



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Evaluación técnica y económica para el recambio de tuberías de  
alcantarillado comparando el método tradicional y el de cracking,  
Recuay, 2023

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE :**

**Ingeniero Civil**

**AUTOR:**

Bojorquez Maguiña Hugo William (orcid.org/0009-0006-6160-9751)

**ASESOR:**

Mg. Barrantes Mann, Luis Alfonso Juan (orcid.org/0000-0002-2026-0411)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

HUARAZ – PERÚ

2023

## **DEDICATORIA**

A mis seres queridos, quienes han sido nuestro apoyo incondicional a lo largo de esta ardua pero gratificante travesía. A mis familias, por su paciencia, comprensión y amor inquebrantable. A mis amigos, por su aliento y palabras de aliento en los momentos difíciles. A todos aquellos que creyeron en nosotros y nos impulsaron a seguir adelante, esta dedicatoria va para ustedes.

*Bojorquez Maguiña, Hugo William*

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, expresamos nuestro profundo agradecimiento a nuestros asesores y profesores, cuya sabiduría, guía y consejos fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo. Su experiencia y dedicación han sido una inspiración para nosotros.

A los habitantes de Recuay, quienes generosamente compartieron sus experiencias y opiniones sobre el sistema de alcantarillado. Su participación activa fue crucial para comprender la realidad local y enriquecer nuestra investigación.

Finalmente, mi agradecimiento a todos nuestros compañeros y amigos que nos brindaron su apoyo, consejos y palabras de aliento a lo largo de este proceso. Su amistad y compañerismo fueron un impulso constante que nos motivó a seguir adelante.

*Bojorquez Maguiña, Hugo William*



**Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, BARRANTES MANN LUIS ALFONSO JUAN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ, asesor de Tesis titulada: "EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL RECAMBIO DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO COMPARANDO EL MÉTODO TRADICIONAL Y EL DE CRACKING, RECUAY, 2023", cuyo autor es BOJORQUEZ MAGUIÑA HUGO WILLIAM, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

HUARAZ, 23 de Noviembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
BARRANTES MANN LUIS ALFONSO JUAN <b>DNI:</b> 07795005 <b>ORCID:</b> 0000-0002-2026-0411	Firmado electrónicamente por: ABARRANTESMA el 05-12-2023 17:16:39

Código documento Trilce: TRI - 0662998



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, **BOJORQUEZ MAGUIÑA HUGO WILLIAM** estudiante de la **FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA** de la escuela profesional de **INGENIERÍA CIVIL** de la **UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ**, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: **"EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA PARA EL RECAMBIO DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO COMPARANDO EL MÉTODO TRADICIONAL Y EL DE CRACKING, RECUAY, 2023"**, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
BOJORQUEZ MAGUIÑA HUGO WILLIAM DNI: 43848685 ORCID: 0009-0006-6160-9751	Firmado electrónicamente por: HUBOJORQUEZMA el 26-11-2023 21:30:20

Código documento Trilce: INV - 1392865

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR .....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR .....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	17
3.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	17
3.2. Variables y operacionalización.....	18
3.3. Población, muestra y muestreo .....	19
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	20
3.5. Procedimientos .....	21
3.6. Métodos de análisis de datos .....	22
3.7. Aspectos Éticos.....	22
IV. RESULTADOS .....	24
V. DISCUSIÓN .....	56
VI. CONCLUSIONES .....	60
VII. RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS.....	62
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cantidad de ensayos para evaluar el peso unitario .....	26
Tabla 2. Cerco perimétrico con alambre de púa .....	26
Tabla 3. Cerco perimétrico con malla olímpica .....	28
Tabla 4. Señalización medio ambiente temporal de seguridad .....	29
Tabla 5. Excavación de zanja manual.....	30
Tabla 6. Cama de apoyo para tubería e = 0.10 m. ....	30
Tabla 7. Relleno y compactado con material propio .....	32
Tabla 8. Eliminación del material excedente D = 30 m. ....	33
Tabla 9. Suministro e instalación de sistema de verificación.....	34
Tabla 10. Tubería PVC C-10 de ½" .....	35
Tabla 11. Instalación de tubería PVC SAP C-10 de ½".....	36
Tabla 12. Relleno y compactado con material propio .....	38
Tabla 13. Salida de desagüe con tubería de PVC SAL 4" .....	39
Tabla 14. Rendimiento (m3/día) del método tradicional .....	44
Tabla 15. APU de Excavación manual de Anjas h = 0.50 m.....	45
Tabla 16. APU de Tubería PVC SAP C-10 de ½" .....	45
Tabla 17. APU de Tubería PVC SAP C-10 de ½" .....	45
Tabla 18. APU de relleno y compactado con material propio .....	46
Tabla 19. Rendimiento (ml/día) método Cracking.....	46
Tabla 20. APU de relleno y compactado con material propio .....	47
Tabla 21. APU de Suministro e Instalación de Tubería HDPE 200 mm. ....	47
Tabla 22. APU de Camión Pluma.....	48
Tabla 23. APU de Generador Eléctrico .....	48
Tabla 24. APU de Equipo de Fragmentación.....	48
Tabla 25. APU de Relleno y compactado con material propio.....	49
Tabla 26. Comparativo de presupuesto de los métodos .....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Mapa de la zona de estudio.....	24
<i>Figura 2.</i> Plano de replanteo de alcantarillado .....	25

## RESUMEN

La investigación tuvo como finalidad realizar una valoración técnica y económica para el recambio de tuberías de alcantarillado comparando el método tradicional y el de cracking, Recuay, 2023. Se empleó la metodología de tipo aplicada, de nivel descriptiva comparativa y de diseño no experimental. La muestra estuvo conformada por el sistema de Agua Potable y Alcantarillado de la localidad de Tomapata. Los resultados encontrados son: El análisis técnico reveló el método "Cracking" es la alternativa más efectiva, los rendimientos obtenidos en comparación con el método tradicional respaldan, demostrando el "Cracking" es la opción más eficaz para la renovación del sistema de alcantarillado, ha probado su eficiencia en términos de costos y tiempos de ejecución. La comparación económica reveló que este último es más económico y rápido, el costo directo y el tiempo de ejecución estimados para el método de renovación "Cracking" fueron considerablemente menores en comparación con el método convencional, genera un impacto socioeconómico menor, generando un costo de S/ 59,467.14, con un tiempo de ejecución estimado a 5 días a comparación del método tradicional. En conclusión, la tecnología sin zanja "Cracking" es la opción más eficiente y rentable tanto para la construcción nueva como para la renovación y rehabilitación de redes existentes. Este método ha sido utilizado exitosamente en diversos países, permitiendo llevar a cabo las actividades relacionadas con los servicios subterráneos de la forma más rápida y a un mínimo costo económico.

**Palabras Clave:** Método Cracking, método tradicional, análisis técnico y económico, rendimiento.

## ABSTRACT

The objective of the research was to carry out a technical and economic evaluation for the replacement of sewerage pipes comparing the traditional method and the cracking method, Recuay, 2023. The applied type methodology, comparative descriptive level and non-experimental design was used. The sample consisted of the Drinking Water and Sewerage system of the town of Tomapata. The results found are: The technical analysis reveals the "Cracking" method is the most effective alternative, the yields obtained in comparison with the traditional method support, demonstrating the "Cracking" is the most effective option for the renovation of the sewerage system, it has demonstrated its effectiveness in terms of costs and execution times. The economic comparison revealed that the latter is cheaper and faster, the direct cost and the execution time estimated for the renewal method "Cracking" were lower compared to the conventional method, it generates a lower socioeconomic impact, generating a cost of S/ 59,467.14, with an estimated execution time of 5 days compared to the traditional method. In conclusion, trenchless "Cracking" technology is the most efficient and cost-effective option both for new construction and for the renovation and rehabilitation of existing networks. This method has been used successfully in various countries, allowing activities related to underground services to be carried out more quickly and at a lower economic cost.

**Keywords:** Cracking method, traditional method, technical and economic analysis, performance.

## **I. INTRODUCCIÓN**

En la provincia de Recuay, la falta de uso del método de cracking para el recambio de tuberías de alcantarillado presentaba una problemática que afectaba la condición de vida de los habitantes. En ese momento, la mayoría de las empresas y contratistas que realizaban labores de reemplazo de tuberías utilizaban el método tradicional de excavación, lo que generaba una serie de problemas que impactaban negativamente en la ciudad. El método de excavación tradicional implicaba la remoción de grandes cantidades de tierra, lo que generaba una serie de desechos y desechos que eran difíciles de manejar y podían generar daños ambientales. Además, el proceso de excavación era costoso, ya que requería de maquinaria pesada y una gran cantidad de trabajadores para realizar el trabajo.

Por otro lado, el método de cracking era una técnica innovadora y más amigable con el medio ambiente. Este método utilizaba una técnica de fractura controlada para reemplazar las tuberías sin la necesidad de excavación. En lugar de ello, se utilizaba una cabeza de perforación que rompía la tubería existente, creando un espacio para colocar la nueva tubería.

A pesar de las ventajas del método de cracking, en la ciudad de Recuay aún no se había adoptado esta técnica en la mayoría de los trabajos de reemplazo de tuberías de alcantarillado. La falta de adopción de esta técnica podía deberse a la falta de capacitación y educación en el uso de la misma, así como a la falta de inversión en tecnología y equipo para llevar a cabo estos trabajos. Esto afectaba la condición de vida de los habitantes, y las consecuencias eran diversas y podían tener un impacto negativo en la economía y el bienestar de la comunidad.

En el Perú, existieron problemas con el recambio de tuberías de alcantarillado utilizando el método tradicional y el de cracking. Las ciudades con un mayor número de habitantes y una infraestructura más antigua podían tener problemas más graves en el alcantarillado, ya que las tuberías se deterioraban con el tiempo y requerían reparaciones o reemplazos. En Lima, por ejemplo, se manifestaron inconvenientes en el sistema de alcantarillado debido a la comulación de residuos sólidos y la ausencia de mantenimiento. En otras ciudades como

Arequipa, Trujillo y Chiclayo, también se reportaron problemas en el alcantarillado, incluyendo la obstrucción de las tuberías y fugas de agua (Tamay, 2020).

En cuanto al método utilizado para el recambio de tuberías, era posible que se utilizara uno u otro según las exigencias y particularidades específicas de cada zona. Por ejemplo, en áreas de alta densidad urbana, el método de cracking podía haber sido más adecuado para reducir el impacto en el tráfico y las actividades comerciales, mientras que en zonas más rurales o alejadas podía haber sido más viable utilizar el método tradicional (Krebs, 2020).

En Ecuador, la falta de uso del método cracking para el recambio de tuberías de alcantarillado fue una problemática que generó múltiples inconvenientes en el sistema de saneamiento básico. Este método, que consistía en la fractura controlada de la tubería existente para reemplazarla por una nueva sin tener que excavar la calle, había sido utilizado en otros países con éxito, sin embargo, en Ecuador no se implementó de manera generalizada. La falta de conocimiento y capacitación en esta técnica por parte de las autoridades y empresas encargadas de la gestión del alcantarillado, así como la ausencia de inversión en infraestructura y tecnología, fueron algunas de las primordiales razones de esta problemática. La falta de uso del método cracking para el recambio de tuberías de alcantarillado en Ecuador seguía generando altos costos económicos y ambientales, así como problemas de salud pública, que podrían haber sido evitados con su implementación adecuada (Celi, 2018).

De acuerdo con la problemática descrita anteriormente se planteó la siguiente pregunta de la investigación, **problema general:** ¿Cómo realizar la evaluación técnica y económica para el recambio de tuberías de alcantarillado comparando el método tradicional y el de cracking, Recuay, 2023?, **problemas específicos:** ¿Cómo realizar la evaluación técnica para el recambio de tuberías de alcantarillado comparando el método tradicional y el de cracking, Recuay, 2023?, ¿Cómo realizar la evaluación económica para el recambio de tuberías de alcantarillado comparando el método tradicional y el de cracking, Recuay, 2023?

**Justificación social:** Es una necesidad urgente para garantizar la tranquilidad de los habitantes. La falta de mantenimiento y la obsolescencia del sistema de alcantarillado en Recuay habían generado problemas graves como inundaciones, obstrucciones, malos olores y riesgos para la salubridad de las personas. En consecuencia, el estudio era importante, ya que la evaluación técnica permitía determinar las condiciones específicas de las tuberías, la infraestructura existente y las limitaciones del terreno, lo que ayudaba a determinar la viabilidad de cada método. Asimismo, la evaluación económica permitía comparar los costos de cada método y determinar cuál era la opción más rentable a largo plazo para la comunidad. Esto contribuía a la tranquilidad y la salud de los pobladores y a la optimización de los recursos públicos en infraestructura sanitaria.

**Justificación práctica:** La investigación es importante porque permitía determinar cuál era el método más eficiente y efectivo en términos técnicos y económicos para el recambio de tuberías de alcantarillado en la ciudad de Recuay. Además, el estudio proporcionaba información relevante para la toma de decisiones en la planificación y gestión del mantenimiento de la red de alcantarillado, lo que permitía modernizar la calidad del servicio de saneamiento en la ciudad.

**Justificación metodología:** La investigación contó con una metodología rigurosa y sistemática, que permitió obtener resultados objetivos y confiables sobre la evaluación técnica y económica para el recambio de tuberías de alcantarillado, comparando el método tradicional y el de cracking, en la localidad de Recuay.

Por consiguiente se propusieron los objetivos de la investigación, **objetivo general:** Realizar una evaluación técnica y económica para el recambio de tuberías de alcantarillado comparando el método tradicional y el de cracking, Recuay, 2023, **objetivos específicos:** Realizar una evaluación técnica para el recambio de tuberías de alcantarillado comparando el método tradicional y el de cracking, Recuay, 2023, realizar una evaluación económica para el recambio de

tuberías de alcantarillado comparando el método tradicional y el de cracking, Recuay, 2023.

Y por último la **hipótesis de la investigación**: La evaluación técnica y económica para recambio de tuberías de alcantarillado mediante el método de cracking fue más efectiva y rentable que el método tradicional en Recuay en 2023.

## II. MARCO TEÓRICO

En cuanto al sustento teórico, se ha estudiado y tomado en consideración para los siguientes estudios previos:

En el contexto nacional, Yataco (2021) en su estudio de investigación cuyo objetivo fue diagnosticar las consecuencias del uso del Método Cracking como alternativa para la renovación de tuberías de Agua Potable y Alcantarillado. Empleó como metodología de tipo aplicada y de nivel descriptiva no experimental. Los resultados mostraron que, para el tratamiento de agua potable y alcantarillado, el movimiento de tierras representó solo el 14,08% y el 24,65% del 100% representado por el método tradicional, y se obtuvo un menor costo de 7,07% considerando la vida útil de cada tipo de tubería (agua) y 4,28% (aguas servidas), que podía variar según el método de craqueo y las tuberías de HDPE. En comparación con los métodos tradicionales, el costo directo fue de 17,43% para agua potable y 25,15% para aguas servidas. En conclusión, la aplicación del método de craqueo como solución de recambio para tuberías de agua potable y alcantarillado tuvo buenos resultados, puesto que el método tenía como ventaja acortar el tiempo de ejecución, reducir los costos presupuestarios directos y aumentar la producción.

Siguiendo a Pérez (2020) en su estudio cuyo objetivo fue diagnosticar las ventajas entre el método tradicional y el cracking para el cambio de tuberías de agua y desagüe. Empleó la metodología cualitativa de tipo descriptiva. Los resultados mostraron que el método de ruptura podía tener un buen impacto ambiental, ya que podía reducir la cantidad de excavación de zanjas abiertas a lo largo del reemplazo de la tubería hasta en un 80%; además, la misma práctica podía reducir el ruido, la formación de polvo y el acopiamiento de desechos al renovar la tubería. En conclusión, la implementación del método de ruptura en la rehabilitación y reparación de conducciones de agua y alcantarillado había demostrado ser altamente ventajosa. Este método había demostrado una notable eficacia y eficiencia en todos los proyectos examinados, lo que había resultado en una reducción sustancial de la duración del trabajo, hasta en un 60%, en comparación con el enfoque convencional.

