno con la comunidad.

Escenario número dos, no lo recibe la comunidad como debe ser porque políticamente dejan de recibir un dinero que es producto de las regalías y de las donaciones que recibe de entes no gubernamentales por estar en una zona donde no hay acceso a los servicios de agua potable. El gobierno quiere llegar con el agua potable, la comunidad no quiere que le llegue porque dejan de recibir esos beneficios económicos. Entonces, el trabajo social se vuelve un poquito más denso ahí, porque creen que se les va a cobrar esa mejora, pero hace parte de una obligatoriedad que tiene el gobierno con la comunidad.

Entonces, hay grupitos, hay entidades internas, hay comunidad que se resiste a que se construya, se lleve agua porque saben que al tener el servicio de agua potable o la distribución de los sedimentos o la separación de las aguas lluvias, dejan de recibir un subsidio. Entonces, no lo ven con buenos ojos, porque a ellos les interesa más la plata que el servicio. Y si ustedes pasan por esos lados, evidencia cierta precariedad en algunas casas. No les interesa, sino comprar un botellón de agua y listo, el resto le dan manejo interno.

MFGT: Listo, ingeniero. Muchas gracias por su colaboración. Nos despejó muchas dudas desde su experiencia, lo agradecemos inmensamente.

Es un tema netamente académico, como le contaba. Es el Ingeniero Diego Calle, está trabajando en la ciudad de Bogotá, en la zona 4 en Fátima. Es el director de obra de uno de los contratos de la empresa de Acueducto de Bogotá.

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

DLCP: Muchas gracias, ingeniera. Espero que la información o lo que yo le haya podido aportar le sirva y en lo que pueda colaborar es con mucho gusto.

MFGT: Gracias, muy amable.(Whisper, 2025)

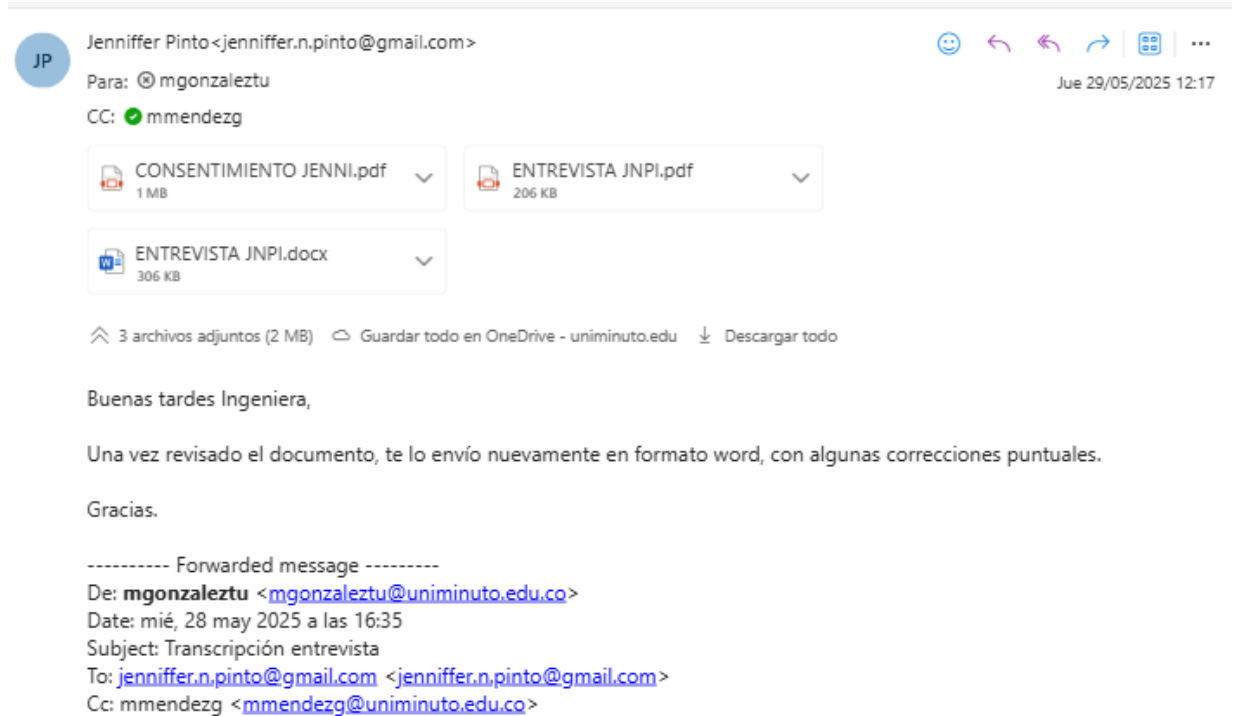


Fotografía N°2. Evidencia de entrevista

Resultado de la Entrevista a Ingenieros.

ENTREVISTA CON LA INGENIERA JENNIFFER NATHALY PINTO:

A continuación, se envía soporte de la revisión de la transcripción de la entrevista, por parte de la Ingeniera Jenniffer:



Jennifer Pinto <jennifer.n.pinto@gmail.com>
Para: mgonzaleztu
CC: mmendezg
Jun 29/05/2025 12:17

CONSENTIMIENTO JENNI.pdf 1 MB
ENTREVISTA JNPI.pdf 206 KB
ENTREVISTA JNPI.docx 306 KB

3 archivos adjuntos (2 MB) Guardar todo en OneDrive - uniminuto.edu Descargar todo

Buenas tardes Ingeniera,

Una vez revisado el documento, te lo envío nuevamente en formato word, con algunas correcciones puntuales.

Gracias.

----- Forwarded message -----
De: mgonzaleztu <mgonzaleztu@uniminuto.edu.co>
Date: mié, 28 may 2025 a las 16:35
Subject: Transcripción entrevista
To: jennifer.n.pinto@gmail.com <jennifer.n.pinto@gmail.com>
Cc: mmendezg <mmendezg@uniminuto.edu.co>

MFGT: Buenas tardes, nos encontramos con la ingeniera Jenniffer Nathaly Pinto. Ella se encuentra en el cargo de residente de interventoría en un contrato para la empresa de acueducto en la zona 4 de Bogotá, en Tunjuelito. También participó como residente de interventoría en el Bypass de Britalia en el año 2021.

Agradecemos a la ingeniera por su tiempo para esta entrevista. Es para la UNIMINUTO en la Maestría de Gerencia de Innovación de proyectos con los estudiantes Marcos Roberto Méndez y María Fernanda González, aquí presente.

Entonces vamos a iniciar.

MFGT: Buenas tardes, ingeniera.

JNPI: Buenas tardes, ¿cómo estás?

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

MFGT: Bien, gracias.

JNPI: Un placer, entonces, compartir este momento contigo.

MFGT: Muchas gracias. Entonces, bueno, comenzamos.