Asimismo, Carhuallanqui (2021) en su estudio cuyo objetivo fue establecer las diferencias técnicas y económicas entre las opciones para el reemplazo de tuberías de red de alcantarillado. Empleó el tipo de estudio aplicado de nivel descriptivo comparativo. Los resultados mostraron que las diferencias técnicas entre el método de construcción tradicional y la construcción con rotura de tubería confirmaron que la tecnología sin zanjas "rotura de tubería" era la opción más efectiva para la renovación del sistema de alcantarillado. El costo directo en que incurrió el "método tubería reventada" fue de aproximadamente 75,614.68 soles con un tiempo estimado de ejecución de 6 días, en comparación con los costos directos en que incurrió el método tradicional de zanja abierta de 107,579.78 soles con un tiempo estimado de ejecución de 7 días, lo que representó un costo económico diferencia entre los dos. La conclusión fue que la tecnología sin zanja "burst pipe", que había sido demostrada en países de todo el mundo, permitía realizar todas las actividades relacionadas con la mejora y rehabilitación de instalaciones subterráneas en un menor tiempo y con un menor coste económico.

A nivel internacional, Salazar (2022) en su estudio pretendía generar una herramienta para la toma de decisiones a partir de un análisis integral técnico, ambiental, social y de costos a través de una matriz multicriterio para determinar qué método constructivo era el más factible y efectivo en la instalación de la red de tuberías de alcantarillado. Como metodología se basó en el análisis y resultados de las encuestas. Los resultados mostraron que en Colombia cada vez se tendía a usar la tecnología sin zanjas, esto debido a los grandes impactos que se tenían en el método convencional. Existía una tendencia creciente hacia el uso de técnicas sin zanjas debido al gran impacto de los métodos tradicionales. La aplicación de las técnicas sin zanjas era variada y dependía de factores como el diámetro, las propiedades del suelo y los materiales de red existentes. Por lo tanto, era imposible hablar de tipos de tecnología estándar o particularmente convenientes. En conclusión, se destacaba que las personas encargadas de evaluar en la matriz multicriterio debían ser expertas en el tema o área a evaluar, ya que, de lo contrario, era posible tomar decisiones erróneas debido a la falta de experiencia o conocimiento en el tema.

De igual forma, Montañez y Maldonado (2019) en su estudio cuyo objetivo fue realizar una recopilación de metodologías para el diseño de sistemas de construcción sin zanja de las técnicas Auger Boring y excavación Horizontal Dirigida. Emplearon el diseño metodológico de tipo aplicada. Los resultados mostraron que la perforación horizontal dirigida era una técnica con claras ventajas para instalar tuberías, conductos o cables en entornos urbanos y era adecuada para tuberías de todos los diámetros, con longitudes de perforación que superaban fácilmente el kilómetro. Sin embargo, para garantizar su éxito en términos de rendimiento y seguridad, esta tecnología requería un alto grado de experiencia, incluida la selección del equipo adecuado, la gestión del sistema de guiado y el mantenimiento del equipo. En conclusión, las tecnologías sin zanjas eran bastante amplias y ofrecían parámetros de diseño comunes adaptados a las necesidades de los países en los que se desarrollaban.

En cuanto a los artículos científicos internacionales, Andía et al. (2020) en su estudio, tuvieron como objetivo establecer metodologías apropiadas para evaluar proyectos de inversión relacionados con el saneamiento, incluyendo intervenciones de agua potable en conjunto con el tratamiento de aguas residuales. Utilizaron como metodología el alcance descriptivo y el análisis documental. Como resultado, de un total de 13 proyectos de inversión en el sector salud aprobados a nivel distrital, 9, o el 69% del total, se refirieron a temas relacionados con enfermedades infecciosas y parasitarias planteadas en las directrices de 2007 y 2011. De los 12 proyectos de inversión en el área de la salud aprobados por los gobiernos locales, 11 mencionaron los temas relacionados con enfermedades infecciosas y parasitarias planteadas en las directrices de 2007 y 2011, lo que representó el 92% del total. Se concluyó que la evaluación de proyectos de agua potable y alcantarillado en el sector salud debía tener un enfoque integrado, utilizando un único flujo de caja, resumiendo todos los impactos generados y aplicando un análisis de costo-beneficio.

Del mismo modo, Zhou et al. (2022) en su estudio cuyo objetivo fue comparar el rendimiento de dos tipos de modelos clásicos de detección de objetos, a saber, R-CNN más rápido y YOLO\_v2 en términos de su precisión de predicción y velocidad de procesamiento. Los resultados mostraron que en general, R-CNN

más rápido logró una mayor precisión de predicción de acuerdo con los valores medios. En lo que respecta a la parametrización, el tamaño del conjunto de datos de entrenamiento tuvo impactos esenciales en el rendimiento del modelo de la R-CNN más rápida. En cuanto al YOLO\_v2, el MaxE tuvo una contribución dominante a su precisión de predicción. En cuanto a la velocidad de procesamiento, el costo de cálculo aumentó junto con el aumento de los datos de entrenamiento para el R-CNN más rápido. En conclusión, el tiempo de procesamiento para el YOLO\_v2 no varió significativamente durante toda la simulación. Por lo tanto, se concluyó que existía una compensación entre la precisión de detección y el costo de cálculo entre los dos tipos de modelos.

Como también, Perdomo (2022) en su estudio, cuyo objetivo fue realizar un análisis comparativo del impacto en la huella de carbono de la instalación de tuberías en zanjas abiertas y los métodos de perforación con barrenos piloto y tuberías piloto. Utilizó un diagrama de flujo de método para el estudio. Los resultados mostraron que la instalación en zanja abierta produjo menos contaminantes que las técnicas de tubería guiada y tubería piloto, principalmente debido al mayor tiempo de instalación, la necesidad de construir pozos de rescate para los equipos y la gran cantidad de mortero inyectado. Se realizaron las investigaciones necesarias para fundamentar la hipótesis de investigación. En conclusión, la comparación de los resultados de las descargas contaminantes in situ con los obtenidos por la calibración del modelo arrojó una diferencia promedio del 7,69% para el sistema de guía y tubo piloto T y del 1,12% para el canal abierto, lo que también confirmó la calibración del modelo, así como la distribución estadística empleada.

Kaushal y Najafi (2020) en su estudio tuvieron como objetivo revisar estudios previos sobre el método de renovación CIPP y el reemplazo de tuberías al aire libre, y compararon la construcción y el costo de la renovación de tuberías de alcantarillado sanitario de diámetro pequeño, mediano y grande mediante un análisis estadístico. Utilizaron cuatro fuentes de metodología para recopilar datos de costos de construcción para modernizaciones CIPP y edificios abiertos. Encontraron que el costo promedio de construcción para la renovación con CIPP fue un 57%, 63% y 18% más bajo que el de la renovación a cielo abierto para

tuberías de aguas residuales domésticas de diámetro pequeño, mediano y grande, respectivamente. En conclusión, los municipios podían ahorrar millones de dólares en costos de renovación de servicios públicos subterráneos utilizando el método CIPP. Recomendaron un análisis del costo del ciclo de vida para evaluar y comparar los costos de construcción, ambientales y sociales del enfoque de modernización del CIPP y el enfoque de reemplazo a cielo abierto.

Wang et al., (2022) en su estudio tuvieron como objetivo describir las técnicas disponibles para monitorear y detectar defectos en las tuberías de alcantarillado. El resultado fue una tecnología avanzada de inspección visual que utilizaba inteligencia artificial para identificar y clasificar automáticamente las grietas. La desventaja era que la evaluación cuantitativa era difícil y solo se podía identificar la superficie. Las técnicas acústicas y láser demostraron su eficacia en la detección cuantitativa de defectos como grietas, delaminación o adelgazamiento. Sin embargo, estas técnicas eran limitadas en la práctica porque consumían mucho tiempo en las pruebas de cepas. La implementación de la automatización podía abordar esta deficiencia. La detección de fugas solo era aplicable a tuberías no metálicas, la detección de fugas de flujo magnético solo era aplicable a tuberías metálicas magnetizables, y la precisión de la ubicación de la falla y la evaluación cuantitativa eran deficientes. En conclusión, con el desarrollo de la tecnología y la competencia comercial, era previsible que los robots de inspección de tuberías equipados con múltiples tecnologías fueran más asequibles en el futuro.

Tan et al. (2021) tenían como objetivo proponer un método mejorado basado en CNN You Only Look Once Version 3 (YOLOv3) para la detección automática de defectos en las tuberías de alcantarillado. Utilizaron métodos experimentales. Los resultados mostraron que los métodos mejorados de función de pérdida, expansión de datos, predicción de cuadros delimitadores y arquitectura de modelos tuvieron diferentes impactos positivos en el rendimiento de los modelos de detección de errores. En primer lugar, la función de pérdida existente en YOLOv3, si no había superposición entre el cuadro delimitador predicho y la verdad fundamental, el aprendizaje no podía continuar, y cuando el IoU era el mismo, no se podía distinguir el cuadro mejor predicho. En conclusión, la

detección temprana de fallas en el alcantarillado subterráneo podía comprometer su función de utilidad. La detección manual de fallas en las inspecciones de CCTV requería mucho tiempo y era tediosa, y los resultados podían ser subjetivos debido a varios factores.

Respecto a la fundamentación científica, según Zhang et al. (2021) indicaron que la evaluación técnica se centraba en examinar la factibilidad técnica del proyecto, analizando aspectos como la viabilidad del diseño, la disponibilidad y calidad de los recursos necesarios, los impactos ambientales y sociales, la seguridad y el cumplimiento de las normativas aplicables. Este análisis técnico tenía como objetivo asegurar que el proyecto pudiera ser ejecutado de manera efectiva y exitosa, cumpliendo con los estándares de calidad y funcionalidad requeridos.

Por otro lado, Alao et al. (2022) indicaron que la evaluación económica se enfocó en analizar los aspectos financieros y económicos del proyecto. Esto implicó estimar los costos de inversión, los costos operativos y de mantenimiento, así como los ingresos y beneficios esperados. Se evaluó la rentabilidad del proyecto, considerando factores como la recuperación de la inversión, el flujo de efectivo, el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y otros indicadores financieros. El análisis económico buscó determinar la viabilidad financiera del proyecto, considerando los aspectos económicos a corto y largo plazo.

Herrera y Naranjo (2019) mencionaron que el sistema de alcantarillado era una infraestructura esencial en cualquier área urbana, ya que se encargaba de la recolección y transporte de aguas residuales y pluviales hacia una estación de tratamiento o una descarga adecuada. En ese sentido, resultaba fundamental para la salud pública, la protección del medio ambiente y el bienestar social. Por esa razón, el trabajo se enfocó en la elaboración de una tesis sobre sistemas de alcantarillado. Un sistema de alcantarillado constaba de una serie de tuberías, pozos de inspección y estaciones de bombeo que se encargaban de la recolección de aguas residuales y pluviales en una zona urbana. El funcionamiento de este sistema se basaba en la gravedad, la cual permitía que el agua fluyera por las tuberías hacia los puntos más bajos, y en los sistemas de bombeo, que impulsaban el agua cuando la topografía no permitía el flujo natural.

De acuerdo con Conejeros et al. (2021), los sistemas de agua potable eran esenciales para garantizar el acceso al agua potable en áreas urbanas y rurales, y para proteger la salud pública y el medio ambiente. El diseño, construcción, operación y mantenimiento de estos sistemas requerían de una planificación detallada y la aplicación de criterios técnicos que garantizaban su eficiencia y sostenibilidad en el tiempo. Por lo tanto, la elaboración de una tesis sobre sistemas de agua potable pudo contribuir al conocimiento y mejora de estos sistemas, así como al desarrollo de políticas públicas más efectivas en esta materia.

Acotando lo mencionado anteriormente, el estudio se sostuvo con **teorías** como, la teoría del **policloruro de vinilo o más conocido como PVC** está conformado por polímeros (plástico) utilizados ampliamente en la creación de tuberías para una variedad de aplicaciones, incluyendo alcantarillado. El PVC es conocido por ser resistente, duradero y económico, generando popularidad entre los sistemas de alcantarillado modernos, asimismo, es un polímero termoplástico que fue descubierto en el siglo XIX, para inicios del siguiente siglo se desarrollaron métodos de fabricación adecuados. Finalizando este periodo, los fabricantes comenzaron a investigar y desarrollar el PVC como material para sistemas de alcantarillado, además el PVC demostró ser un material resistente a la corrosión, liviano y fácil de manejar, lo que lo convirtió en una alternativa atractiva a las tuberías de hierro fundido y concreto utilizadas en ese momento tiempo, también se produjeron avances significativos en la tecnología de fabricación de tuberías de PVC. Finalmente estos avances incluyeron mejoras en la resistencia y la durabilidad del material, así como en los sistemas de acoplamiento y sellado, convirtiéndose en una de las opciones más populares en ese ámbito (Makris, Langeveld y Clemens, 2019).

**Teoría de las tuberías PVC.** – Las tuberías de plástico fueron ampliamente utilizados en diseños y construcciones de los alcantarillados debido a su resistencia, durabilidad y economía, asimismo, por el siglo XX, el PVC experimentó un desarrollo significativo como material para sistemas de alcantarillado, superando a las opciones tradicionales de hierro fundido y concreto, además estos avances tecnológicos mejoraron su resistencia,

durabilidad y capacidad de carga, y se establecieron normativas y estándares para garantizar su calidad y seguridad; es por ello que hoy en día, las tuberías de PVC son la elección común en proyectos de alcantarillado residenciales, comerciales e industriales en todo el mundo debido a sus ventajas técnicas y económicas, siendo resistentes a la corrosión, livianas y de bajo mantenimiento, con una instalación relativamente sencilla (Ramos et al., 2021).

**Teoría de los sistemas de alcantarillado.** – Son infraestructuras diseñadas para la acopiada y eliminación segura de aguas de cualquier tipo en áreas urbanas, mientras que los que se encargan del agua potable respecto a la distribución son otros sistemas, agua exclusiva para el consumo humano y otras necesidades domésticas, por otra parte, el sistema de alcantarillado recoge aguas residuales de hogares, industrias y negocios, y en ocasiones las lleva a plantas de tratamiento antes de su liberación en el medio ambiente. También gestiona aguas pluviales para prevenir inundaciones; desde otro punto, el sistema de agua potable captura, trata y distribuye agua desde fuentes naturales a través de una red de tuberías para su consumo, además ambos sistemas son esenciales en la vida cotidiana, y requieren mantenimiento y cumplimiento de regulaciones para garantizar la seguridad y la eficiencia (Castro et al., 2022).

La **Teoría del Recambio de Tuberías por el Método Tradicional.** – Consiste en reemplazar sistemas de tuberías, como las de alcantarillado, utilizando prácticas convencionales de construcción, como la excavación a cielo abierto y materiales tradicionales como hierro fundido o concreto, sin embargo, este enfoque puede ser económicamente viable en algunas situaciones, tiene limitaciones, incluida una mayor intrusión, tiempo y recursos necesarios, y mayores interrupciones en las comunidades locales, puesto que en un mundo donde se buscan soluciones más eficientes y menos invasivas, es importante considerar métodos de reemplazo de tuberías más modernos y tecnológicos para optimizar los resultados (Obradović, Šperac y Marenjak, 2023).

La **Teoría del Recambio de Tuberías por el Método de Cracking** se refiere a una estrategia de reemplazo de tuberías de alcantarillado que utiliza técnicas de fractura o "cracking" para instalar nuevas tuberías dentro de las existentes sin la

necesidad de una excavación a gran escala, además este método implica la inserción de una nueva tubería dentro de la tubería antigua y la ruptura de la tubería original a medida que se despliega la nueva, de esa manera puede minimizar las interrupciones en las comunidades, reducir los costos de excavación y acelerar el proceso de reemplazo de tuberías; sin embargo, este enfoque puede tener limitaciones en términos de nivel en que soporta y dimensión de las tuberías que se pueden reemplazar mediante este método; por lo tanto, su aplicabilidad puede variar según las circunstancias específicas y las necesidades del proyecto (Tovar, Valero y Cepeda, 2021).

Por otro lado, tenemos como **enfoques conceptuales**, tenemos el siguiente **proceso constructivo** se puede definir como el conjunto de acciones y operaciones que se llevan a cabo durante la construcción de un edificio o estructura, desde la preparación del terreno hasta la finalización de la obra. Este proceso implica la coordinación y el trabajo conjunto de diferentes agentes, tales como arquitectos, ingenieros, contratistas, obreros y proveedores, entre otros (Díaz y Rivera, 2015).

El **proceso constructivo**, es fundamental en el desarrollo de cualquier proyecto arquitectónico, ya que se encarga de materializar y dar forma a las ideas y conceptos que se han plasmado en el diseño. Por tanto, resulta de gran importancia analizar y comprender el proceso constructivo para poder garantizar la calidad y eficiencia en la ejecución del proyecto (Leandro, 2017).