¿Cuáles han sido los principales beneficios técnicos que ha podido observar cuando ha trabajado con Tecnología Sin zanja?

JNPI: Bueno, mira, desde que estoy trabajando con Tecnología Sin zanja, creo que uno de los principales beneficios es a nivel del impacto que tú puedas generar a la comunidad, y a los avances que tú tengas en cuanto a los rendimientos en obra también, esa en cuanto a la parte técnica.

Con la Tecnología Sin zanja tú lo puedes fácilmente evidenciar dependiendo de la tecnología que implementes, ya sea pues el Pipe Jacking o el Pipe Bursting o el CIPP. Son tecnologías que realmente ves que tienen un mejor rendimiento a la hora de ejecutar la obra, que cuando utilizas una tecnología común como es la zanja Abierta. Creo que es eso a nivel técnico como tal, eso por supuesto tiene muchos más beneficios, a nivel de la sociedad, el tema de la seguridad en tecnología que, a zanja Abierta, pues el tema de las excavaciones y eso, el personal que se encuentra trabajando también tiene un mayor riesgo que a lo mejor cuando tú trabajas en Tecnología Sin zanja.

Tú puedes hacer un mejor control con el tema con tecnología sin zanja porque no tienes una excavación abierta, puedes manejar el tema de los espacios confinados, pero es más controlable, igual con el tema de llevar lo que es la parte de seguridad, y la presencia del SST, ese control igual pues de los implementos de seguridad al bajar a los pozos y todo eso, pero es mucho más controlado. Creo que a nivel técnico es eso.

MFGT: ¿Qué tan viable consideras la implementación de la tecnología sin zanja en el contexto colombiano?

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

JNPI: Pues yo lo veo muy viable precisamente porque aquí en Colombia fue que realmente yo conocí esta tecnología, yo había escuchado de ella a nivel de estudios, la había escuchado, pero como algo más lejano, cuando aquí en Colombia ya se implementó en los proyectos. Por lo menos cuando tuve la oportunidad de trabajar en el primer proyecto, fue que me di cuenta que la tecnología sin zanja aquí le estaba yendo muy bien. Hay varias empresas que la están implementando y aparte que Bogotá, pues por ser una ciudad tan grande, ya tan conformada, creo que da la oportunidad como para tú trabajar en eso, ya sea para redes eléctricas, redes de gas, lo que es acueducto y alcantarillado.

Entonces yo creo que aquí en Colombia en general y sobre todo en lo que son las grandes ciudades, es muy viable trabajar en la tecnología sin zanja.

MFGT: Ok, perfecto. ¿Qué limitaciones técnicas o logísticas has enfrentado durante el desarrollo de esta tecnología en los proyectos que has participado?

JNPI: Pues yo creo que el tema de los tipos de suelos es una de las cosas que me ha tocado enfrentar.

Sí, en algunos de los proyectos, como tú mencionaste, pues trabajamos en el tema de Britalia y por el tipo de suelos allá, pues fue un poquito más, fue como a nivel técnico un mayor reto, porque se dieron muchas cosas nuevas. Ahí estuvimos especialistas en suelos, estuvimos ingenieros y todos estábamos concentrados en llevar el proyecto a buen término, pero como la implementación de toda la experiencia, las técnicas, pues es lo que yo creo que dio lugar a que el proyecto se diera bien. Yo creo que el tema de los suelos, por eso para los proyectos en el inicio, los estudios geotécnicos son súper importantes.

Definir el tipo de proyecto, el alcance que tiene, el tema con esta tecnología, el cruce del río Tunjuelo, o sea, es evaluar el tipo de tecnología que tú vas a utilizar de acuerdo al entorno que tú tengas también. Entonces yo creo que, eso ha sido como uno de los retos más grandes que hemos tenido a nivel de la ejecución de estos proyectos. Y bueno, del resto el tema a veces cuando no sabes si te puedes encontrar hallazgos arqueológicos, me tocó también, entonces de

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

repente cuando tú te encuentras algo así, prácticamente tienes que paralizar cualquier actividad que tú estés haciendo. Entonces ahí viene el arqueólogo, viene una revisión exhaustiva, paralizan las actividades, o sea, hasta que no haga un estudio bien exhaustivo, no te dejan continuar.

Entonces, los hallazgos arqueológicos también pueden ser parte de lo que se ve como una limitación. Otras de las limitaciones técnicas que se puede generar son los suelos muy rocosos, arenas, otras redes de servicio existentes, o sea, por eso el estudio de las estructuras, redes de gas, o de gran envergadura, como redes matrices, porque una cosa es lo que tú puedas revisar a nivel técnico con los planos, la información que éstos te puedan brindar, pero muchas veces no toda la información está clasificada o bien sustentada, y pueden pasar o pueden generarse accidentes después cuando estás haciendo las actividades. Yo creo que esas son las mayores cosas o las mayores limitaciones que, a lo mejor pueda tener la tecnología.

MFGT: ¿Qué tan capacitados consideras que están los equipos de trabajo para operar y mantener esta tecnología?

JNPI: ¿Pero cuando te refieres a los equipos de trabajo, es en los que yo he trabajado?

MFGT: Sí, por ejemplo, los operarios de las máquinas como tal, los equipos de trabajo también administrativos, o sea, los profesionales, el personal de obra que, por ejemplo, está manejando equipo de Pipe Bursting, esos equipos de trabajo.

JNPI: Pues yo creo que el hecho de que ahorita se está viendo más la tecnología sin zanja, ha permitido que las personas se formen un poco más en esto, por lo menos está el tema del Instituto Colombiano ICTIS, que ayuda a la formación más que todo a nivel profesional.

Muchas de las empresas que trabajan con estas tecnologías, me he dado cuenta que forman a su personal, así como a los operadores o a los ingenieros, tratan de buscarle formación y capacitación también afuera, en el exterior. Porque estas tecnologías han evolucionado más en otros países, y la idea es traer todos esos conocimientos, o todos los avances que se hayan dado en esas tecnologías para aplicarlos aquí en Colombia. También siento por experiencia propia

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

que, hay muchas empresas que tratan de formar muy bien, a su personal, dependiendo de las capacidades que observen él, te dan como que la oportunidad de irte formando, de transmitirle a su personal mayores conocimientos.

El tema de, por lo menos los operadores, también veo que ha sido en algunos casos, de que se enfrenten como a ciertas situaciones en obra, y eso mismo los capacita para seguir aprendiendo y seguir aportando más a los proyectos. Entonces muchas de las cosas que van enfrentando, es lo que les enseña, además, por lo general tienen una persona al lado que están formando y dependiendo de las capacidades o de la curiosidad que muestren, éstos también van avanzando y aprendiendo mucho más. Mucho de los procesos se aprende en obra, con las cosas que te van pasando, entonces yo creo que, si el tema te gusta, uno se involucra cada día más y se va capacitando.