En cuanto a la **planificación y programación de la obra**, es fundamental realizar un plan detallado que contemple el tiempo y los recursos necesarios para llevar a cabo la construcción. Esto implica la definición de las etapas y fases del proyecto, la estimación de los costos y el control del presupuesto, así como la gestión de los recursos humanos y materiales necesarios. La gestión de riesgos es un aspecto crucial en el proceso constructivo, ya que la construcción de un edificio o estructura implica una serie de riesgos y peligros para las personas involucradas en la obra. Es fundamental realizar una evaluación de riesgos y establecer medidas de prevención y control para minimizar los posibles accidentes y daños en la obra (Leandro, 2017).

El **rendimiento** se puede definir como la cantidad de trabajo que se realiza en un determinado tiempo, mientras que los costos son los gastos necesarios para llevar a cabo el proyecto. Por tanto, el rendimiento y los costos están íntimamente ligados, ya que el rendimiento se traduce en un mayor aprovechamiento de los recursos y una reducción de los costos (Montesinos, 2019).

En cuanto a la **planificación y programación de la obra**, es fundamental realizar un plan detallado que contemple el tiempo y los recursos necesarios para llevar a cabo la construcción. Esto implica la definición de las etapas y fases del proyecto, la estimación de los costos y el control del presupuesto, así como la gestión de los recursos humanos y materiales necesarios (Santelices et al., 2019).

De acuerdo con Villagra (2018) la gestión de los recursos es un aspecto clave en la relación entre el rendimiento y los costos, es necesario conocer las características de los recursos disponibles, sus propiedades mecánicas y físicas, así como sus ventajas y desventajas en función del tipo de proyecto. La gestión eficiente de los recursos permitirá un mayor rendimiento y una reducción de los costos. En cuanto a la optimización de procesos, es fundamental analizar y mejorar los procesos de construcción, identificando las posibles ineficiencias y estableciendo medidas para su corrección. Esto permitirá mejorar el rendimiento y reducir los costos en la obra.

La **gestión del tiempo** es otro aspecto fundamental en la relación entre el rendimiento y los costos, ya que el tiempo es un recurso valioso en cualquier proyecto de construcción. Es necesario establecer medidas para la gestión del tiempo, como la definición de plazos y la programación de actividades, con la finalidad de perfeccionar el rendimiento y disminuir los costos. La calidad es un aspecto clave en la relación entre el rendimiento y los costos. La calidad se relaciona directamente con el rendimiento, ya que una mayor calidad en la construcción se traduce en una mayor durabilidad y reducción de los costos de mantenimiento. Por tanto, es fundamental establecer medidas para garantizar la calidad en la construcción, como el control de calidad y la selección de materiales de calidad (Villagra, 2018).

El **impacto ambiental** se refiere al impacto positivo y negativo de una actividad sobre el medio ambiente. En el caso de las edificaciones, los impactos ambientales pueden manifestarse a través de transmisiones de vapores de efecto invernadero, generación de residuos y emisiones, alteración de suelos y fauna, contaminación sonora y visual, etc (Cluzel et al., 2020).

La **gestión del agua** es otro aspecto fundamental en el impacto ambiental de la construcción. Es necesario implementar medidas para disminuir el agotamiento de agua en la construcción y gestionar adecuadamente el agua utilizada en la construcción. Esto implica la utilización de tecnologías y materiales que aprueben reducir el consumo de agua y la implementación de sistemas de gestión de aguas residuales (Manisalidis et al., 2020).

**Reducir la huella de carbono** es un aspecto clave del impacto ambiental de una construcción. Es indispensable desarrollar métodos para aminorar las transmisiones de vapores de efecto invernadero durante la construcción y posterior uso de los edificios, lo que significa que el uso puede reducirse (Clark et al., 2022).

El **recambio de tuberías de alcantarillado** es una tarea crítica para el mantenimiento y el buen funcionamiento de la infraestructura urbana. Dado que el alcantarillado es un elemento esencial para el procedimiento y la evacuación de aguas residuales, cualquier falla en la red puede tener consecuencias graves para la salud de las personas y el medio ambiente. En este sentido, la elección del método de recambio de tuberías es crucial para asegurar que la infraestructura cumpla con su función adecuadamente (Ramos et al., 2021).

Existen diferentes **métodos para el recambio de tuberías de alcantarillado**, siendo los más comunes el método tradicional y el de cracking. El método tradicional implica la excavación del terreno para retirar la tubería antigua y colocar una nueva, mientras que el método de cracking consiste en la introducción de un cabezal rompedor en la tubería antigua para fracturarla y reemplazarla por una nueva.

En cuanto al **método tradicional**, este método se ha utilizado desde hace décadas y es considerado como el más convencional. Consiste en la excavación

del terreno para retirar la tubería antigua y colocar una nueva en su lugar. Entre las ventajas de este método se encuentra la posibilidad de inspeccionar y reparar otros elementos del alcantarillado, como las conexiones y las distribuciones de apoyo, a lo largo del proceso de recambio. Además, esto permite la utilización de tuberías de mayor diámetro que las utilizadas en el método de cracking (Zhang et al., 2023).

Sin embargo, el **método tradicional** tiene también desventajas importantes, en primer lugar, la excavación puede generar una interrupción significativa en el tráfico y las actividades urbanas, especialmente en zonas densamente pobladas. Además, el proceso de excavación puede generar grandes cantidades de escombros y residuos, lo que puede tener un efecto perjudicial en el medio ambiente y en la salud de la sociedad. Por último, el método tradicional puede ser más costoso y requerir más tiempo para completarse que el método de cracking (Manisalidis et al., 2020)

Por otro lado, el **método de cracking** es una técnica más reciente que se ha manejado en los actuales años. Este método se sustenta en la introducción de un cabezal rompedor en la tubería antigua para fracturarla y reemplazarla por una nueva. Entre las ventajas de este método se encuentra la posibilidad de realizar el recambio de tuberías sin necesidad de excavación, lo que reduce el impacto en el tráfico y las actividades urbanas. Además, el método de cracking puede ser más rápido y menos costoso que el método tradicional (Zhu et al., 2021).

Sin embargo, el **método de cracking** también tiene desventajas importantes. En primer lugar, la técnica no permite la inspección y reparación de otros elementos del alcantarillado durante el transcurso de recambio. Además, la técnica puede generar algunos impactos ambientales negativos, como el ruido y la vibración durante el fracturamiento del elemento antiguo. Además, el método de cracking está limitado en cuanto al diámetro de las tuberías que se pueden reemplazar (Khalifa y Aboutabl, 2014).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y Diseño de Investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación:**

El presente estudio fue de tipo aplicado, según Hernández et al. (2014), la investigación aplicada se enfocó en resolver problemas prácticos o situaciones específicas en un contexto determinado, mediante la utilización de conocimientos y técnicas científicas, tenía un enfoque práctico y su objetivo principal era la aplicación de los resultados obtenidos en la solución de problemas concretos en la vida real. El objetivo de la investigación fue evaluar técnica y económicamente dos métodos diferentes de recambio de tuberías de alcantarillado. Esto implicó que el estudio se centraba en un problema real y buscaba encontrar soluciones prácticas y viables para una situación concreta.

##### **3.1.2. Diseño de investigación:**

La investigación fue de diseño no experimental ya que no manipuló las variables independientes, sino que las observó tal y como se presentaban en la realidad, se enfocó en describir, explorar y explicar los fenómenos tal y como se presentaban en la realidad, sin intervenir en su desarrollo o manipular las variables, el investigador recopiló datos mediante la observación, la encuesta o la entrevista, y los analizó para obtener conclusiones acerca del fenómeno que se estaba estudiando. La investigación propuesta se ajustó a un enfoque no experimental, ya que se basó en la observación y evaluación de métodos existentes sin manipular variables o implementar un nuevo método. La investigación se enfocó en recopilar y analizar datos existentes en un contexto real, lo que respaldó su clasificación como no experimental (Hernández y Mendoza, 2018).

##### **Nivel de investigación:**

El nivel de la investigación fue descriptiva comparativa. Según Hernández et al. (2014), la investigación descriptiva comparativa era un tipo de investigación que se enfocaba en describir y comparar dos o más variables o fenómenos para poder identificar similitudes, diferencias o relaciones entre ellas. La investigación se centró en evaluar técnica y económicamente los dos métodos de recambio de

tuberías. Esto implicó describir las características y el rendimiento de cada método en términos de eficiencia, durabilidad, costo, tiempo de instalación, impacto ambiental, entre otros aspectos relevantes. El enfoque consistió en proporcionar una descripción detallada de las diferencias y similitudes entre los dos métodos.

### **3.2. Variables y operacionalización**

**Independiente:** Evaluación técnica y económica

- **Definición conceptual:**  
El proceso de evaluación técnica abarca el examen y la evaluación de los diversos componentes técnicos de un proyecto, que incluye estándares de ingeniería, diseño, tecnología y calidad. Su finalidad es conocer la viabilidad del proyecto desde el punto de vista técnico. Por el contrario, la evaluación económica implica el análisis de los costos y beneficios del proyecto. Esto incluye evaluar los costos de inversión, los gastos operativos y de mantenimiento, así como los ingresos y beneficios proyectados. Su objetivo es determinar la viabilidad económica y la rentabilidad del proyecto (Villagra, 2018).
- **Definición operacional:**  
La evaluación técnica y económica es un proceso sistemático y riguroso de análisis y evaluación de proyectos, productos o servicios que involucra la revisión detallada y la comparación de los aspectos técnicos y económicos de diferentes alternativas.

**Dependiente:** Recambio de tuberías de alcantarillado comparando el método tradicional y el de cracking

- **Definición conceptual:** se refiere al proceso de sustitución de tuberías viejas o dañadas por nuevas para garantizar la eficiencia y la calidad del sistema de alcantarillado, existen dos métodos principales para el recambio de tuberías de alcantarillado: el método tradicional y el método de cracking. El método tradicional implica la excavación manual de zanjas en la calle para acceder a las tuberías existentes, retirarlas y reemplazarlas por nuevas, este método es considerado como el más

común pero también el más invasivo y costoso. En cambio, el método de cracking utiliza una técnica sin zanja en la que se inserta una herramienta especial a través de la tubería existente y se rompe la tubería vieja para crear un espacio para la nueva tubería, este método es menos invasivo y más económico (Krebs, 2020).

- Definición operacional: El recambio de tuberías de alcantarillado es un proceso importante que se lleva a cabo para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de alcantarillado. Existen dos métodos principales para llevar a cabo este proceso: el método tradicional y el método de cracking. Se va a determinar el método más adecuado para el recambio de tuberías de alcantarillado, considerando varios factores, incluyendo el costo total del proyecto, el tiempo necesario para completar el trabajo, los impactos en la comunidad y el medio ambiente, y la calidad y durabilidad de las tuberías instaladas.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1. Población:**

En el estudio realizado por Hernández et al. (2014) el concepto de población de investigación se define como la colección completa de elementos, individuos, objetos o eventos que poseen una o más características compartidas y sirven como punto focal de la investigación. Esencialmente, la población representa todo el ámbito de estudio en un proyecto de investigación y abarca todas las entidades que poseen las características específicas que se examinan. Para efectos de este estudio en particular, la población de interés estuvo conformada por el sistema de agua potable y alcantarillado ubicado en el distrito de Ticapampa dentro de la provincia de Recuay.

#### **3.3.2. Muestra:**

Según Hernández et al. (2014) la muestra es un subconjunto representativo de la población que se selecciona de manera aleatoria o siguiendo algún criterio establecido previamente, y que se utiliza para realizar inferencias acerca de la población en cuestión. La muestra de la investigación estuvo constituida por el sistema de agua potable y alcantarillado de la localidad de Tomapata.

### **3.3.3. Muestreo:**

El muestreo no probabilístico por conveniencia implica la selección de participantes que están fácilmente disponibles o que responden a una invitación a participar en la investigación, sin utilizar un proceso de selección aleatorio o sistemático y sin preocuparse por la representatividad de la muestra o la generalización de los resultados (Hernández y Mendoza, 2018). El muestreo que se utilizó en la investigación es el muestreo no probabilístico por conveniencia.

### **3.3.4. Unidad de análisis:**

En esta investigación, las tuberías de alcantarillado fueron el objeto de estudio principal, el análisis se enfocó en evaluar técnica y económicamente dos métodos diferentes de recambio de tuberías: el método tradicional y el método de cracking. Por lo tanto, las tuberías y los sistemas de recambio relacionados fueron la unidad de análisis.

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

- Observación: La observación directa de las condiciones del sistema de alcantarillado actual, así como la evaluación del proceso de recambio de tuberías mediante el método tradicional y el de cracking, permitió obtener información relevante sobre el estado de las tuberías y la eficacia de los métodos.
- Entrevistas: Se realizó entrevistas a los trabajadores que realizaron trabajos de recambio de tuberías, así como a los encargados del mantenimiento de la red de alcantarillado, con el fin de obtener información detallada sobre los procesos y la eficacia de los métodos.
- Cuestionarios: Para recopilar información sobre la calidad de los servicios de alcantarillado y el impacto percibido del proyecto de reemplazo de tuberías, se diseñaron cuestionarios específicamente para los residentes que residen en el área afectada. Estos cuestionarios tenían como objetivo obtener las opiniones de los residentes y medir su satisfacción general con los servicios de alcantarillado prestados.
- Análisis documental: Se realizó revisar informes y registros del proceso de mantenimiento y recambio de tuberías de alcantarillado en la zona, con

el fin de recopilar datos relevantes sobre la eficacia y costos de los métodos utilizados.

- **Análisis económico:** Se realizó cálculos y análisis de costos para comparar el método tradicional y el de cracking en términos de inversión inicial, costo de mantenimiento, tiempo de vida útil y otros factores relevantes.
- **Análisis Técnico:** Se realizó pruebas y análisis técnicos en las tuberías antes y después del recambio, utilizando herramientas de medición y evaluación, para obtener datos precisos sobre la eficacia y calidad de los métodos utilizados.

### **3.5. Procedimientos**

**1era Etapa - Revisión bibliográfica:** Se llevó a cabo un examen en profundidad de la literatura especializada sobre las técnicas de reemplazo de tuberías de alcantarillado, con un enfoque específico en los métodos tradicionales y el agrietamiento. Esta revisión integral sirvió para comprender los méritos y los inconvenientes asociados con cada método, al mismo tiempo que señaló los factores técnicos y económicos pertinentes que debían tenerse en cuenta durante la evaluación comparativa.

**2da Etapa - Selección de la zona de estudio:** Se seleccionó una zona en el distrito de Recuay donde se habían implementado ambos métodos de recambio de tuberías de alcantarillado para poder realizar la evaluación comparativa.

**3era Etapa - Selección de muestras:** Se determinaron las áreas específicas de Recuay donde se llevaron a cabo el estudio. Se seleccionó una muestra representativa de tuberías de alcantarillado que fueron evaluadas y comparadas utilizando ambos métodos de recambio.

**4ta Etapa - Recopilación de datos:** Se utilizaron las técnicas e instrumentos de recolección de datos mencionados previamente (observación, entrevistas, cuestionarios, análisis documental, análisis económico y análisis técnico) para recopilar los datos necesarios para llevar a cabo la evaluación técnica y económica comparativa.

**5ta Etapa - Análisis de datos:** Se llevó a cabo el análisis de los datos recopilados mediante las técnicas e instrumentos mencionados para evaluar la eficacia, calidad y costos de cada método de recambio de tuberías de alcantarillado. Se utilizaron herramientas estadísticas y de análisis de datos para procesar y comparar los resultados obtenidos.

### **3.6. Métodos de análisis de datos**

**Tabulación de datos:** Los datos recolectados durante la investigación fueron tabulados en una hoja de cálculo de Excel. Se registraron las variables correspondientes a los aspectos técnicos y económicos relevantes de cada método de recambio de tuberías de alcantarillado.

**Análisis descriptivo:** Las variables fueron sometidas a un análisis descriptivo que implicó la generación de tablas de frecuencia, medidas de tendencia central, medidas de dispersión y gráficos estadísticos para cada uno de los métodos.

**Análisis comparativo:** Se compararon los resultados obtenidos para cada método de recambio de tuberías de alcantarillado. Se utilizaron pruebas estadísticas adecuadas para comparar las medias y las varianzas de las variables relevantes y determinar si existían diferencias significativas entre los dos métodos.

**Análisis de costos:** Se llevó a cabo un análisis de costos para cada uno de los métodos. Se identificaron los costos asociados a la implementación de cada método, incluyendo los costos de materiales, mano de obra, equipos, entre otros. Se compararon los costos totales de cada método y se determinó cuál era el método más económico.

Para asegurar la confiabilidad de los hallazgos, se realizó un análisis de sensibilidad. Este análisis implicó alterar varios parámetros importantes de la evaluación y examinar cómo estas modificaciones afectaron las conclusiones y recomendaciones generales

### **3.7. Aspectos Éticos**

**Consentimiento informado:** Todos los participantes de la investigación dieron su consentimiento informado para participar en ella. Se brindó una explicación

detallada de los objetivos de la investigación, los procedimientos planificados, así como las posibles ventajas y desventajas asociadas con la participación.