Por supuesto, yo creo que las grandes empresas necesitan invertir mucho en esa capacitación, si lo que se quieren es desarrollarse en esto y aportar cada día más a la sociedad, con los beneficios que tienen todas las tecnologías sin zanja. Por otro lado, también están los jefes de turno, los jefes de obra, que son como los maestros a cargo de cada grupo, y ellos empiezan como un oficial y después van creciendo dentro de las empresas, claro está, dependiendo mucho de la persona, de esas ganas que tenga de avanzar, esa curiosidad, porque tú puedes empezar desde abajo como un oficial, pero después crecer y convertirte en maestro porque ya se manejan otras cosas, y si las empresas te ven como que con las ganas de tú seguir adelante, aplicando lo que estás aprendiendo, entonces puedes llegar por ejemplo a jefe de pozo. Hay muchos que han pasado luego de ser jefe de pozos a piloto, al que maneja la tuneladora, pero opino que el hecho de que empiezas desde abajo, te da pie como para ser un buen piloto, porque tú sabes qué tienes que tener listo para conducir la máquina, y a qué complicaciones te puedes enfrentar, y así mismo, enseñar a otros como tú.

Uno como ingeniero aprende mucho también de la formación que tiene, o de lo que te va explicando personal con más experiencia, y mucho también lo dan pues tus estudios, o sea, yo creo que una cosa va con la otra y esa misma curiosidad de la que hablábamos antes, yo creo que es la que te enseña. Cuando yo empecé por lo menos en esto, no sabía nada, me recuerdo que en

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

la primera entrevista que tuve me dijeron, tú sabes algo de tecnología, pues yo he escuchado algo pero hasta ahí, o sea yo no la he aplicado, pero tengo todas las ganas de aprender, entonces a mí me llamó mucho la atención, porque es algo novedoso, todos los beneficios que representa lo que te decía antes a nivel de seguridad, al nivel del impacto ambiental, el tema de la comunidad, entonces yo creo que sobre todo en las grandes ciudades, la tecnología sin zanja, pues sí, es una gran alternativa.

MFGT: Perfecto, gracias. ¿Qué criterios utilizas tú para decidir entre esta tecnología, una tecnología sin zanja, y un método tradicional como una zanja abierta?

JNPI: Yo creo que una de las cosas principales es dónde se va a desarrollar el proyecto, y pues la inversión que se necesita como por lo menos al inicio del proyecto, creo que la tecnología sin zanja, como te decía hace rato, al principio puede tener unos costos elevados, pero a largo plazo al no tener por ejemplo una recuperación del espacio público, los costos pueden ser menores, comparado con la tecnología a zanja abierta. Pero si a lo mejor la tecnología a zanja abierta se aplica en un pueblo, donde puede que no tengas un pavimento instalado, sino sea una zona rural rocosa con una base, y tienes que hacer la excavación a cierta profundidad, puedes instalar las redes que tú necesitas, más si son redes nuevas, porque sabes que ahí no te vas a conseguir o no vas a interceptar otras redes, entonces puede que en estos casos sea mejor trabajar a zanja abierta, ya que no vas a tener esos costos tan elevados al inicio. Por lo que, a lo mejor en las zonas rurales, dependiendo de la inversión, sea mucho mejor, trabajar a zanja abierta que en tecnologías sin zanja.

A diferencia de las zonas urbanas que, por el impacto que podamos ocasionar con las redes a zanja abierta o con las actividades que tú vayas a hacer a zanja abierta, sí tiene un impacto mayor, ¿sí? Tanto pues en la comunidad, el ruido que se genera, la parte ambiental en comparación a todo lo que tú puedes exponer en una zanja abierta, en la tecnología sin zanja es mucho más controlable el espacio que se abarca, en cuanto al área de afectación que tú puedas tener, dependiendo de la tecnología, por lo menos en el proyecto actual en el que me encuentro hemos visto el caso del CIPP, en el que tienes un camión con equipos de CCTV, y viene otro

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

camión que trae la manga, por lo que es un área muy reducida realmente lo que tú impactas a medida que estás instalando la manga.

En el caso del CIPP y en el Pipe Bursting también, se tienen unos equipos realmente pequeños, en donde el impacto y la duración de la actividad es menor comparado con una zanja abierta. En este proyecto muy bien lo estamos viendo, porque tenemos tanto zanja abierta como tecnología sin zanja.

MFGT: ¿Y el tiempo?

JNPI: El tiempo sí, claro, porque el rendimiento de lo que estamos hablando, pues ¿Cuánto te demoras tú, por lo menos acá en CIPP, en rehabilitar una red de 100 metros de longitud? Un día prácticamente, dos días cuando tienes un alcantarillado sanitario que tienes que abrir las domiciliarias, entonces vamos a suponer que entre todo tú te puedas demorar tres días, a comparación de lo que implica una zanja abierta, en la que se debe hacer inicialmente un cerramiento, luego empiezas con las excavaciones, con la instalación del material, el control de topografía, densidades, o sea, son tantas cosas lo que implica la zanja abierta comparado con la tecnología sin zanja, concluyendo que el rendimiento es mucho mejor en tecnología sin zanja.

MFGT: Así es. ¿Qué impacto tiene esta tecnología en términos de sostenibilidad ambiental?

JNPI: Bueno, una de las cosas que estábamos hablando, el hecho de que no tengas que hacer excavaciones, que implique la erosión del suelo.

Cómo te digo, las partículas que tú generes al ambiente también con el tema de las excavaciones abiertas, a diferencia de la tecnología sin zanja, no generas erosión de los suelos, no generas partículas, lo que es el ruido también que es la contaminación auditiva, todo ese tipo de cosas, yo creo que se aprovechan, o sea, en la tecnología sin zanja son muy diferente las implicaciones que se tienen a cuando tú haces excavaciones a zanja abierta en el tema de la contaminación, así como también, las afectaciones que tú haces en los suelos, eso yo creo que es

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

una de las diferencias que marcan lo que es el uso de la tecnología sin zanja, y uno de los primeros beneficios que tiene.

En cuanto a lo que hablábamos en un principio de la comunidad y la parte ambiental, yo creo que el impacto que tiene la zanja abierta en comparación con la tecnología sin zanja, es uno de los parámetros con los que uno define utilizar la tecnología sin zanja, sobre todo aquí en grandes ciudades que tienes tantas edificaciones. El tema del transporte se puede complicar también, en la tecnología sin zanja tú puedes pasar debajo de vías principales sin afectar lo que es la libre circulación, o sea, todo eso también va de la mano. Entonces, el tema de la sostenibilidad ambiental, creo que es uno de los principales beneficios que tiene la tecnología sin zanja.

MFGT: ¿Has identificado algún tipo de resistencia, ya sea técnica, económica o social, hacia esta tecnología?

JNPI: Yo creo que más desde el punto de vista del desconocimiento, no creo que mucha gente, a menos que esté en la rama de la ingeniería civil, o que esté como más involucrado con esta formación profesional, conozcan del tema. Hay muchas personas que desconocen de la tecnología sin zanja, entonces yo creo que es más la resistencia por el desconocimiento, de ¿qué es eso?, ¿cómo se hace?, ¿cuánto me va a costar?, porque pues mucha gente dice, pues eso lo van a hacer con esa tecnología, entonces con tecnología debe ser mucho más costoso, y eso ¿cuánto me va a costar a mí?, mis servicios públicos, mis recibos, ¿cuánto me va a llegar la factura?, ¿va a ser mucho mayor el valor?, esas son cosas que muchas veces la gente se pregunta.

Yo creo que, desde el punto de vista económico y social, más que todo por el desconocimiento de las personas, pero no tanto como una resistencia, yo creo que ahorita hay mucha mente abierta como para decir que sí, hagámosle a esta tecnología, mira todos los beneficios que tiene, entonces al momento que tú explicas todos esos beneficios, pues la gente lo ve como con más agrado, y con mayor aceptabilidad entonces para aplicarla.

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

MFGT: ¿Qué mejoras o desarrollos tecnológicos considerarías necesarios para optimizar el uso de esta tecnología en proyectos futuros?

JNPI: ¿Desarrollos tecnológicos?

MFGT: Sí, no sé, de pronto, ¿Qué mejoras podrías hacerle tú desde tu punto de vista, según la experiencia que tienes, a los equipos, al personal, al proceso como tal?

JNPI: Sí, yo creería que en cuanto al proceso, para tú manejarlo, comprenderlo mejor, es el tema de las capacitaciones porque yo creo que es importante que todos conozcamos la información, decir de qué se trata, no esconder la información, que la información no se quede contigo, por lo menos al nivel de todo el personal con quienes trabajas, por decir, en grandes empresas muchas veces los directores, son los que manejan esa información y no suministrarla a todo el personal que va a estar en la ejecución, creo que es una de las cosas que cambiaría, el hecho de que todo el personal esté informado de lo que se va a hacer, que todo el personal se involucre en los beneficios que tiene, en lo que estamos haciendo.

Saber que no solamente yo estoy ahí parado y estoy haciendo un pozo, pero preguntarse ¿Por qué? ¿Para qué? y ¿Por qué lo tienes que hacer de cierta forma? y ¿Por qué exigimos que eso tenga unos niveles o que tenga un plomo en el caso de pozos? ¿Por qué tiene que ser así? Cree que mejorar esa comunicación con el personal, que toda una organización maneje en pro de que los proyectos salgan adelante, por supuesto pues en cuanto a las máquinas, muchas veces hacer un mayor control de lo que son los mantenimientos, esos son equipos y maquinaria que no se consiguen fácilmente, que no están muy a la mano porque son nuevas tecnologías que se están aplicando sobre todo fuera de Colombia, y lo que son repuestos o mecánicos que se encargan de hacer los mantenimientos pues no los consigues ahí en la esquina, son controles que se tienen que hacer, programaciones que se tienen que manejar, entonces si tú manejas un buen mantenimiento, un mejor control de esos procesos pues llegarán a concluir mejor los proyectos y creo que es un beneficio para las empresas.

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

A veces hay empresas que no lo ven así y piensan que es mejor, es trabajar, trabajar, trabajar, trabajar, pero a veces tienes que parar un momento, hacer, una revisión de todo lo que son tus equipos, los procesos que tienes y ahí sí o sea revisar en qué estamos fallando, qué podemos mejorar, revisar estos mantenimientos, y luego si continuar, porque puede generar a largo plazo una falla más grave que pueda ser más difícil de reparar.

Si los mantenimientos no se hacen, cuando te das cuenta pues ya la máquina paró, ya uno revisa y se le daña esto, más esto, más esto, entonces son tantas cosas aunadas que, al fin de cuentas, tú dices bueno ¿si valió la pena todo esto o debía hacer mantenimientos preventivos antes de que me sucediera? porque los costos se pueden incrementar, en ese sentido, yo creo que esas serían las mejoras, tanto en los procesos como en el conocimiento del personal.

MFGT: Y la última, si has tenido la oportunidad de trabajar afuera, ¿Qué diferencias has notado por ejemplo ahora en Bogotá, como en Medellín, Cali que son ciudades grandes o en la costa o en un pueblito en la costa, qué diferencias has podido ver en cuanto a los tiempos de ejecución, los costos, el transporte?

JNPI: La aplicación o la debilidad de aplicar esta tecnología, por ejemplo, por lo menos tú comparas a veces la ciudad pues tienes a la mano muchas más herramientas para avanzar en este tipo de proyectos, empezando con permisos, puede que los permisos te los otorguen más rápido por las afectaciones que puede implicar eso, en cambio en pueblos y en zonas más rurales, con este tipo de maquinaria puede ser de difícil traslado a algunos sitios, por lo menos si tú trabajas en el río Magdalena, ¿cómo haces llegar unos equipos de esta envergadura? porque en algunos casos son equipos grandes dependiendo de las necesidades o el proyecto.

Como puede que a lo mejor no impliquen tanto movimiento de maquinaria, pero por lo menos para acceder a estos pueblos el transporte sí es un poco deficiente, las vías no se encuentran en el mejor estado y entonces el acceso puede ser difícil, el tema climático también puede afectar y muchas veces se generan derrumbes, lo que impide acceder a estos pueblos; si tienes que pasar entonces por un río o algo así, el traslado de estos equipos es en estructuras con condiciones de soportar una maquinaria con un peso considerable, yo creo que ahí es cuando

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

evalúas, realmente qué tan beneficioso puede ser por lo menos en un sitio así como después un pueblito en el río Magdalena, que vayas a aplicar una tecnología como esta.

A diferencia de cuando tú lo haces en una ciudad como Medellín o Cali o Bogotá, que puedes acceder a los puntos donde vas a desenvolverte en tu proyecto de una mejor manera, el tema de que a veces desde el punto de vista a nivel como digo, administrativo de parte del contratista, a veces te suministran más herramientas o más recursos para que tú puedas desarrollar entonces tecnologías de este tipo aquí, por los beneficios que esta misma implica, porque cuando tú quieres mostrar o quieres avanzar como proyectos así como el metro, con proyectos así en lo que tienes que hacer desvíos de grandes estructuras, es cuando tú ves los beneficios de aplicar estas tecnologías aquí por lo menos a nivel urbano.

MFGT: Y una pregunta, ¿Qué tal fue ese reto técnico de atravesar el río Tunjuelo a 13 metros de profundidad?