**Confidencialidad:** Se garantizó la confidencialidad de la información recolectada durante la investigación. Se protegió la privacidad de los participantes y se utilizaron códigos o identificadores para garantizar que la información recolectada no pudiera ser vinculada con personas específicas.

**Beneficencia:** Fue imperativo evaluar cuidadosamente las posibles ventajas y desventajas que podían tener tanto para las personas involucradas como para la comunidad en general. Se tomaron medidas de precaución para mitigar cualquier riesgo y optimizar los beneficios que podían derivarse de la investigación, garantizando el máximo bienestar de todas las partes.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Ubicación

#### Ubicación Política

- Localidad : Tomapata
- Distrito : Ticapampa
- Provincia : Recuay
- Departamento : Áncash

#### Ubicación Geográfica

- Coordenadas UTM
- Este: 231406 m
- Norte: 1918685 m
- Altitud: 2630 m.s.n.m.

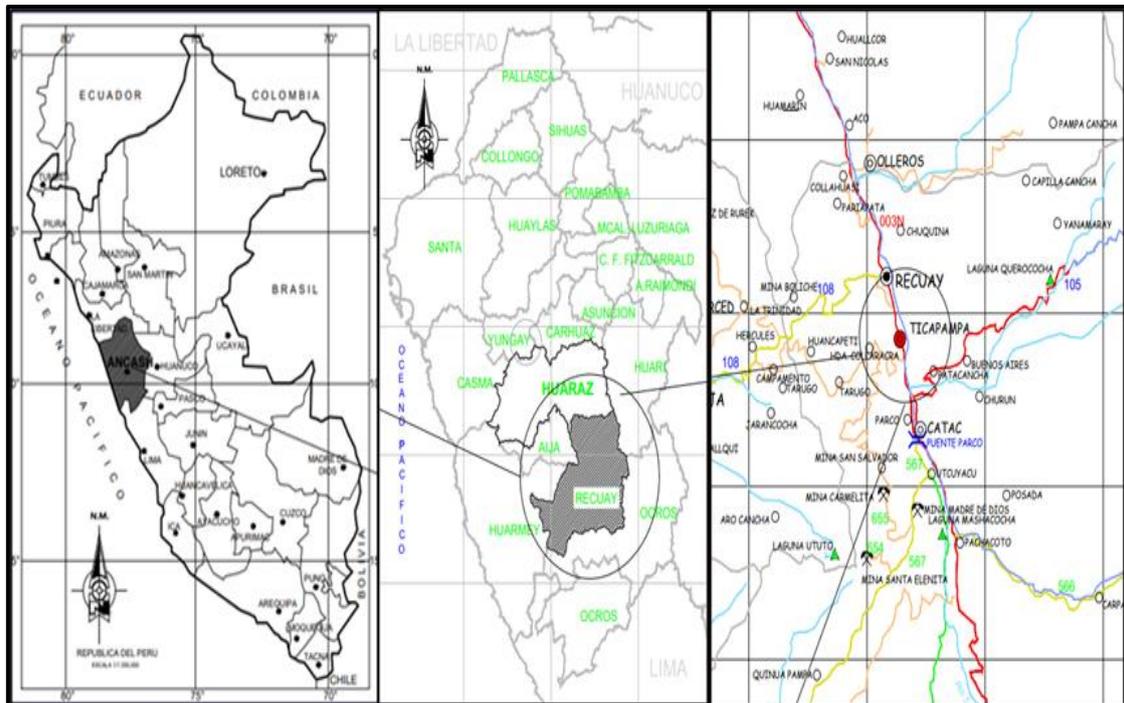


Figura 1. Mapa de la zona de estudio

Fuente: Obra Ticapampa 2023

### 4.2. Proceso constructivo del método tradicional y el método cracking

#### 4.2.1. Plano de replanteo de alcantarillado

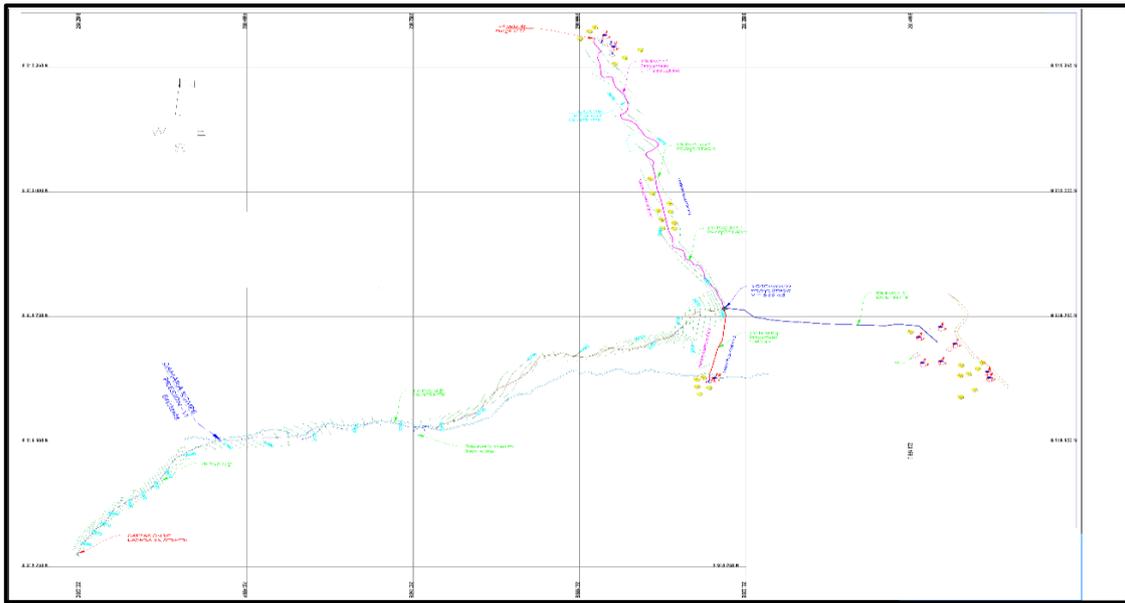


Figura 2. Plano de replanteo de alcantarillado  
 Fuente: Obra Ticapampa, 2023

#### 4.2.2. Cartel de información 3.00 X 2.20 m.

El cartel de obra desempeñó un papel crucial al proporcionar una identificación visual clara y reconocible de un proyecto en construcción. Se trató de una estructura que constó de una impresión de gigantografía de dimensiones específicas, en este caso, de 3.00 x 2.20 metros. La gigantografía se imprimió con alta calidad y definición para garantizar una visibilidad óptima tanto de cerca como desde lejos.

Para asegurar la correcta exhibición y durabilidad del cartel de obra, se utilizó un bastidor de madera de eucalipto de 2 pulgadas por 3 pulgadas. Este bastidor actuó como una estructura sólida que permitió tensar y fijar la gigantografía de manera segura. La madera de eucalipto se eligió debido a su resistencia y durabilidad, lo que garantizó que el cartel se mantuviera en condiciones óptimas durante el tiempo que duró el proyecto.

Además del bastidor, se utilizaron parantes de madera de eucalipto con un diámetro de 4 pulgadas y una altura de 5.00 metros para sostener y fijar el cartel de obra en su ubicación designada. Estos parantes se colocaron estratégicamente para proporcionar estabilidad y asegurar que el cartel fuera visible desde diferentes ángulos y alturas.

Es importante tener en cuenta que el diseño y las características específicas de la gigantografía estuvieron sujetos a las regulaciones y requisitos establecidos por la municipalidad correspondiente. Esto garantizó que el cartel cumpliera con los estándares estéticos y de información necesarios para comunicar de manera efectiva el proyecto en construcción a la comunidad y a cualquier persona interesada.

**Tabla 1. Cantidad de ensayos para evaluar el peso unitario**

Ítem	Partida	Und	Metrado	Parcial	Total
<b>1.00</b>	<b>Obras preliminares y provisionales</b>				
1.03	Cartel de información 3.00 m. x 2.20 m.	Und	1	424.70	424.70

Fuente: Propia

#### **4.2.3. Cerco perimétrico con alambre de púa**

En esta partida, se llevó a cabo la excavación del terreno de forma manual para la construcción de los dados de concreto. Estos dados, como se especificó en los planos, tuvieron dimensiones de 0.30x0.30x0.40 metros. Estos espacios excavados se utilizaron para la colocación de postes de madera de eucalipto, los cuales desempeñaron un papel crucial en la protección de la captación.

La finalidad principal de estos dados de concreto y postes de madera fue evitar el acceso no autorizado de animales y personas a la captación, evitando así cualquier manipulación indebida del sistema. Al mantener la captación protegida, se garantizó la integridad y el correcto funcionamiento de las instalaciones.

La excavación se realizó manualmente, utilizando herramientas manuales adecuadas para la tarea. El trazo del área de excavación fue determinado por el ingeniero residente y/o supervisor de obra, siguiendo las indicaciones y especificaciones del proyecto. Es importante destacar que el maestro de obra estuvo presente durante la realización de los trazos para garantizar su correcta ejecución y cumplimiento de los requerimientos establecidos.

La elección de haber realizado la excavación manualmente se debió a la necesidad de preservar la integridad del terreno circundante y evitar daños o interferencias con otras estructuras o servicios subterráneos. Además, permitió un mayor control y precisión en la excavación, asegurando que los dados de

concreto se ajustaran a las medidas establecidas en los planos y cumplieran con los estándares de calidad requeridos.

**Tabla 2.** *Cerco perimétrico con alambre de púa*

Ítem	Partida	Und	Metrado	Parcial	Total
<b>1.00</b>	<b>Obras preliminares y provisionales</b>				
1.04	Cerco perimétrico con alambre de púas	m	238	5.85	1,392.30

Fuente: Propia

#### **4.2.4. Cerco perimétrico con malla olímpica (método tradicional y cracking)**

En el proceso de ejecución de los trabajos, se llevaron a cabo los cortes pertinentes que el terreno demandó, con el propósito de lograr una superficie nivelada y apta para llevar a cabo las labores planificadas. Estos cortes se realizaron de acuerdo a las características específicas del terreno en cuestión, considerando factores como su topografía, la presencia de obstáculos naturales o artificiales, y las necesidades particulares de los trabajos a realizar.

La realización de los cortes necesarios en el terreno fue esencial para adecuar la superficie a las exigencias del proyecto. Al realizar estos cortes, se pudieron eliminar desniveles, irregularidades o protuberancias que pudieran haber afectado la ejecución de los trabajos. Además, se logró una superficie uniforme y estable que permitió el desarrollo de las labores de manera segura y eficiente.

El proceso de corte se llevó a cabo con los métodos y herramientas adecuadas, considerando las características del terreno y los requerimientos del proyecto. Se utilizaron maquinarias como excavadoras, niveladoras o retroexcavadoras, que permitieron realizar los cortes de manera precisa y controlada. Estas máquinas estuvieron operadas por personal especializado, que garantizó la correcta ejecución de los trabajos, minimizando los posibles impactos negativos en el entorno y maximizando los resultados deseados.

Es importante destacar que los cortes en el terreno no solo se limitaron a la nivelación superficial, sino que también incluyeron excavaciones más profundas en casos donde fue necesario, como, por ejemplo, para la instalación de infraestructuras subterráneas o cimentaciones. En estos casos, se siguieron los procedimientos y normativas correspondientes, garantizando la integridad estructural y la estabilidad del terreno circundante.

**Tabla 3. Cerco perimétrico con malla olímpica**

Ítem	Partida	Und	Metrado	Parcial	Total
1.00	<b>Obras preliminares y provisionales</b>				
1.05	Cerco perimétrico con malla olímpica	m	15.60	247.30	4,599.78

Fuente: Propia

#### **4.2.5. Señalización medio ambiente temporal de seguridad**

Dentro del ámbito de seguridad y prevención de riesgos, fue fundamental contar con una adecuada señalización en el área de trabajo. Para cumplir con este propósito, se utilizaron diferentes tipos de señales y carteles con el objetivo de informar y advertir tanto al personal de obra como al público en general sobre los riesgos específicos presentes en distintas áreas de trabajo, tanto dentro de la obra como en las zonas perimetrales.

Las señales de advertencia desempeñaron un papel crucial al alertar sobre posibles peligros o situaciones de riesgo que estaban presentes en determinadas áreas. Estas señales indicaron, por ejemplo, la presencia de objetos pesados en movimiento, desniveles en el suelo, áreas con caída de objetos, entre otros riesgos potenciales. De esta manera, se buscó concientizar y prevenir accidentes al proporcionar información clara y visualmente impactante.

Asimismo, las señales de prohibición tuvieron como finalidad indicar las acciones o comportamientos que estaban prohibidos en una determinada área. Estas señales ayudaron a mantener la seguridad y el orden al advertir sobre la restricción de acceso a ciertas zonas, el uso de determinados equipos o la realización de ciertas actividades que pudieran poner en riesgo la integridad física de las personas.

Por otro lado, el propósito de los letreros informativos fue proporcionar instrucciones o información pertinente al personal de construcción y al público. Estos carteles incluyeron información sobre la ubicación de salidas de emergencia, rutas de evacuación, ubicación de extintores o equipos de seguridad, y otros aspectos relacionados con la seguridad.

Además de las señales, se utilizaron elementos complementarios como tiras de señalización, conos reflectores, luces estroboscópicas y alarmas sonoras. Estos

elementos adicionales mejoraron la señalización visual y ayudaron a llamar la atención sobre áreas de emergencia o de alto riesgo.

También se consideró la instalación de carteles de promoción de la seguridad y la conservación del ambiente. Estos carteles, además de informar sobre las medidas de seguridad a seguir, fomentaron la conciencia ambiental y la importancia de adoptar prácticas sostenibles durante la ejecución de la obra.

**Tabla 4.** *Señalización medio ambiente temporal de seguridad*

Ítem	Partida	Und	Metrado	Parcial	Total
<b>1.00</b>	<b>Obras preliminares y provisionales</b>				
1.06	Señalización medio ambiente temporal de seguridad	glb	1.00	1560.00	1,560.00

Fuente: Propia

#### **4.2.6. Excavación de zanja manual**

La partida que englobó los trabajos de toma de agua de la línea de distribución fue de suma importancia, ya que implicó la conexión y el suministro de agua potable a la familia beneficiaria. Para llevar a cabo esta tarea, se utilizó tubería de PVC de 3/4" que se redujo a 1/2" para cumplir con los requerimientos específicos del proyecto.

El uso de tubería de PVC es ampliamente reconocido en el campo de la construcción debido a sus propiedades favorables, como su resistencia a la corrosión, su durabilidad y su facilidad de instalación. La elección de una tubería de 3/4" garantizó un flujo adecuado de agua para satisfacer las necesidades de la vivienda beneficiaria.

En el proceso de instalación, se llevó a cabo el tendido de la tubería de PVC, asegurando una correcta conexión desde la línea de distribución hasta la ubicación específica de la toma de agua de la familia beneficiaria. Esta instalación se realizó siguiendo los criterios y estándares establecidos para garantizar la eficiencia y la calidad del suministro de agua potable.

Asimismo, se consideró la colocación de una caja de registro en el punto final de la tubería, junto con una válvula de control correspondiente. La caja de registro actuó como una estructura de protección que permitió el acceso y el mantenimiento de la válvula de control, facilitando su operación y posibilitando

futuras inspecciones o reparaciones. La válvula de control permitió regular el flujo de agua y, en caso necesario, cortar el suministro de manera segura y eficiente.

Es importante destacar que estos trabajos de toma de agua tuvieron como objetivo final proveer a la familia beneficiaria de un suministro de agua potable seguro y confiable. La correcta instalación de la tubería, la utilización de materiales adecuados y la inclusión de la caja de registro y la válvula de control aseguraron un sistema eficiente y de calidad, facilitando el acceso al agua para las necesidades diarias de la familia.

**Tabla 5. Excavación de zanja manual**

Ítem	Partida	Und	Metrado	Parcial	Total
<b>1.00</b>	<b>Obras preliminares y provisionales</b>				
1.07	Excavación de zanja manual	m <sup>3</sup>	50.49	20.60	1,040.09

Fuente: Propia

#### **4.2.7. Cama de apoyo para tubería e = 0.10 m. (método tradicional y cracking)**

El párrafo mencionaba la importancia de haber provisto tanto la mano de obra como el equipo necesario para llevar a cabo las operaciones de colocación de material seleccionado en la cama de apoyo. Este proceso implicó trabajar en una superficie que debía haber estado preparada de antemano para garantizar que el material se acomodara correctamente en la caja excavada, siguiendo las indicaciones de los planos o las instrucciones proporcionadas por el Supervisor.