JNPI: Sí, bueno ahí cuando estuvimos en ese proyecto pues yo estaba como residente de interventoría, yo recuerdo que yo empecé en ese proyecto como contratista, pasó un tiempo y casualidad que tuve la oportunidad de trabajar también como es decir desde el otro lado como residente de interventoría.

Allí una de las cosas, es que por lo menos en el río Tunjuelo estaba en un inicio proyectado utilizar una tuneladora, e íbamos a aplicar como decir la misma metodología o la misma tecnología que estamos aplicando en todo el proyecto que era el Pipe Jacking, pero allí ya tuvimos que evaluar otros factores que implicaban por lo menos lo que hablamos hace rato con el tema del riesgo que podía ser que la tuneladora se quedara allí atrapada.

¿Por qué? Porque por lo menos en el caso del Pipe Jacking a veces dependiendo del tipo de suelo que se presente como en el caso de los suelos de Britalia, eran complicados por decirlo de alguna manera, la máquina se podía quedar, ¿Y qué implicaba eso? Un posible rescate de la máquina, pero ¿un rescate en el río Tunjuelo?, ¿desviar el cauce del río y sacar la máquina?, o sea, a nivel ambiental, todas las implicaciones que eso tenía, pues era un riesgo muy alto.

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

Definitivamente ahí fue cuando se evaluaron otras tecnologías, y gracias a Dios con la aplicación de esas tecnologías fue que se pudo dar feliz término al proyecto, igual se consiguieron muchos obstáculos, el tema de unas interferencias con unos rollizos, por ejemplo, empezando por ahí, todo se complicó mucho más, y fue mucho más ardua la tarea de terminar el tramo, pero gracias a Dios esto se pudo dar.

O sea, a nivel profesional es un gran reto y se siente muy bien cuando tú empiezas a darte cuenta de todas las grandes posibilidades que tienes para hacer proyectos de este tipo. Creo que ningún problema es tan grande que no tenga solución, o sea, de verdad viéndolo allí, ahí conseguimos una solución cuando muchas personas pensaron que no la iba a haber, entonces yo creo que a veces uno en el momento puede sentir que esto ¿Cómo lo vamos a hacer? Puede que me quede grande, ¿Ahora qué hago? Pero sí, siempre va a haber una solución, siempre va a haber algo que te lleve a desarrollar algo nuevo, ya sea una nueva metodología, personas con mucho conocimiento también y mucha experiencia, que te van a decir esto se puede hacer así, yo creo que como la ayuda y el granito de arena que pone cada persona ayuda a que todo salga bien.

Entonces desde ese punto de vista, súper interesante, las nuevas tecnologías, ya ahorita que uno ha desarrollado Pipe Bursting, que ha desarrollado el CIPP, el Pipe Jacking, el Pipe Ramming, o sea, la perforación dirigida y todo eso, te das cuenta de todas las aplicaciones que tú puedes hacer en un proyecto y eso te llena mucho como profesional.

MFGT: Sí, sí, lo sé, estaban los geotecnistas, estaban los especialistas de suelos, perdón, de túneles, el ingeniero Camilo también nos dio una charla, Camilo Torres, y estuvo también el ingeniero Roberto Zillante, quien nos ayudó a intervenir el Tunjuelo a 13 metros de profundidad y otro del rescate también estuvo allá, es nuestro Codirector en esta Maestría y bueno, no, era eso, Ingeniera, muchas gracias de verdad por tan valiosos aportes para nuestra Maestría.

JNPI: Bueno, muchas gracias, gracias por la oportunidad. Gracias.(Whisper, 2025)

Tecnologías de instalación tubería sin zanja



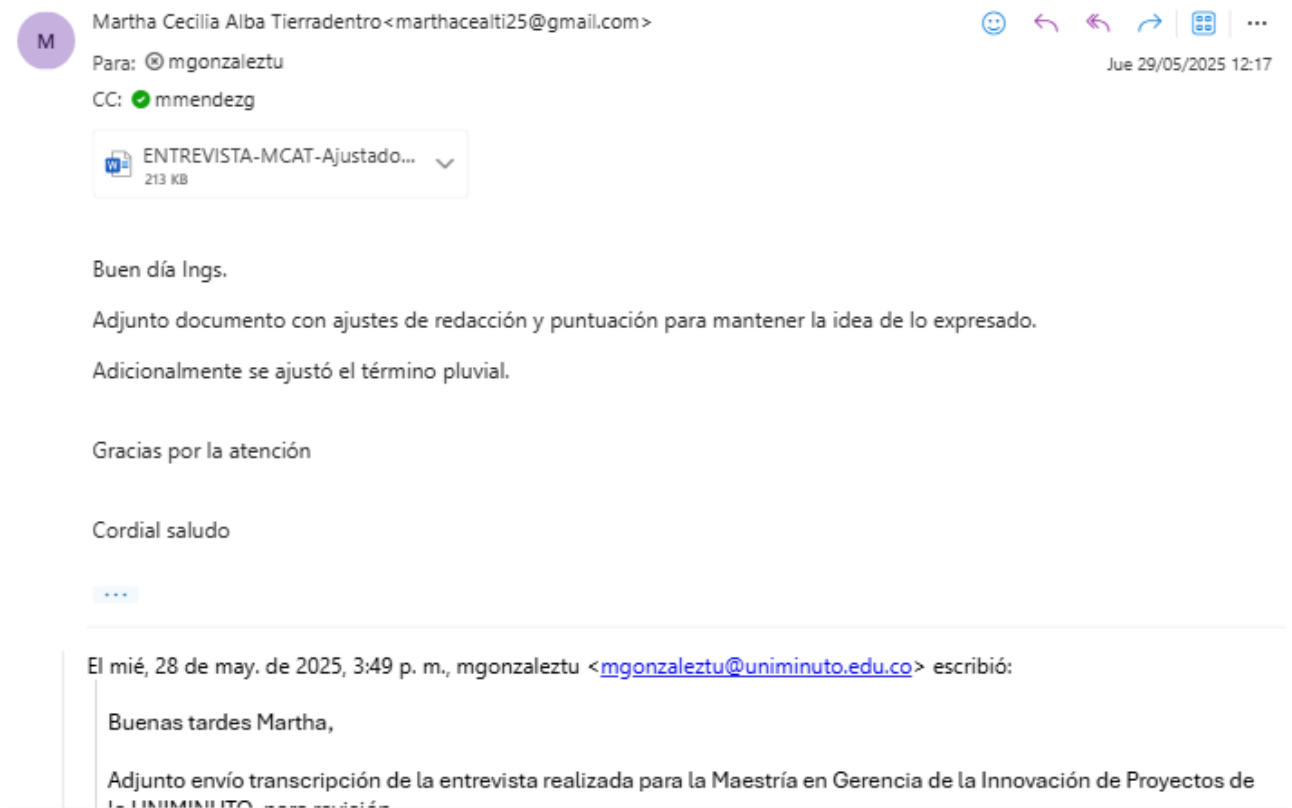
Fotografía N°3. Evidencia de entrevista

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

Resultado de la Entrevista a personal profesional de obra.