Para llevar a cabo esta tarea de manera eficiente y exitosa, fue fundamental haber contado con una mano de obra capacitada y experimentada en las operaciones de colocación de material. Estos trabajadores debieron haber tenido conocimientos especializados en técnicas de construcción y manejo de equipos, así como una comprensión clara de los requisitos establecidos en los planos del proyecto. La habilidad para haber seguido instrucciones precisas y haber trabajado en equipo fue crucial para asegurar un resultado final de alta calidad.

Además de la mano de obra, fue esencial haber contado con el equipo adecuado para llevar a cabo las tareas de colocación de material. Esto incluyó maquinaria pesada, como excavadoras, cargadoras, camiones volquete, compactadoras, entre otros. Estos equipos permitieron realizar el movimiento y la distribución

eficiente del material seleccionado en la cama de apoyo, agilizando el proceso y garantizando un resultado consistente.

La preparación de la superficie antes de la colocación del material fue otro paso crucial en el proceso. Esto implicó la realización de una serie de tareas previas, como el nivelado del terreno, la eliminación de obstáculos o escombros, y la compactación adecuada del suelo si fue necesario. Estas preparaciones aseguraron que la superficie estuviera lista para recibir el material seleccionado y proporcionara una base sólida y estable para su colocación.

La conformación y acomodamiento del material en la caja excavada se realizaron de acuerdo con los planos del proyecto o las instrucciones proporcionadas por el Supervisor. Fue importante seguir estas directrices para garantizar que el material se distribuyera correctamente y cumpliera con los estándares de calidad y seguridad establecidos. El personal encargado de esta tarea tuvo conocimiento sobre los diferentes tipos de materiales utilizados, sus características y propiedades, para asegurar una colocación adecuada y uniforme.

**Tabla 6.** Cama de apoyo para tubería  $e = 0.10$  m.

Ítem	Partida	Und	Metrado	Parcial	Total
<b>1.00</b>	<b>Obras preliminares y provisionales</b>				
1.08	Cama de apoyo para tubería $e= 0.10$ m.	m <sup>2</sup>	112.20	29.38	3,296.44

Fuente: Propia

#### **4.2.8. Relleno y compactado con material propio**

El suministro de mano de obra y equipo para las operaciones de colocación de material seleccionado en la cama de apoyo fue esencial para haber garantizado la estabilidad y resistencia de las estructuras construidas. Sin embargo, fue importante haber tenido en cuenta el tipo de material que se utilizó en la conformación de la cama.

El material empleado en la cama pudo haber provenido de dos fuentes principales: la excavación de la propia caja o de una cantera previamente aprobada y establecida según los planos del proyecto. Esta selección cuidadosa del material fue crucial, ya que se tuvo que haber garantizado que cumpliera con

los requisitos de calidad y resistencia necesarios para soportar las cargas previstas.

Fue fundamental que los materiales seleccionados para el relleno compactado no hayan contenido materia orgánica, como ramas, raíces o basura. La presencia de estos elementos orgánicos podría haber comprometido la estabilidad y la durabilidad de la cama de apoyo, ya que podrían haberse descompuesto y provocado asentamientos no deseados. Por lo tanto, se debió haber realizado una exhaustiva inspección y clasificación de los materiales antes de su colocación.

Una vez realizada la excavación de la caja, el material seleccionado se colocó en una capa uniforme sobre la zona de la caja, siguiendo los alineamientos y cotas establecidas en los planos. Es importante destacar que el espesor máximo de esta capa no excedió los 0.10 metros, lo que garantizó una distribución adecuada y evitó posibles irregularidades en la superficie.

Durante la colocación del material, se prestó especial atención a la uniformidad y paralelismo de la superficie de la capa con respecto a la rasante establecida. Esto garantizó una base sólida y nivelada para la construcción posterior, evitando desniveles y asegurando la estabilidad de la estructura.

**Tabla 7. Relleno y compactado con material propio**

Ítem	Partida	Und	Metrado	Parcial	Total
<b>1.00</b>	<b>Obras preliminares y provisionales</b>				
1.09	Relleno y compactado con material propio	m <sup>3</sup>	38.88	23.47	912.51

Fuente: Propia

#### **4.2.9. Eliminación del material excedente D = 30 m.**

La actividad de eliminación de materiales sobrantes en una obra de construcción fue un proceso crucial para haber mantenido un entorno de trabajo limpio, seguro y eficiente. Esta tarea implicó la remoción de los materiales residuales generados durante las etapas constructivas anteriores, así como la disposición adecuada de los desperdicios presentes al inicio de los trabajos.

Fue fundamental haber evitado la acumulación de excedentes de materiales en el área de trabajo. Apilar estos materiales podría haber ocasionado

interrupciones en el paso de los peatones, lo que podría haber generado inconvenientes y retrasos innecesarios. Además, la acumulación de materiales pudo haber provocado la generación de polvo, lo que habría sido perjudicial para la salud de los trabajadores y los residentes cercanos al sitio de construcción.

Para evitar estos inconvenientes, se llevó a cabo el traslado constante de los materiales sobrantes. Esto implicó una gestión eficiente de los residuos generados, asegurando su pronta remoción del área de trabajo. Mediante un programa de recolección y transporte adecuado, los materiales sobrantes se retiraron de manera regular y se dirigieron a los lugares designados para su disposición final.

El traslado constante de los materiales sobrantes también contribuyó a haber mantenido un entorno de trabajo limpio y ordenado. Al eliminar de forma regular los desperdicios, se minimizó la acumulación de escombros y se facilitó la movilidad en el área de construcción, lo que a su vez mejoró la eficiencia y la seguridad en el sitio.

Es importante destacar que la eliminación adecuada de los materiales sobrantes debió haber cumplido con las normativas ambientales y de seguridad aplicables. Dependiendo de la naturaleza de los materiales, existen regulaciones específicas sobre cómo deben ser manejados, almacenados y transportados. Fue esencial haber respetado estas regulaciones para haber garantizado la protección del medio ambiente y la seguridad de los trabajadores y la comunidad.

**Tabla 8.** *Eliminación del material excedente D = 30 m.*

Ítem	Partida	Und	Metrado	Parcial	Total
<b>1.00</b>	<b>Obras preliminares y provisionales</b>				
1.10	Eliminación del material excedente D = 30 m.	m <sup>3</sup>	34.18	30.90	1,056.16

Fuente: Propia

#### **4.2.10. Suministro e instalación de sistema de verificación y demás instalaciones de tuberías**

Los trabajos de suministro e instalación del sistema de ventilación y las tuberías fueron fundamentales para haber asegurado el correcto funcionamiento de un reservorio u otro tipo de infraestructura. Cada componente de este sistema debió

haber sido instalado utilizando tuberías y accesorios de alta calidad, garantizando así su durabilidad y eficiencia.

La instalación del sistema de ventilación fue esencial para haber mantenido un flujo de aire adecuado dentro del reservorio. Esto ayudó a prevenir la acumulación de humedad y la formación de gases dañinos, como el gas metano, que podrían haber comprometido la integridad del reservorio. Para ello, se utilizaron tuberías especialmente diseñadas para la ventilación, junto con los accesorios necesarios, como codos, conectores y tapones.

Además del sistema de ventilación, también se instalaron tuberías de salida de desagüe utilizando PVC. Estas tuberías se encargaron de transportar las aguas residuales y los desechos desde el reservorio hasta los puntos de conexión con los aparatos sanitarios. La utilización de tuberías de PVC ofreció una serie de ventajas, como su resistencia a la corrosión, la facilidad de instalación y su durabilidad a largo plazo.

Durante la instalación de las tuberías de salida de desagüe, se utilizaron diferentes accesorios y materiales para haber garantizado una conexión segura y hermética. Esto incluyó codos, tes, uniones y juntas de goma, entre otros. Estos accesorios permitieron haber adaptado y unido las tuberías de manera adecuada, evitando fugas y asegurando un flujo eficiente de los desechos hacia el punto de salida.

Es importante destacar que la boca de salida del desagüe se conoce como "punto". Este es el lugar donde la tubería de salida de desagüe se conecta con el aparato sanitario correspondiente, como un inodoro, lavabo o ducha. La correcta instalación de esta conexión fue esencial para haber garantizado un flujo adecuado de los desechos y evitar problemas de obstrucción o filtración.

**Tabla 9. Suministro e instalación de sistema de verificación**

Ítem	Partida	Und	Metrado	Parcial	Total
<b>1.00</b>	<b>Obras preliminares y provisionales</b>				
1.11	Suministro e instalación de sistema de ventilación	Und	75.04	231.00	17,325.00

Fuente: Propia

#### 4.2.11. Tubería PVC C-10 de 1/2"

En la instalación de tuberías de plástico PVC bajo tierra, se tomaron precauciones especiales para haber garantizado la estabilidad y la durabilidad del sistema. Fue fundamental haber asegurado el apoyo adecuado de la tubería sobre un terreno firme y compactado en capas. Esto implicó haber colocado la tubería de manera que se evitaran hundimientos o deformaciones debido al relleno que se realizó a su alrededor.

Para haber logrado una instalación exitosa, se recomendó haber realizado el relleno del terreno de manera cuidadosa y por capas. Cada capa de relleno debió haber sido compactada adecuadamente, utilizando técnicas de compactación apropiadas para haber asegurado la estabilidad de la superficie. Además, fue común haber regado el terreno durante el proceso de compactación para haber ayudado a asentar el material de relleno y haber minimizado el riesgo de asentamientos futuros.

Es importante destacar que las tuberías y conexiones de PVC utilizadas para el desagüe cumplieron con ciertas especificaciones. En este caso, se mencionó que fueron del tipo C-10 y tuvieron un diámetro de 1/2", según lo indicado en los planos de instalaciones sanitarias. Estas especificaciones aseguraron que las tuberías fueran adecuadas para su uso en sistemas de desagüe y cumplieran con los estándares de calidad y resistencia requeridos.

Además de la correcta instalación de las tuberías en el terreno, se aseguró su fijación adecuada en los muros, mochetas (elementos de soporte) y columnas. Esto se logró mediante el uso de elementos de sujeción, como abrazaderas o soportes, que garantizaron la estabilidad de las tuberías y evitaron movimientos o desplazamientos no deseados. Esta fijación adecuada fue esencial para haber mantenido la integridad del sistema de tuberías a lo largo del tiempo y prevenir posibles fugas o daños.

**Tabla 10.** Tubería PVC C-10 de 1/2"

Ítem	Partida	Und	Metrado	Parcial	Total
1.00	Obras preliminares y provisionales				
1.12	Tubería PVC c-10 de 1/2"	Und	1.00	71.68	71.68

Fuente: Propia

#### **4.2.12. Instalación de tubería de PVC SAP C-10 de ½”**

Las tuberías C 10 PVC SAP (Clase 10, PVC Sistema de Alcantarillado Presión) fueron una opción comúnmente utilizada en sistemas de alcantarillado y aplicaciones de presión. Estas tuberías estaban diseñadas para haber soportado la presión generada por el flujo de líquidos y haber proporcionado una conducción confiable y duradera.

Al haber utilizado tuberías C 10 PVC SAP, fue fundamental haber seguido las especificaciones y recomendaciones proporcionadas por el fabricante y los estándares de la industria. Estas especificaciones abarcaron todos los aspectos relacionados con el transporte, manipulación, montaje y colocación de las tuberías, asegurando su correcto funcionamiento y evitando posibles problemas.

En primer lugar, durante el transporte de las tuberías, se tomaron medidas para haber evitado daños y haber garantizado que llegaran a su destino en condiciones óptimas. Esto implicó haber utilizado vehículos y equipos adecuados para el manejo de las tuberías, asegurándose de haberlas protegido de impactos, vibraciones y condiciones climáticas adversas.

Al haber manipulado las tuberías C 10 PVC SAP, se tuvo precaución para haber evitado golpes o daños en los extremos y las uniones. Además, se evitó el contacto con objetos afilados o que pudieran haber causado raspaduras en la superficie de la tubería, lo que podría haber afectado su integridad estructural.

En cuanto al montaje y la colocación de las tuberías, se siguieron las pautas de instalación recomendadas. Esto incluyó la preparación adecuada del terreno, la alineación precisa de las tuberías y la correcta conexión de los extremos y las uniones. También se utilizó los adhesivos y selladores adecuados para haber garantizado una unión hermética y resistente a fugas.

Durante el montaje y la colocación, se consideraron factores como la pendiente necesaria para haber asegurado un flujo adecuado de los líquidos, la profundidad de enterramiento apropiada y la protección contra daños externos, como el tráfico vehicular o las cargas de la tierra. Estas medidas contribuyeron a la estabilidad y la durabilidad del sistema de tuberías.

**Tabla 11. Instalación de tubería PVC SAP C-10 de ½"**

Ítem	Partida	Und	Metrado	Parcial	Total
<b>1.00</b>	<b>Obras preliminares y provisionales</b>				
1.13	Instalación de tubería PVC SAP C-10 de ½"	Und	1.00	71.68	71.68

Fuente: Propia

#### **4.2.13. Relleno y compactado con material propio**

El párrafo describió la tarea de haber suministrado mano de obra y equipo para haber llevado a cabo las operaciones de colocación de material seleccionado en la cama de apoyo. Sin embargo, se proporcionaron más fundamentos para haber ampliado la explicación.

En primer lugar, se hizo hincapié en que la preparación previa de la superficie fue fundamental antes de la colocación del material. Esta preparación implicó haberse asegurado de que la zona estuviera libre de obstáculos, residuos y cualquier otro elemento que pudiera haber interferido con la correcta acomodación del material en la caja excavada. Además, se siguieron los planos proporcionados o las instrucciones dadas por el Supervisor para haber garantizado que la colocación del material se realizara de acuerdo con las especificaciones y requerimientos del proyecto.

Una vez realizada la excavación de la caja, se procedió a haber colocado el material seleccionado en la capa de apoyo. Se destacó que la capa tuvo un espesor uniforme, siendo el máximo recomendado de aproximadamente 0.10 m. Esto aseguró una distribución homogénea del material sobre la zona de la caja, evitando irregularidades y asegurando una base estable para futuras etapas de construcción.

Durante la colocación del material, fue esencial haber seguido los alineamientos y cotas establecidas en los planos o instrucciones proporcionadas. Esto garantizó que la superficie resultante fuera uniforme y paralela a la rasante, lo cual fue fundamental para el correcto funcionamiento y estabilidad de las estructuras o elementos que se construyeron sobre dicha capa.

Además, se tuvo en cuenta que la calidad del material seleccionado también desempeñó un papel crucial en la durabilidad y resistencia de la cama de apoyo.

El material fue adecuado para soportar las cargas y condiciones de uso previstas, asegurando una base sólida y confiable para la construcción.

**Tabla 12. Relleno y compactado con material propio**

Ítem	Partida	Und	Metrado	Parcial	Total
<b>1.00</b>	<b>Obras preliminares y provisionales</b>				
1.14	Relleno y compactado con material propio	m <sup>3</sup>	38.88	23.47	912.51

Fuente: Propia

#### **4.2.14. Salida de desagüe con tubería de PVC sal 4"**

El sistema de desagüe en una edificación fue de vital importancia para haber garantizado un correcto funcionamiento y evacuación de las aguas residuales. En este sentido, la instalación de tuberías de salida de desagüe en PVC fue una opción ampliamente utilizada debido a sus características y beneficios. El suministro y colocación de tuberías de salida de desagüe en PVC abarcó desde el ramal de distribución hasta la conexión final con el aparato sanitario. Estas tuberías estuvieron diseñadas específicamente para haber transportado las aguas residuales de manera eficiente y segura, evitando filtraciones y obstrucciones. El PVC, material ampliamente utilizado en instalaciones sanitarias, ofreció resistencia a la corrosión, fue liviano y fácil de manejar, además de haber contado con una larga vida útil.

La instalación de las tuberías de PVC implicó la utilización de una variedad de accesorios y materiales necesarios para haber logrado uniones herméticas y seguras. Entre estos accesorios se encontraron codos, tes, reducciones y adaptadores, los cuales permitieron haber direccionado el flujo de las aguas residuales de acuerdo a las necesidades del diseño. Estos accesorios se conectaron a los tubos mediante técnicas de unión como el encolado o el uso de juntas de estanqueidad, asegurando así una conexión firme y duradera.

Es importante destacar que la colocación de las tuberías de salida de desagüe en PVC se realizó siguiendo las normativas y regulaciones específicas de cada país o región. Esto garantizó que se cumplieran los estándares de calidad y seguridad establecidos, y se minimizaran los riesgos de fugas, obstrucciones o daños en la infraestructura.