ENTREVISTA CON MARTHA CECILIA ALBA:

A continuación, se envía soporte de la revisión de la transcripción de la entrevista, por parte de la profesional social Martha Cecilia:



Martha Cecilia Alba Tierradentro <marthacealti25@gmail.com>
Para: mgonzaleztu
CC: mmendezg
Jun 29/05/2025 12:17

ENTREVISTA-MCAT-Ajustado...
213 KB

Buen día Ings.

Adjunto documento con ajustes de redacción y puntuación para mantener la idea de lo expresado.
Adicionalmente se ajustó el término pluvial.

Gracias por la atención

Cordial saludo

...

El mié, 28 de may. de 2025, 3:49 p. m., mgonzaleztu <mgonzaleztu@uniminuto.edu.co> escribió:
Buenas tardes Martha,
Adjunto envío transcripción de la entrevista realizada para la Maestría en Gerencia de la Innovación de Proyectos de la UNIMINUTO.

Soy María Fernanda González T, estudiante de la Maestría en Gerencia de la Innovación de Proyectos de la UNIMINUTO. ¿Están de acuerdo con que grabemos la presente entrevista?

Martha C. Alba T.: De acuerdo. Buenos días.

mmendezg: Buenos días. De acuerdo

mGonzáleztu: Esta entrevista es de tipo académico para la Maestría. Vamos a entrevistar a la profesional Martha Cecilia Alba y se encuentra con nosotros también el Ingeniero Marcos Roberto Méndez. Buenos días a los dos.

mmendezg: Buenos días Ingeniera María Fernanda

Martha C. Alba T.: Muy buenos días Ingeniera María Fernanda, muy buenos días Ingeniero Marco

mmendezg: Buenos días Martha, muchas gracias por asistir a esta entrevista

Martha C. Alba T.: Con mucho gusto

mGonzáleztu: Bueno entonces iniciamos. Marthica, ¿Cuáles han sido los principales beneficios técnicos que has observado al trabajar con tecnología sin zanja?

Martha C. Alba T.: Bueno, pues, antes de dar respuesta a la pregunta, me parece importante precisar, que he tenido la oportunidad de participar en varios proyectos con tecnología sin zanja, para la renovación de redes e instalación de redes nuevas y considero que uno de los principales beneficios, es la mitigación de los impactos a la Comunidad, así como la disminución de ruido, partículas y residuos o a veces escombros que quedan de las obras y eso, obviamente contribuye a que haya más aceptación por parte de la comunidad.

mGonzáleztu: Ok perfecto.

mGonzáleztu: ¿Qué tan viable consideras la implementación de esta tecnología en el contexto colombiano?

Martha C. Alba T.: Bueno, pues considero que la implementación de esta tecnología para la instalación de tubería sin zanja en nuestro contexto es una opción bastante viable; especialmente considerando que en muchos lugares es necesario actualizar y renovar las redes de servicios públicos en sectores que ya están construidos, que ya existen; barrios en los que ya existen las edificaciones. Con esta tecnología se facilitarían las intervenciones generando, como ya lo había mencionado, menores impactos tanto al entorno como a los residentes de la zona.

mGonzáleztu: Perfecto, muchas gracias. Ven, ¿Tú qué limitaciones técnicas o logísticas has enfrentado durante el desarrollo de tus proyectos con esta tecnología?

Martha C. Alba T.: Bueno, como en todos los procesos, se centran algunas limitantes, yo entre estas limitantes se ha podido evidenciar que, en algunas ocasiones, en lo correspondiente a los fallos que suelen presentar los equipos al momento de su instalación o en el desarrollo de la renovación de las redes o de la instalación de las tuberías. Sin embargo, no es un factor relevante considerando que de todas maneras los tiempos de intervención siempre serán menores a los que se realizan con zanja. Entonces, me parece que la tecnología, de alguna manera, siempre será más positiva frente a las intervenciones con zanja.

mGonzáleztu: Perfecto, ¿Qué capacitados consideras que están los equipos de trabajo para operar y mantener esta tecnología? Equipos de trabajo como, por ejemplo, los operadores, los profesionales, el equipo en general que hace todo el trabajo.

Martha C. Alba T. Bueno, pues en el desarrollo de las obras he podido observar que las personas y los profesionales a cargo de estas tecnologías se encuentran muy bien capacitados y sobre todo con la experiencia suficiente para para operar y mantener; sin embargo, lo que veo es que, en la actualidad, aún el nicho es muy escaso, pues el personal con esta capacitación tan específica y ese entrenamiento es algo, restringido; es decir, todavía los equipos son un poco escasos en relación con este tema.

mGonzáleztu: Ok bien perfecto. ¿Qué criterios utilizarías tú para escoger un proyecto a zanja abierta o con tecnología sin zanja?

Martha C. Alba T.: Bueno, pues de alguna manera desde nuestro componente social al que yo pertenezco, a veces los criterios no dependen tanto de nosotros, obviamente nosotros sí, digamos que hacemos algunas sugerencias y hacemos algunos comentarios respecto al entorno en el que se desarrolla la obra; sin embargo, los criterios generalmente los define la entidad contratante y obviamente lo que se tiene en cuenta; pues el contexto en el que se desarrollarán las

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

intervenciones, así como los impactos y el presupuesto que se tenga destinado para realizar las obras. Sin embargo, durante la ejecución de esas obras, pues pueden encontrarse factores que, como ya lo mencionaba, permitirían replantear el uso de estas tecnologías dependiendo de las condiciones que se encuentren en el terreno, en los barrios o en las zonas que se van a afectar.

mGonzáleztu: ¿Qué impactos consideras que tiene esta este tipo de tecnología en cuanto a sostenibilidad ambiental y para la Comunidad? ¿Qué consideras?

Martha C. Alba T. : Bueno, yo creo que este tipo de tecnología permite mitigar los impactos, especialmente en lo referente a los tiempos de intervención. Como ya lo mencioné, y con lo que esto conlleva, o sea, al ser una obra que tiene menor tiempo de intervención, se controlan mayores impactos o sea de índole ambiental y social; sabemos que cuando se hace intervención con zanja, pues hay mayor exposición a olores, presencia de partículas, barro y cosas que realmente es lo que a veces a la gente le genera resistencia a las obras. Por eso creo que este tipo de tecnología permite mitigar los impactos, especialmente, pues en el tema ambiental y social.

mGonzáleztu: Perfecto. ¿Tú has identificado algún tipo de resistencia económica, social o técnica hacia esta tecnología de parte de la Comunidad o de las entidades contratantes o de los mismos contratistas?

Martha C. Alba T.: Inge, en el desarrollo de estas intervenciones en las que he logrado participar, la respuesta de la Comunidad en general ha sido positiva, pues como ya lo mencionaba anteriormente, al tener mayor control de impactos a nivel social se tiene menor resistencia. Es decir, las obras con este tipo de tecnología tienen mayor aceptación, tanto como ya lo he reiterado a nivel social como ambiental. Especialmente porque se reducen los plazos de intervención. Entonces, al intervenir las obras en menos tiempo la gente se siente menos invadida, de alguna manera menos afectada.

mGonzáleztu: ¿Qué mejoras propondrías tú para este tipo de tecnología?

¿Para los procesos qué podrían mejorar los contratistas o las entidades contratantes, o inclusive qué mejoras podría hacerse a una zanja abierta o a un espacio público?

Martha C. Alba T.: En cuanto a las mejoras, pues se evidencia en el desarrollo de las obras. Creería que es importante que previo a las labores de obra, se asegure que los equipos se encuentren debidamente revisados y controlados con los mantenimientos que se requieran, para que de esta manera la ejecución sea óptima y se generen menos inconvenientes como retrasos o reprogramaciones por fallos que puedan presentar los equipos. Por lo demás, pues yo creo que correspondería como a las actualizaciones, que como desde las casas matrices de estos equipos o del desarrollo de las tecnologías, se vayan desarrollando y se vayan actualizando. Creo que pues eso sería como lo importante en cuanto a las mejoras a tener en cuenta.

mGonzáleztu: Bien, perfecto, Marthica y si has tenido oportunidad de trabajar fuera de Bogotá en algunos proyectos, qué diferencias encuentras, por ejemplo, en una intervención en Bogotá, ciudades como Cali, Medellín, en la Costa o en los pueblitos de la Costa. ¿Qué has notado respecto a la Comunidad? Y bueno, diferencias en general.

Martha C. Alba T.: Bueno, en general, de alguna manera para la comunidad del área de influencia directa de las obras, en términos de tecnologías y si es con zanjas o demás, a veces los procedimientos constructivos no son tan cercanos, especialmente a las comunidades de afuera; aquí en la ciudad sí lo son los temas de participación que son bien importantes, temas de veeduría ciudadana, se tienen bastante en cuenta; mientras que afuera, las intervenciones, a veces responden tristemente a un toque político y a veces ese tema de la participación directa con la comunidad, no es tan masiva.

Entonces sí siento que a veces las obras son más restringidas, la comunicación y el tema de participación y control social en los municipios fuera de Bogotá o en los pueblos pequeños es un poco más escasa; no se tiene como ese acercamiento con las intervenciones que se realizan, a diferencia de lo que sí ocurre aquí en la ciudad, que la Comunidad está más involucrada con el desarrollo de las obras que se hacen en sus territorios.

mGonzáleztu: Ok perfecto, Ingeniero Marcos, ¿Deseas preguntarle algo a nuestra profesional social?

mmendezg: Sí, Martha, yo tengo una pregunta, digamos cuando se realiza la socialización a la población, esta población sí entiende de una forma clara ¿Cómo se piensa realizar los trabajos o empiezan a indagar más sobre estas nuevas tecnologías? Les causa, digamos, curiosidad. Algo así por el estilo.

Martha C. Alba T.: Claro que sí, ingenieros para la Comunidad estos temas también son muy atractivos en el sentido que es tecnología que les gusta mucho, que no se generan esos impactos así tan agresivos, tan fuertes. A veces, tristemente se piensa que la Comunidad, como que no entiende y yo creo que desde nuestros componentes sociales hemos hecho una tarea fuerte en el sentido de mostrarle a la gente que cada cosa tiene su nombre, que los procedimientos constructivos son muy importantes, que traen desarrollo y que cada cosa tiene su nombre como tal.

A veces en los procesos de participación se dan estas capacitaciones para que las personas y todos los residentes del área de influencia realmente conozcan y se apropien de las obras que se hacen y, sobre todo, se mantenga esa sostenibilidad. Entonces, en este caso que estamos ahora con el tema de la Empresa de Acueducto, considero que es una de las entidades contratantes que más énfasis le hace a la gestión social y sobre todo a ese tema de la participación para que la Comunidad conozca y cuide toda la infraestructura que se instala y se deja en los territorios, pues para darle mayor sostenibilidad con el conocimiento de sus nombres y de todo lo demás, esto me parece que es una labor que hace bien la Empresa de Acueducto.

mmendezg: Tengo otra, Martha. Digamos, dentro del desarrollo de las obras, pues todos somos conscientes que se presentan diferentes dificultades. ¿Cómo se ha manejado y cómo se manejó, digamos en los proyectos donde las nuevas tecnologías por algún motivo crean una desestabilización digamos de terreno y esto influye dentro de las casas? ¿Cómo se ha manejado eso? ¿Es fácil, el manejo]? ¿Es muy complicado o simplemente la Comunidad espera que sea atendida, digamos sus quejas y reclamos ante estos impases que pueden producirse en las obras?

Martha C. Alba T.: Claro que sí. Estas situaciones pueden ocurrir; sin embargo, es muy

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

importante que, desde todo el equipo técnico y social, tanto del contratista y de la interventoría, así como de las entidades contratantes, garantizarles esa tranquilidad y seguridad a los usuarios, en el sentido que se encuentran fallos, se encuentran aspectos que a veces son imprevistos que como sabemos están fuera de control y que desde el equipo interdisciplinario se le da como esa tranquilidad al usuario.

Es decir, en la medida en que se tenga que estabilizar el área de intervención, el predio puede tener mayor garantía, porque lo primero que se debe estabilizar es la zona de intervención y al estabilizarla se está garantizando al usuario que se está mejorando una condición que era preexistente, que cuando se llega con la obra se identifica y al identificarla se le está diciendo, usted tiene esta problemática, pero luego de la intervención le va a quedar en mejores condiciones. Entonces esto de alguna manera, es como ese buen resultado que se da del trabajo interdisciplinario y obviamente de la entidad contratante.

mmendezg: Una vez terminada, digamos, una intervención desde el campo social, que es tu rama, nuevamente se hace acercamiento a la Comunidad. ¿Ellos qué te expresan ellos? ¿Qué dicen después de haber, digamos, tenido, no sé por durante un tiempo determinado, muchas acciones dentro de sus cuadras o dentro de su área de influencia? ¿Qué te expresan después de terminar la utilización de las nuevas tecnologías?

Martha C. Alba T.: Ingeniero el resultado ha sido muy positivo. De hecho, hace bastantes años, cuando recién llegó la tecnología sin zanja aquí a la ciudad, se tuvo esa primera intervención en un barrio ya construido, con muchos años, un barrio de 100 años, donde obviamente hacer cualquier tipo de intervención, pues era riesgoso para las edificaciones aledañas.