El punto de salida del desagüe, también conocido como "punto", fue el lugar donde la tubería se conectó finalmente al aparato sanitario, como, por ejemplo, un inodoro, un lavamanos o una ducha. Esta conexión se realizó mediante accesorios específicos que aseguraron una unión adecuada y estanca. Fue fundamental que esta conexión estuviera correctamente sellada para evitar filtraciones y asegurar un flujo eficiente de las aguas residuales hacia el sistema de alcantarillado o tratamiento correspondiente.

**Tabla 13. Salida de desagüe con tubería de PVC SAL 4"**

Ítem	Partida	Und	Metrado	Parcial	Total
<b>1.00</b>	<b>Obras preliminares y provisionales</b>				
1.15	Salida de desagüe con tubería de PVC SAL 4"	m <sup>3</sup>	38.88	23.47	912.51

Fuente: Propia

### **4.3. Procedimiento constructivo método tradicional**

En la obra de Recuay Ticapampa, se empleó el método tradicional de zanja abierta en ciertos tramos para llevar a cabo la excavación necesaria. Este método consistió en realizar excavaciones que permitieron la instalación de tuberías de cualquier diámetro, de acuerdo con el diseño establecido. Su aplicación no se vio limitada por las características del terreno, pendientes u otros factores, y fue ampliamente utilizado en el ámbito de la construcción.

No obstante, es importante mencionar que este método tradicional presentó algunas deficiencias en términos de costo, tiempo e impacto ambiental. Su ejecución, aunque efectiva, requirió la remoción total del terreno, lo que generó un significativo impacto ambiental. Además, afectó la fluidez del tránsito y prolongó el tiempo de ejecución de la obra. Por tanto, fue fundamental considerar alternativas constructivas más eficientes y respetuosas con el medio ambiente, teniendo en cuenta las características específicas de la obra de Recuay Ticapampa y cumpliendo con las normativas vigentes en cuanto a protección ambiental.

## **4.4. Procedimiento constructivo método cracking**

### **4.4.1. Control de calidad**

Para la ejecución de la obra Recuay Ticapampa se contó con especialistas certificados en el método constructivo conocido como cracking, quienes poseían las competencias necesarias para llevar a cabo este proceso. El método de cracking era ampliamente utilizado en proyectos de saneamiento, específicamente en la instalación y renovación de tuberías de alcantarillado y agua potable. En comparación con el método tradicional de zanja abierta, este método se destacaba por su eficiencia, calidad, costo y tiempo. A través de este proyecto de investigación, se analizó detalladamente el proceso constructivo del cracking, así como sus deficiencias, tomando como referencia la ejecución de Recuay Ticapampa. Se recopilaron datos, se elaboraron cuadros comparativos, gráficos estadísticos e imágenes que mostraron en detalle cómo se llevó a cabo este proceso constructivo. El objetivo principal de esta tesis fue contribuir al desarrollo de la ingeniería en nuestro país, proporcionando información útil para futuras investigaciones en esta área. El proyecto de investigación se planteó como respuesta al crecimiento exponencial de fenómenos, el desgaste de las tuberías y el aumento de la población, lo que generó una insuficiente provisión de agua potable en la capital. Por lo tanto, se consideró necesario renovar las tuberías con diámetros mayores, teniendo en cuenta que los terrenos presentaban características críticas y pendientes variables. En este contexto, se aplicaron tanto el método tradicional de zanja abierta como el método cracking, demostrando la eficiencia de cada uno. Aunque se presentaron deficiencias durante el proceso constructivo, especialmente en tramos donde las pendientes obligaron a realizar excavaciones de zanjas, se pudo observar que el método cracking, a pesar de sus limitaciones, resultó altamente eficiente y efectivo, mejorando significativamente la calidad de vida de los habitantes de la zona.

### **4.4.2. Secuencia, programación y ejecución**

En la obra Recuay Ticapampa, se inició el proceso de readecuación del tratamiento de aguas residuales con el trazado y replanteo de la excavación correspondiente. A continuación, se procedió a instalar la nueva tubería, la cual

fue rellenada posteriormente. Finalmente, se reparó el daño hecho a la carretera. En el campo de la ingeniería, la rehabilitación de fontanería se centró principalmente en la instalación de tuberías de alcantarillado y agua potable. Estas renovaciones fueron necesarias debido a defectos tales como roturas, grietas, o fracturas en el sistema existente. Sin embargo, el principal motivo para la renovación de las tuberías fue el crecimiento poblacional, que requirió diámetros mayores para la instalación de las nuevas tuberías. Por lo tanto, fue crucial contar con un proceso constructivo adecuado y, en la actualidad, se buscó aprovechar la factibilidad de utilizar métodos constructivos innovadores en beneficio de la obra.

#### **4.4.3. Materiales y equipo**

**Tubería de reemplazo polietileno PED.** - Las tuberías necesarias para asegurar el correcto funcionamiento de la alcantarilla fueron fabricadas con polietileno (PEAD) PE-100, cumpliendo así con los requisitos especificados en el diseño y representados en el plano. Estos tubos fueron fundamentales para garantizar un óptimo rendimiento del sistema de drenaje.

**Equipo de fragmentación.** - Fue imprescindible que los equipos de fragmentación estuvieran completamente adaptados al proceso de renovación de la alcantarilla y poseyeran la capacidad necesaria para insertar las nuevas tuberías con los diámetros requeridos. Fue fundamental que estos equipos estuvieran adecuadamente equipados y preparados para garantizar una instalación eficiente y precisa de las tuberías, asegurando así el correcto funcionamiento y la durabilidad del sistema de drenaje renovado.

#### **4.4.4. Suministro almacenamiento y manejo**

Es fundamental haber asegurado un suministro y almacenamiento cuidadoso y ordenado de las tuberías, manteniéndolas en perfectas condiciones. Cualquier daño ocasionado a estas tuberías podría haber tenido consecuencias negativas en el funcionamiento adecuado de la alcantarilla. Por tanto, fue crucial haberlas almacenado con precaución, evitando posibles deslizamientos y accidentes que pudieran haber comprometido su integridad y afectado la seguridad del entorno.

Al hacerlo, se garantizó un entorno de trabajo seguro y se preservó la calidad de las tuberías para su correcto desempeño en el sistema de drenaje.

#### **4.4.5. Ejecución de calidad de la mano de obra**

**Trabajos preparatorios.** - La seguridad en la obra fue una prioridad absoluta para el contratista, quien se aseguró de llevar a cabo charlas de seguridad de forma frecuente. Estas charlas fueron esenciales para cuidar y proteger a cada uno de los trabajadores, evitando cualquier tipo de accidente. Dado que los trabajadores estaban constantemente expuestos a peligros en la obra, fue crucial haber implementado medidas preventivas y proporcionado la capacitación necesaria para minimizar los riesgos. Además, el contratista garantizó que la cantidad de trabajadores fuera la adecuada para llevar a cabo las tareas de manera eficiente y segura. En caso de que hubieran surgido modificaciones o cambios de dirección en las tuberías, el contratista coordinó previamente las acciones requeridas para abordar estas situaciones de manera oportuna y eficaz.

**Fragmentación de tubería e instalación de tubería de reemplazo.** - En el ámbito de saneamiento, específicamente en la instalación y renovación de tuberías de alcantarillado y agua potable, se presentaron diversas opciones de métodos constructivos. En el marco de esta investigación, se analizaron tanto el método tradicional, que implicaba la realización de zanjas, como el método de fragmentación conocido como cracking, el cual se destacó por su eficiencia en términos de costo y tiempo. Se abordó detalladamente el proceso constructivo de este último método, así como también se examinaron sus posibles deficiencias. Para ello, se tomó como referencia un proyecto específico que sirvió como caso de estudio, y se proporcionaron cuadros comparativos, gráficos estadísticos e imágenes que detallaban el proceso constructivo. El objetivo de esta tesis fue contribuir al desarrollo de la ingeniería en nuestro país, proporcionando información que sirviera como base para futuras investigaciones en esta área.

El proyecto de investigación planteó la necesidad de renovar las tuberías debido al crecimiento exponencial, el desgaste y la antigüedad de las mismas, así como

el incremento de la población en calidad de capital, lo que generó insuficiencias en el suministro de agua potable en términos de cantidad y horarios. Por lo tanto, se requirió la renovación de tuberías con diámetros mayores, considerando que se trataba de terrenos críticos que experimentaban cambios constantes de pendientes. En este contexto, se aplicaron tanto el método tradicional como el método cracking, y se observó la eficiencia de cada uno. Aunque durante el proceso constructivo surgieron limitaciones debido a las pendientes, que requirieron la excavación de zanjas en algunos tramos, el método cracking demostró ser altamente eficiente y efectivo, mejorando significativamente la calidad, el costo y el tiempo de ejecución. El objetivo principal fue mejorar la calidad de vida de la población, siendo este el factor más importante a considerar.

#### **4.5. Rendimiento de los métodos constructivos tradicional y cracking**

Con el fin de comparar el rendimiento entre ambos métodos constructivos, se tomaron en cuenta las velocidades de avance registradas en ml/día durante la ejecución del proyecto “Ampliación y mejoramiento del sistema de saneamiento básico en la localidad de Tomapata del distrito de Ticapampa, provincia de Recuay – Ancash” en el área de influencia, así como en los sectores correspondientes. Estos datos, correspondientes al año 2023, proporcionaron la información necesaria para realizar una comparativa precisa entre ambos métodos constructivos.

En el ámbito del saneamiento, particularmente en la instalación y renovación de tuberías de alcantarillado y agua potable, se encuentran disponibles diversos métodos constructivos. En esta investigación, se tomó como referencia el método tradicional, que implica la excavación de zanjas, así como el método cracking, ampliamente utilizado en la actualidad debido a su eficiencia en términos de calidad, costo y tiempo. Se analizaron detalladamente los procesos constructivos de ambos métodos, incluyendo tanto los aspectos positivos como las deficiencias que pudiera presentar el método cracking. Para ello, se basó en la ejecución de un proyecto específico que sirvió como muestra para la presente tesis. Se abordaron los procesos constructivos en detalle, respaldando la

investigación con cuadros comparativos, gráficos estadísticos e imágenes que ilustraron de manera minuciosa el proceso constructivo. El objetivo principal fue aportar al desarrollo de la ingeniería y contribuir al progreso de nuestro país, brindando un valioso recurso para futuras investigaciones en esta área.

### Redes de alcantarillado

**Método tradicional.** - El método de zanja abierta fue ampliamente utilizado en la instalación de tuberías, ya que permitía la colocación de conductos de cualquier diámetro de acuerdo con el diseño requerido. Este método no tenía limitaciones en cuanto a terrenos, pendientes o características específicas, lo que lo convertía en una opción comúnmente utilizada. Sin embargo, era importante tener en cuenta que este enfoque tradicional presentaba deficiencias en términos de costo, tiempo e impacto ambiental. La ejecución de la zanja abierta implicaba la remoción total del terreno, lo que generaba un gran impacto ambiental y podía afectar el flujo del tráfico y aumentar el tiempo necesario para completar el proyecto.

**Tabla 14.** Rendimiento ( $m^3/día$ ) del método tradicional

Partidas	Días – semana						
	1	2	3	4	5	6	7
Excavación de zanja manual							
Instalación de tubería PVC							
Relleno y compactado con material propio							

Fuente: Propia

En el cuadro se puede apreciar el desempeño diario de cada actividad, siendo cada partida identificada con un color diferente. La excavación alcanzó una longitud de 692.63  $m^3$ , con un avance promedio diario de 111.2  $m^3$  para la zanja. En cuanto a la instalación de tubería de 200 mm, se requirieron 84 rollos de PVC de 11 metros cada uno. Por otro lado, el llenado de 1.50 metros de altura registró un avance diario de 103.10  $m^3$ .

#### 4.5.1. Cuadrilla de partidas e incidentes

**Tabla 15.** APU de Excavación manual de Zanjas h = 0.50 m.

Partida	02.04.02	EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJAS HASTA H = 0.50 M.				
				Costo Unitario por m <sup>3</sup>		
Rendimiento	m <sup>3</sup> /Día	3.0000	EQ. 30000		20.60	
	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
	Peón	hh	1.000	2.6667	7.50	20.00
<b>Equipos</b>						
	Herramientas manuales	%mo		3.0000	20.00	0.60
						<b>0.60</b>

**Tabla 16.** APU de Tubería PVC SAP C-10 de ½”

Partida	03.03.03.01	TUBERÍA PVC SAP C-10 DE ½”				
				Costo unitario directo		
Rendimiento	m <sup>3</sup> /Día	500.0000	EQ. 500.000		5.41	
	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
	Operario	hh	1.000	0.0160	12.50	0.20
	Peón	hh	2.000	0.0320	7.50	0.24
<b>Materiales</b>						
	TUBERÍA PVC SAP C-10 DE ½” x 5 m	m		1.0500	3.84	4.03
	Pegamento para PVC	gal		0.0050	186.20	0.93
<b>Equipos</b>						
	Herramientas manuales	%mo		3.0000	0.44	0.01
						<b>0.01</b>

**Tabla 17.** APU de Tubería PVC SAP C-10 de ½”

Partida	02.05.03	INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC SAP C-10 DE ½”				
				Costo unitario directo		
Rendimiento	m <sup>3</sup> /Día	100.0000	EQ. 100.0000		9.43	
	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
	Operario	hh	1.000	0.0800	12.50	1.00
	Peón	hh	1.000	0.0800	7.50	0.6
<b>Materiales</b>						
	TUBERÍA PVC SAP C-10 DE ½” x 5 m	m		1.0500	3.84	4.03
	Pegamento para PVC	gal		0.0200	186.20	3.72
<b>Equipos</b>						
	Herramientas manuales	%mo		5.0000	1.6	0.08
						<b>0.08</b>

**Tabla 18. APU de relleno y compactado con material propio**

Partida	02.04.06	RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO				
Rendimiento		m <sup>3</sup> /Día	12.0000	EQ. 12.000	Costo unitario directo	
						23.47
	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Mano de Obra</b>					
	Oficial	hh	2.000	1.3333	10.50	13.33
	Peón	hh	1.000	0.6667	7.50	5.00
	<b>Materiales</b>					<b>18.33</b>
	Tierra propia	m3		12.000	0.10	1.20
	Agua puesta en obra	m3		0.0100	10.00	0.10
	<b>Equipos</b>					<b>1.30</b>
	Herramientas manuales	%mo		5.0000	1.6	0.92
	Compactadora de plancha	día	1.000	0.0833	35.00	2.92
						<b>3.84</b>

### Método Cracking

**Tabla 19. Rendimiento (ml/día) método Cracking**

Partidas	Días – semana						
	1	2	3	4	5	6	7
Excavación de zanja manual							
Fragmentación 6'' y coloc. Tub. HDPE, DN 200 mm.							
Relleno y compactado con material propio							

Los datos de rendimiento de cada actividad se presentan en la tabla, con distintos colores asignados a cada elemento. La longitud de excavación totalizó 50.49 metros cúbicos, con un avance promedio diario de 121.2 metros cúbicos para la excavación de zanjas. En cuanto a la instalación de la tubería de 200 mm, se utilizaron un total de 75 rollos de PE 100 de 12 metros de longitud cada uno. Por el contrario, el avance diario en el llenado de las ventanas, que tienen una altura de 1.50 metros, ascendió a 110.3 mililitros.

**Tabla 20. APU de relleno y compactado con material propio**

Partida	Excav. Zanja (Máq.) p/tub. TN DN 200 – 250 mm de 1.51 a 1.75 m prof.						Costo unitario directo
Rendimiento	m <sup>3</sup> /Día	153.0000	EQ. 153.000		8.51		
	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	<b>Mano de Obra</b>						
	MO: Capataz incluye leyes sociales	h	0.1000	0.0052	10.00	0.14	
	MO: Operador incluye leyes sociales	h	1.0000	0.0523	7.50	1.05	
	MO: Oficial incluye leyes sociales	h	1.0000	0.0523	16.01	0.84	
	MO: Peón incluye leyes sociales	h	1.0000	0.0523	0.10	0.75	
	<b>Equipos</b>						
	Herramientas complementarias (%MO)	%mo		0.0200	2.79	0.06	
	Cargador retroexcavador 0,5-0,75 Yd3 62 HP	hm	1.000	0.0523	108.34	5.66	
						<b>5.72</b>	

**Tabla 21. APU de Suministro e Instalación de Tubería HDPE 200 mm.**

Partida	Suministro e Instalación de Tubería HDPE 200 mm.						Costo unitario directo
Rendimiento	m <sup>3</sup> /Día	153.0000	EQ. 153.000		8.51		
	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	<b>Mano de Obra</b>						
	MO: Capataz incluye leyes sociales	h	0.1000	0.0053	27.54	0.15	
	MO: Operador de equipo de fragmentación, incl. leyes sociales	h	1.0000	0.0523	20.12	1.07	
	MO: Operador de equipo de Termo fusión, incluye leyes sociales	h	1.0000	0.0523	16.01	1.07	
	MO: Peón incluye leyes sociales	h	4.0000	0.2133	14.40	3.07	
	<b>Materiales</b>						
	Tubería PE-100, HDPE DN 200 mm	m		1.0930	41.77	45.65	
	Alcohol isotrópico natural	g/n		0.0025	300.00	0.75	
	Toallas papel blanco	und		0.0050	5.00	0.03	
	Escobilla PE	und		0.0022	350	0.77	
	<b>Equipos</b>						
	Herramientas complementarias (%MO)	%mo		0.0300	5.37	0.16	
	Equipo de soldadura de termofusión	hm		0.0533	35.00	1.87	
	<b>Subpartidas</b>						
	Camión pluma	hm	1	0.0533	150.35	8.02	
	Generador eléctrico	hm	1	0.0533	19.73	1.05	
	Equipo de fragmentación	hm	1	0.0533	350.32	18.68	
						<b>27.75</b>	

**Tabla 22. APU de Camión Pluma**

Partida	Camión Pluma					
						Costo unitario directo
Rendimiento	m <sup>3</sup> /Día	0.00	EQ. 0.00		150.35	
	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
	MO: Operador de equipo pesado, incl. Leyes Sociales	h		1.0000	20.12	20.12
	<b>Materiales</b>					<b>5.37</b>
	Petróleo Diesel	g/n		3.4300	11.73	40.23
	<b>Equipos</b>					<b>40.23</b>
	Camión pluma	hm		1..0000	90.00	90.00
						<b>90.00</b>

**Tabla 23. APU de Generador Eléctrico**

Partida	Generador Eléctrico					
						Costo unitario directo
Rendimiento	m <sup>3</sup> /Día	0.00	EQ. 0.00		19.73	
	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Materiales</b>					
	Petróleo Diesel	g/n		3.4300	11.73	5.87
	<b>Equipos</b>					<b>5.87</b>
	Generador eléctrico	hm		1..0000	13.86	13.86
						<b>13.86</b>

**Tabla 24. APU de Equipo de Fragmentación**

Partida	Generador Eléctrico					
						Costo unitario directo
Rendimiento	m <sup>3</sup> /Día	0.00	EQ. 0.00		350.32	
	<b>Descripción Recurso</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Parcial S/.</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
	MO: Operador de equipo liviano, incl. Leyes Sociales	h		1.0000	20.12	20.12
	<b>Materiales</b>					<b>5.37</b>
	Petróleo Diesel	g/n		3.5000	11.73	41.06
	<b>Equipos</b>					<b>41.06</b>
	Equipo de Fragmentación	hm		1..0000	289.14	289.14
						<b>289.14</b>

**Tabla 25. APU de Relleno y compactado con material propio**

Partida	Camión Pluma					
Rendimiento	m/Día	0.00	EQ. 0.00		Costo unitario directo	
	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Mano de Obra</b>					
	Oficial	hh	2.000	1.3333	10.50	13.33
	Peón	hh	1.000	0.6667	7.50	5.00
	<b>Materiales</b>					<b>18.33</b>
	Tierra propia	m3		12.000	0.10	1.20
	Agua puesta en obra	m3		0.0100	10.00	0.10
	<b>Equipos</b>					<b>1.30</b>
	Herramientas manuales	%mo		5.0000	1.6	0.92
	Compactadora de plancha	día	1000	0.0833	35.00	2.92
						<b>3.84</b>

#### 4.5.2. Calidad de la tubería en los métodos constructivos tradicional v.s Cracking en obras de alcantarillado

El objetivo principal de esta investigación fue proporcionar nuevas opciones para la ejecución de obras de saneamiento y reemplazo de tuberías que fueran más rentables y garantizaran una alta calidad en la ejecución. Tradicionalmente, se han realizado construcciones mediante la excavación de zanjas, lo cual conlleva un mayor tiempo de ejecución debido a la cantidad de tareas involucradas en estos proyectos. Aunque estos métodos suelen brindar buenos resultados al final, el proceso de ejecución es largo y puede tener un impacto ambiental significativo. Por esta razón, se plantearon nuevos métodos que no requerían la excavación de zanjas, lo que facilitaba y agilizaba considerablemente la ejecución de las obras, además de reducir los costos al requerir menos personal y acortar el tiempo de ejecución en comparación con los métodos tradicionales. En conclusión, esta investigación demostró que existen diversas alternativas para la ejecución de obras de saneamiento, siendo el método cracking el más destacado debido a su rapidez y eficiencia en los procesos constructivos.

#### 4.6. Presupuesto de resultados contractivos método tradicional y cracking

Para obtener el costo directo del proyecto, se estimaron y analizaron correspondientemente todos los proyectos incluidos en el presupuesto técnico. Específicamente para las partidas de termofusión y fragmentación, además de

cotizar el equipo de trabajo requerido, se utiliza la producción en sitio para calcular las cantidades necesarias. El costo directo estimado para esta porción del proyecto es de 164.829,25, que es el mejor presupuesto para su ejecución. La siguiente tabla de resumen del presupuesto detalla los costos directos totales de este proyecto.

**Tabla 26. Comparativo de presupuesto de los métodos**

PARTIDAS	UND	Método cracking			Método tradicional		
		Metr.	Precio	Parcial	Metr.	Precio	Parcial
<b>OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES</b>							
Replanteo de alcantarillado	<b>Km</b>	0.79	506.3	506.3	0.79	506.3	506.3
Cartel de información 3.00 m x 2.20 m	<b>Und</b>	1.00	424.7	424.70	6.00	424.70	424.70
Cerco perimétrico con alambre de púa	<b>M</b>	238.00	8.85	1,392.30	8.85	0.74	1,392.30
Cerco perimétrico con malla olímpica	<b>M</b>	15.60	2.47.3	4,599.78	15.60	247.30	4,599.78
<b>PLANES Y MITIGACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL</b>							
Señalización medio ambiente temporal de seguridad	<b>glb</b>	1.00	1560.0	1560.00	1.00	1560.0	1560.00
Cerco perimétrico con malla olímpica							
Excavación de zanja manual	<b>M</b>	50.49	8.51	0.00	50.49	20.60	1,040.09
Cama de apoyo para tubería e=0.10 m	<b>M</b>	112.20	29.38	0.00	112.20	29.38	3,296.44
Relleno y compactado con material propio	<b>M</b>	38.88	23.47	0.00	38.88	23.47	912.51
Eliminación del material excedente D=30m	<b>M</b>	57.00	4.38	249.66	34.18	30.90	1,056.16
<b>TUBERÍAS</b>							
<b>SUMINISTRO DE TUBERÍA</b>							
Suministro e instalación de sistema de ventilación y demás instalaciones de tuberías	<b>M</b>	123.00	131.0	16113.0	123.00	231.0	39,482.00
<b>INSTALACIÓN DE TUBERÍA</b>							
Tubería PVC c-10 de 1/ 2"	<b>M</b>	692.63	3.81	2,680.50	692.63	3.81	2,680.50
Instalación de tubería de PVC SAP C-10 de 1/2"	<b>M</b>	650.13	40.21	26,136.5	650.13	40.21	26,136.5
Relleno y compactado con material propio	<b>M</b>	238.88	53.47	0.00	238.88	53.47	12,772.91
Salida de desagüe con tubería de PVC SAL 4"		10.00	187.44	1,874.40	10.00	187.44	1,874.40
Fragmentación 6'' y coloc. Tub. HDPE, DN 200 mm	<b>M</b>	50.49	10.60	530	50.49	20.60	0.00

<b>PRUEBAS</b>							
Prueba de compactación de suelos (proctor modificado y de control de compactación - densidad de campo)	<b>Und</b>	20.00	70.00	1,400.00	20.00	120.0	2,400.00
Prueba hidráulica de tubería p/desagüe dn 200 mm	<b>MI</b>	20.00	100.0	2,000.00	0.00	120.0	0.00
<b>COSTO TOTAL</b>		<b>S/ 59,467.14</b>			<b>S/. 100,134.59</b>		
					<b>DIFERENCIA</b>	<b>S/. 40,667.45</b>	

Fuente: Propia

#### **4.7. Impactos ambientales y sociales generados por los métodos constructivos tradicional y cracking**

##### **4.7.1. Impacto ambiental y social**

El proyecto "Ampliación y mejoramiento del sistema de saneamiento básico en la localidad de Tomapata del distrito de Ticapampa, provincia de Recuay – Ancash" se llevó a cabo en el año 2023. Esta obra tuvo como objetivo principal mejorar los sistemas de agua potable y alcantarillado en dichas áreas, mediante la sectorización de redes, la rehabilitación de las mismas y la actualización del catastro correspondiente. El proyecto abarcó una amplia zona, que incluyó los sectores mencionados, con el propósito de optimizar y asegurar un suministro adecuado de agua potable y un sistema de alcantarillado eficiente en la zona.

Con el objetivo de mitigar el impacto ambiental, se implementaron diversas medidas durante el proceso constructivo. Se realizó un riego constante para evitar la dispersión del polvo en el ambiente, y se colocaron tolderas en los volquetes encargados de transportar el material excedente para evitar su dispersión. Además, se establecieron horarios de trabajo de las maquinarias que no afectaran la calidad de vida de los residentes, y se procuró no interrumpir el tránsito vehicular, permitiendo la circulación en la vía sin afectar su totalidad.

El objetivo principal de esta tesis fue realizar un control de lotes en el proceso de construcción de diferentes métodos de construcción en lotes similares para el análisis comparativo en términos de tiempo, costo y calidad. La investigación se centró en la renovación de las antiguas tuberías de alcantarillado, y se observó que la sustitución de las tuberías mediante excavación de zanjas resultó en la remoción de materiales sobrantes y desechos, provocando contaminación vial y

dificultades viales en el tránsito. Esto, a su vez, significaba que se requería más tiempo y personal para completar la renovación, lo que generaba costos más altos. En contraste, el método de explosión requería puntos de excavación para la renovación de la tubería, necesitaba menos personal, no alteraba la estructura del camino y no causaba daños en el proceso. Esto permitía que los residentes no experimentaran molestias ni un impacto notable debido a este método de construcción.

En conclusión, esta investigación demostró que los métodos constructivos novedosos son más efectivos, económicos y aceleran el proceso constructivo en comparación con los métodos tradicionales. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos métodos novedosos también presentan desventajas y que en algunos tramos todavía se puede requerir la ejecución por el método tradicional.

### **Redes de alcantarillado**

Durante la fase de construcción, la calidad del aire, el suelo y el agua se controlaba estrictamente y clasificaba según los diferentes tipos de trabajo. Por ejemplo, durante la rehabilitación de la red de agua potable y alcantarillado, se realizaba un monitoreo mensual utilizando el método de zanja y el método sin zanja. Asimismo, existían controles durante la ejecución de líneas de transmisión de energía, rehabilitación de embalses y pozos, y otras actividades conexas. Este enfoque aseguraba que se mantuvieran estrictos controles ambientales y altos estándares de calidad en todas las etapas del proceso de construcción.

### **Método tradicional**

En el proyecto de reemplazo de tuberías, se llevó a cabo la sustitución de 652.55 metros de tubería de PVC con un diámetro de 200 mm. La instalación de estas nuevas tuberías se realizó en diversas ubicaciones, que incluían la Av. 01, Calle 01, Av. 02, Calle 02, Calle 03 y Calle 04. Esta intervención permitió mejorar la infraestructura de distribución de agua en estas áreas, garantizando un suministro más eficiente y confiable para los residentes y usuarios de la zona.

## **Método Cracking**

En el proyecto de reemplazo de tuberías, se llevó a cabo la sustitución de 652.55 metros de tubería de HDPE (Polietileno de Alta Densidad) con un diámetro de 200 mm. La instalación de estas nuevas tuberías se realizó en diferentes ubicaciones, que incluyeron la Calle 01, Calle 02, Calle 03 y Calle 04. Este reemplazo de tuberías fue parte de una iniciativa para mejorar la infraestructura de distribución de agua y alcantarillado en esas áreas específicas. Con este proyecto, se buscó garantizar un sistema más eficiente y confiable para el suministro y la evacuación de agua, beneficiando así a los residentes y usuarios de la zona.

### **4.7.2. Impactos identificados en el desarrollo y ejecución según las actividades realizadas**

#### **Contaminación por ruido y vibraciones**

Durante la ejecución de la obra, se presentó una frecuente contaminación generada por el paso de los volquetes y maquinarias. Con el objetivo de mitigar el impacto ambiental, se implementaron diversas medidas. Se realizó un riego constante para evitar la dispersión del polvo en el ambiente. Además, se colocaron tolderas en los volquetes encargados de transportar el material excedente, evitando así su dispersión. Asimismo, se establecieron horarios de trabajo para las maquinarias con el fin de minimizar cualquier impacto en la calidad de vida de los residentes. Se procuró no afectar el tránsito vehicular, evitando el cierre total de la vía y permitiendo la circulación del tráfico de manera adecuada. Estas medidas contribuyeron a reducir el impacto ambiental y a mantener la fluidez en el tránsito durante el desarrollo de la obra.

#### **Alteración de la calidad del aire**

Con el objetivo de mitigar el impacto ambiental, se implementaron diversas medidas durante la ejecución de la obra. Se llevó a cabo un riego constante para evitar la propagación del polvo en el ambiente. Además, se colocaron tolderas en los volquetes encargados de transportar el material excedente, evitando así su dispersión. Se establecieron horarios de trabajo específicos para las maquinarias, con el fin de no afectar la calidad de vida de los residentes.

Asimismo, se procuró minimizar cualquier impacto en el tránsito vehicular, evitando afectar la totalidad de la vía y permitiendo la circulación del tráfico de manera fluida.

Durante la demolición de los buzones, se generaron olores desagradables. Para abordar esta situación, se agilizaron los trabajos de desinfección y retiro de las aguas residuales generadas mediante el uso de una motobomba. Estas medidas contribuyeron a reducir tanto los olores incómodos como el impacto ambiental asociado a la demolición de los buzones, garantizando así un entorno más saludable y agradable durante el desarrollo de la obra.

### **Alteración de red de transporte y/o servicios**

Durante la instalación de las tuberías, se vio afectado el tránsito en ciertos tramos. Sin embargo, se tomaron medidas para minimizar las molestias a los conductores. En lugar de afectar la vía en su totalidad, se permitió el paso de los vehículos mediante un carril habilitado específicamente para este fin. Para garantizar la seguridad de los conductores, se colocaron cintas señalizadoras en los bordes del carril, con el objetivo de prevenir cualquier tipo de accidente y brindar una clara orientación a los usuarios de la vía. Estas medidas de señalización y control del tráfico contribuyeron a mantener un flujo vehicular seguro y ordenado durante la instalación de las tuberías.

### **Impacto socio económico – afectación de la economía**

Estos impactos generaron eventualmente consecuencias para las tiendas ubicadas en las cercanías de la obra. La demolición de veredas y pistas afectó directamente a los propietarios de los negocios, ya que se vieron perjudicados en cuanto a los accesos y la visibilidad de sus establecimientos. Además, la cobertura vegetal se vio afectada debido a la demolición de las veredas, lo que implicó la pérdida de algunas vegetaciones existentes en el área. No obstante, se tenía previsto compensar esta pérdida mediante la reinstalación de la vegetación afectada, con el objetivo de restaurar el entorno natural y contribuir a la mejora de la calidad ambiental en la zona. Se tomaron las medidas necesarias para minimizar las consecuencias negativas para los negocios y preservar el equilibrio ecológico de la zona afectada.

### **Afectación de la tranquilidad**

En determinados tramos, las veredas se vieron afectadas debido a su demolición. Sin embargo, se tomaron medidas para garantizar la seguridad de los transeúntes durante esta etapa. Se instalaron cintas y mallas de seguridad en el área de trabajo con el propósito de proteger a las personas que transitaban por la zona. Estas medidas se implementaron para evitar cualquier tipo de accidente o peligro para los peatones, brindando así un entorno seguro durante el proceso de demolición de las veredas. La seguridad de los transeúntes fue una prioridad durante el desarrollo de la obra, y se tomaron todas las precauciones necesarias para minimizar cualquier riesgo asociado a la demolición y garantizar un paso seguro por la zona afectada.