Sin embargo, cuando eran tuberías significativas, o sea tuberías de 1,20m de 1,60m de hasta de 2,10m que se instalaron sin zanja y el resultado fue muy positivo, o sea, las afectaciones fueron mínimas, escasamente a pesar de la antigüedad de esas edificaciones se presentaban algunas fisuritas y claro, después de finalizar las obras se hacen recorridos y acercamientos con la Comunidad para verificar el estado de los predios y se hace la verificación con el registro preliminar que se tiene de la identificación de sus inmuebles y las diferencias. O sea, la verdad

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

no, las diferencias no fueron significativas, adicionalmente, en términos de la recuperación del espacio público, éste se hace con entrega a los líderes y a las juntas de acción comunal y también los resultados fueron muy positivos.

El hecho de ver ya una infraestructura de alcantarillado sanitario y pluvial, ver mayor cantidad de sumideros, de pozos, mayor capacidad hidráulica y separar las redes; todo esto la Comunidad lo identifica y vio resultados muy positivos. Obviamente teniendo en cuenta que ellos también sabían que, para instalar una tubería de 2,0m de 2,10m, pues imagínense las zanjas que se tendrían que haber abierto, era muy complicado.

Al usar tecnología sin zanja con sus pozos de ingreso o sus lumbreras, que en esa época se llamaban de ingreso y de salida de las máquinas. La gente veía que el impacto disminuía considerablemente, por supuesto que el resultado fue muy satisfactorio para la Comunidad y pues para la entidad contratante al entregar este tipo de obras.

mmendezg: Listo, María Fernanda, eso es todo, ¿No? Antes sin darle muchas gracias a Martha por atender nuestra entrevista. Mil gracias.

Martha C. Alba T.: Con mucho gusto, ingeniero.

mGonzáleztu: Marthica. Muchas gracias, de verdad. Tus aportes son valiosos en el sentido en que tú tienes una perspectiva diferente a la técnica, que es la Comunidad, un tema social, un tema de Psicología y nos aportas bastantes cosas para nuestra Maestría. Como te digo, es un tema académico, para la UNIMINUTO. Para la maestría en Gerencia de la Innovación de Proyectos y pues muchas gracias, no sé si de pronto deseas aportar algo más.

Martha C. Alba T.: Pues con mucho gusto ingenieros, para eso estamos. Yo creo que lo que queda desde nuestra experiencia como profesionales es el poquito aporte que podamos hacer a las nuevas generaciones de nuestras experiencias y desde las cosas que uno se va encontrando en el desarrollo de su proceso. Entonces es muy interesante haberles podido aportar este pequeño granito. Muchas gracias por tenerme en cuenta y muchos éxitos en su trabajo.

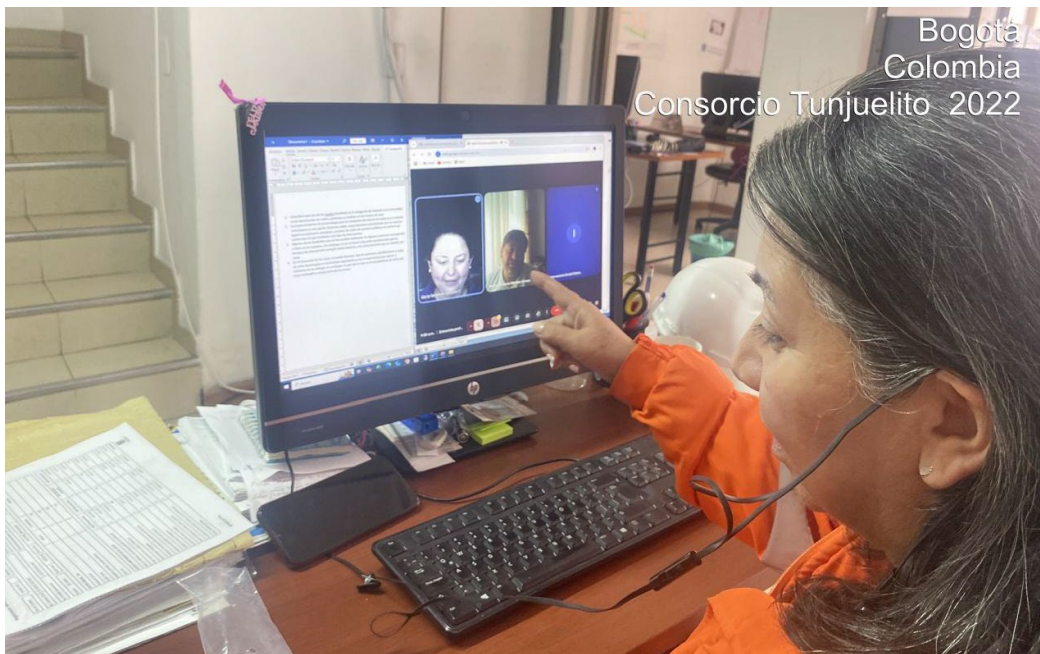
Tecnologías de instalación tubería sin zanja

mGonzáleztu: Muchas gracias.

mmendezg: Muchas gracias.

Martha C. Alba T.: Y no con gusto, bueno, hasta luego.

mGonzáleztu: Hasta luego.(Whisper, 2025)



Fotografía N°4. Evidencia de entrevista

Anexo N°11. Evidencias de trabajo en campo.

REGISTRO DE PILOTAJE EN BOGOTÁ	
	
Atención de la comunidad a los trabajadores SST SOCIAL para encuestas para muestra	Atención de la comunidad a los trabajadores SST SOCIAL para encuestas para muestra
	
Atención de la comunidad a los trabajadores SST SOCIAL para encuestas para muestra	Atención de la comunidad a los trabajadores SST SOCIAL para encuestas para muestra

REGISTRO DE PILOTAJE EN LA GUAJIRA	
	
Atención de la comunidad al trabajador SOCIAL para encuestas para muestra	Atención de la comunidad al trabajador SOCIAL para encuestas para muestra
 <p>2024-07-25 10:29:25 a. m. 24 - NE Comunidad Inf Guajira 2024 Comunidad: amanchon Municipio: Casora Codigo: 980010 Numero: 000000000045</p>	
Atención de la comunidad al trabajador SOCIAL para encuestas para muestra	Atención de la comunidad al trabajador SOCIAL para encuestas para muestra

Tecnologías de instalación tubería sin zanja

REGISTRO DE PERSONAL DE OBRA EN BOGOTÁ	
	
Encuesta al trabajador de obra.	Encuesta al trabajador de obra
	
Encuesta al trabajador de obra	Encuesta al trabajador de obra

REGISTRO DE PERSONAL DE OBRA EN LA GUAJIRA	
	
Encuesta al trabajador de obra.	Encuesta al trabajador de obra
	
Encuesta al trabajador de obra	Encuesta al trabajador de obra