## V. DISCUSIÓN

Respecto con la dimensión proceso constructivo en la obra de Recuay Ticapampa, se empleó el método tradicional de zanja abierta en ciertos tramos para llevar a cabo la excavación necesaria. Este método consistió en realizar excavaciones que permiten la instalación de tuberías de cualquier diámetro, de acuerdo con el diseño establecido. Su aplicación no se vio limitada por las características del terreno, pendientes u otros factores, siendo ampliamente utilizado en el ámbito de la construcción. No obstante, es importante mencionar que este método tradicional presentó algunas deficiencias en términos de costo, tiempo e impacto ambiental. Su ejecución, aunque efectiva, requirió la remoción total del terreno, lo que generó un significativo impacto ambiental. Además, afectó la fluidez del tránsito y prolongó el tiempo de ejecución de la obra. Por tanto, es fundamental considerar alternativas constructivas más eficientes y respetuosas con el medio ambiente, teniendo en cuenta las características específicas de la obra de Recuay Ticapampa y cumpliendo con las normativas vigentes en cuanto a protección ambiental. El método de cracking en comparación con el método tradicional de zanja abierta se destacó por su eficiencia, calidad, costo y tiempo.

Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Yataco (2021), quien concluyó que la utilización de la técnica de Cracking demostró tener resultados favorables cuando se consideró la revitalización de tuberías de agua potable y alcantarillado. Este enfoque ofreció numerosas ventajas que lo convierten en una recomendación viable para este tipo de proyectos el costo directo para el presupuesto es menor y la producción de la instalación es mayor. Nuevamente, son consistentes con los resultados de Pérez (2020), quien afirmó que la aplicación del método de ruptura en las obras de renovación y restauración de tuberías de abastecimiento de agua y alcantarillado redujo significativamente la obra hasta en un 60% debido a la efectividad y eficiencia ganada en cada aspecto de estudio de tiempos de las obras realizadas, este porcentaje se comparó con el método tradicional.

Por otro lado, Díaz & Rivera (2015) afirmaron que el proceso constructivo se pudo definir como el conjunto de acciones y operaciones que se llevan a cabo durante la construcción de un edificio o estructura, desde la preparación del terreno hasta la finalización de la obra. Este proceso implicó la coordinación y el trabajo conjunto de diferentes agentes, tales como arquitectos, ingenieros, contratistas, obreros y proveedores, entre otros

Respecto con la dimensión rendimiento, el método de tradicional es ampliamente utilizado en la instalación de tuberías, ya que permitió la colocación de conductos de cualquier diámetro de acuerdo con el diseño requerido. Este método no tiene limitaciones en cuanto a terrenos, pendientes o características específicas, lo que lo convirtió en una opción comúnmente utilizada. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este enfoque tradicional presentó deficiencias en términos de costo, tiempo e impacto ambiental. La ejecución de la zanja abierta implicó la remoción total del terreno, lo que generó un gran impacto ambiental, afectó el flujo del tráfico y aumentó el tiempo necesario para completar el proyecto.

Estos resultados coincidieron con los encontrados por Carhuallanqui (2021) quien concluyó que la tecnología sin zanja Pipe Bursting”, países de todo el mundo demostraron que se podía realizar todas las actividades relacionadas con la renovación y restauración de servicios subterráneos en menos tiempo y con un menor costo económico. Del mismo modo coincidió con Salazar (2022) quien planteó que las personas que debían evaluar en la matriz multicriterio deben ser expertos en el tema o área a evaluar, sino es así es posible tomar decisiones erróneas debido a la falta de experiencia o de conocimiento en el tema.

Por otro lado, Montesinos (2019) afirmó que el rendimiento se podía definir como la cantidad de trabajo que se realizaba en un determinado tiempo, mientras que los costos son los gastos necesarios para llevar a cabo el proyecto. Por tanto, el rendimiento y los costos están íntimamente ligados, ya que el rendimiento se traduce en un mayor aprovechamiento de los recursos y una reducción de los costos.

De acuerdo con la dimensión costos, para determinar el costo directo del proyecto, se realizó una evaluación integral de todos los elementos incluidos en

el presupuesto para esta tecnología en particular. Esto involucró mediciones y análisis meticulosos relacionados con el costo. En el caso de los lotes de termofusión y fragmentación, se calcularon las cantidades necesarias a partir de los rendimientos obtenidos en campo, además de obtener cotizaciones de los equipos de trabajo necesarios. Como resultado, el costo directo estimado para este tramo del proyecto fue de S/ 164,829.25, lo que representó el presupuesto óptimo para su ejecución. En el cuadro de “Resumen de Presupuesto” que se presenta a continuación, se detalló el costo directo total del proyecto.

Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Andía et al. (2020), quienes afirmaron que la evaluación de proyectos de agua potable y saneamiento en el sector salud debe realizarse con un enfoque integrado con un único flujo de caja, resumiendo todos los impactos generados. y aplicando un análisis de costo-beneficio. Como también Zhou et al. (2022) quien concluyó que el tiempo de procesamiento para el YOLO\_v2 no varió significativamente durante toda la simulación. Por lo tanto, se abordó que existe una compensación entre la precisión de detección y el costo de cálculo entre los dos tipos de modelos.

Por otro lado, Villagra (2018) afirmó que la gestión del tiempo es otro aspecto fundamental en la relación entre el rendimiento y los costos, ya que el tiempo es un recurso valioso en cualquier proyecto de construcción. Es necesario establecer medidas para la gestión del tiempo, como la definición de plazos y la programación de actividades, con el fin de optimizar el rendimiento y reducir los costos.

De acuerdo con la dimensión impacto ambiental el proyecto abarcó una amplia zona, que incluyó los sectores mencionados, con el propósito de optimizar y asegurar un suministro adecuado de agua potable y un sistema de alcantarillado eficiente en la zona. Con el objetivo de mitigar el impacto ambiental, se implementaron diversas medidas durante el proceso constructivo. Se realizó un riego constante para evitar la dispersión del polvo en el ambiente, y se colocaron tolderas en los volquetes encargados de transportar el material excedente para evitar su dispersión. Además, se establecieron horarios de trabajo de las maquinarias que no afectaron la calidad de vida de los residentes, y se procuró

no interrumpir el tránsito vehicular, permitiendo la circulación en la vía sin afectar su totalidad. Implicó un mayor tiempo y personal para completar la renovación, resultando en un costo más elevado. En comparación, el método cracking, que requería puntos de excavación para llevar a cabo la renovación de tuberías con un personal calificado en menor cantidad, no alteró la estructura de la vía y no generó daños durante el proceso. Esto permitió que los habitantes no experimentaran molestias o afectaciones significativas debido a este método constructivo. En conclusión, demostró que los métodos constructivos novedosos son más efectivos, económicos y agilizan el proceso constructivo en comparación con los métodos tradicionales. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos métodos novedosos también presentaron desventajas y que en algunos tramos todavía se podía requerir la ejecución por el método tradicional.

Perdomo (2022) quien concluyó que comparando los resultados de los vertidos contaminantes in situ con los obtenidos por calibración del modelo, la diferencia media fue del 7,69% para sistemas de guiado y conductos piloto T, y de 1 para canales abiertos, 12%, confirmando la calibración del modelo y la distribución estadística empleada. Así mismo, Montañez & Maldonado (2019) concluyeron que la tecnología sin zanja fue bastante amplia y presentó parámetros de diseño generales que se adaptaron a las necesidades de cada país para el que fue elaborado.

Por otro lado, Cluzel et al. (2020) afirmó que el impacto ambiental son los efectos que tiene una actividad sobre el medio ambiente, tanto positivos como negativos. En el caso de la construcción, el impacto ambiental se manifestó a través de la emisión de gases de efecto invernadero, la generación de residuos y vertidos, la alteración del suelo y la fauna, la contaminación acústica y visual, entre otros.

## VI. CONCLUSIONES

- El estudio comparativo entre diferentes alternativas para el reemplazo de tuberías de red de alcantarillado demostró que la tecnología sin zanja “Cracking” fue la opción más eficiente y rentable tanto para la construcción nueva como para la renovación y rehabilitación de redes existentes. Este método ha sido utilizado exitosamente en diversos países, permitiendo llevar a cabo las actividades relacionadas con los servicios subterráneos de manera más rápida y a un menor costo económico.
- El análisis técnico de los procesos constructivos y los presupuestos elaborados para el reemplazo de tuberías de red de alcantarillado reveló que la tecnología sin zanja “Cracking” fue la alternativa más efectiva. Los rendimientos obtenidos en comparación con el método tradicional respaldan, demostrando que el Pipe “Cracking” fue la opción más eficaz para la renovación del sistema de alcantarillado en las zonas mencionadas. Además, este método demostró su eficacia en términos de costos y tiempos de ejecución.
- La comparación económica entre el método constructivo tradicional y “Cracking” reveló que este último es más económico y rápido. El costo directo y el tiempo de ejecución estimados para el método de renovación “Cracking” fueron considerablemente menores en comparación con el método convencional de zanja abierta. Además, el “Cracking” generó un impacto socioeconómico menor, ya que requirió menos movimientos de tierra, demolición y reposiciones, lo que resultó en una menor alteración en la calidad de vida de los residentes. Finalmente, la técnica de renovación mediante el método “Cracking” fue más económica y rápida que el método tradicional de zanja abierta, generando un costo de S/ 59,467.14, con un tiempo de ejecución estimado a 5 días a comparación del método tradicional.

## VII. RECOMENDACIONES

- Implementar la tecnología sin zanja "Cracking" como la opción preferida para el reemplazo de tuberías de red de alcantarillado. Con base en los resultados del estudio comparativo, se recomienda adoptar esta técnica tanto en la construcción nueva como en la renovación y rehabilitación de redes existentes. Esto permitió llevar a cabo las actividades relacionadas con los servicios subterráneos de manera más eficiente, rápida y a un menor costo económico.
- Capacitar al personal técnico y de construcción en el uso de la tecnología sin zanja "Cracking". Es fundamental que los profesionales y trabajadores involucrados en los procesos constructivos estén familiarizados con los métodos y técnicas asociadas al "Cracking". Se recomienda brindar capacitaciones y entrenamientos para garantizar una correcta implementación de esta tecnología, maximizando sus beneficios y reduciendo posibles inconvenientes durante la ejecución de los proyectos.
- Fomentar la conciencia ambiental y social en la selección de métodos constructivos. Aunque el "Cracking" ha demostrado ser más económico y rápido que el método tradicional de zanja abierta también es importante considerar los aspectos ambientales y sociales. Se recomienda evaluar y mitigar los impactos ambientales mediante medidas de gestión, como el control de polvo y la reducción de residuos. Además, es fundamental establecer una comunicación clara con los residentes y minimizar las molestias durante la ejecución de las obras, asegurando una buena calidad de vida para la comunidad afectada.

## REFERENCIAS

A decision support system to design water supply and sewer pipes replacement intervention programs por Cristóbal Ramos [et al]. *Reliability Engineering & System Safety* [en línea]. Vol. 216 n°1: 1-16, 2021. [Fecha de consulta: 03 de setiembre del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107967> ISSN: 0951-8320

ALAO, M., POPOOLA, O., y AYODELE, T. Proyección del potencial energético y la viabilidad económica de la generación de energía renovable a partir de residuos sólidos municipales: Indicación de las provincias sudafricanas. *Energy for Sustainable Development* [en línea]. Vol. 71 N°1: 1-16, 2022. [Fecha de consulta: 03 de setiembre del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.esd.2022.10.010> ISSN: 0973-0826

ANDÍA, Walter, VELÁSQUEZ, Juan y VILLENA, Ricardo. La evaluación de proyectos de inversión en el sector Saneamiento del Perú: Análisis metodológico. *Dominio de las Ciencias* [en línea]. Vol. 6 n°1(Extra 3): 1-18, 2020. [Fecha de consulta: 03 de setiembre del 2023]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1394> ISSN: 2477-8818

AUTOMATIC detection of sewer defects based on improved you only look once algorithm por Yi, Tan [et al]. *Automation in Construction* [en línea]. Vol. 131, n°1:1-17, 2021. [Fecha de consulta: 03 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103912> ISSN: 0926-5805

AUTOMATIC detection method of sewer pipe defects using deep learning techniques por Jiawei, Zhan [et al]. *Applied Sciences* [en línea]. Vol. 13 n°7:2-19, 2023. [Fecha de consulta: 03 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app13074589> ISSN: 2076-3417

CARHUALLANQUI, Jhon. Análisis técnico y económico de alternativas para reemplazo de tuberías de sistema de red de alcantarillado. Tesis (Optar por título profesional de Ingeniería Civil). Huancayo: Universidad Peruana Los Andes, 2020. 168 pp. Disponible en: <https://bitly.ws/TTpk>

CAUSAS de retraso en la construcción de proyectos de agua potable y alcantarillado en Ecuador por Fernando CASTRO [et al]. *Gaceta Técnica* [en línea]. Vol. 23 n°1: 1-17, 2022. [Fecha de consulta: el 10 de septiembre de 2023]. Disponible en: doi:10.51372/gacetatecnica231.2 ISSN 2477-9539.

CELI, María. Análisis comparativo entre los métodos de zanja abierta y Pipe Bursting en la rehabilitación de tubería de AA.SS de la la Av. Martha B. Roldós E 13R Cjon. 17B y Calle 1era. Tesis (Optar por título profesional de Ingeniería Civil). Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería Civil, 2018. 97 pp. Disponible en: <https://bitly.ws/TTpy>

COMPARISON of classic object-detection techniques for automated sewer defect detection por Qianqian, Zhou [et al]. *Journal of Hydroinformatics* [en línea]. Vol. 24 n°2: 406–419, 2022. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/hydro.2022.132> ISSN: 1465-1734

ENVIRONMENTAL and Health Impacts of Air Pollution: A Review por Loannis MANISALIDIS [et al]. *Frontiers in Public Health* [en línea]. Vol. 8 n°1: 1-13, 2020. [Fecha de consulta: 03 de setiembre del 2023]. Disponible en: doi:10.3389/fpubh.2020.00014 ISSN: 2296-2565

ESTIMATING the environmental impacts of 57,000 food products por M. Clark [et al]. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [en línea]. Vol. 119 n°33: 1-12, 2022. [Fecha de consulta: 03 de setiembre del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1073/pnas.2120584119>

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 6.a ed. México: McGrawHill Education, 2014. 634 pp. Disponible en: <https://bitly.ws/TPu2> ISBN: 978-1-4562-2396-0

HERNÁNDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian. Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: Editorial Mc Graw Hill

Education, 2018. 744 pp. Disponible en: <https://bitly.ws/z6DY> ISBN: 978-1-4562-6096-5

HOW to promote zero-carbon oilfield target? A technical-economic model to analyze the economic and environmental benefits of Recycle-CCS-EOR project por Xin, Zhang [et al]. *Energy* [en línea]. Vol. 225, n°1: 1-18, 2021. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.120297> ISSN: 0360-5442

GUERRA, G. y LOGROÑO, S. Evaluación del impacto ambiental de los sistemas de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento de aguas residuales en Ecuador. *Ciencia Digital* [en línea]. Vol. 3 n°3.2.1: 1-15, 2019. [Fecha de consulta: 03 de setiembre del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.2.1.783> ISSN: 2602-8085

KAUSHAL, V., NAJAFI, M. y SERAJIANTEHRANI, R. Sanitary sewer construction cost comparison between trenchless cipp renewal and open-cut replacement. *Proceedings of International Structural Engineering and Construction* [en línea]. Vol. 7 n°1: 1-6, 2020. [Fecha de consulta: 03 de setiembre del 2023]. Disponible en: [https://doi.org/10.14455/isec.res.2020.7\(1\).pip-01](https://doi.org/10.14455/isec.res.2020.7(1).pip-01) ISSN: 2644-108X.

KHALIFA, Iraky, ELSAYED, Amal y ABDEL, Gamal. A New Image Model for Predicting Cracks in Sewer Pipes based on Time. *International Journal of Computer Applications* [en línea]. Vol. 87 n°9:1-8, 2014. [Fecha de consulta: 03 de setiembre del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.5120/15238-3779> ISSN: 0975-8887

KREBS, F. Renovación de tuberías de agua potable y alcantarillado mediante la utilización del método “cracking” 7. Tesis (Constructor Civil). Santiago: Universidad Andrés Bello, 2020. Disponible en: <https://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/14132>

- LEANDRO, Ana. Mejoramiento de los procesos constructivos. *Revista Tecnología en Marcha* [en línea]. Vol. 21 n°4: 1-5, 2008. [Fecha de consulta: 03 de setiembre del 2023]. Disponible en: <https://bitly.ws/TTfB>
- MAKRIS, Konstantinos, LANGEVELD Jeroen y CLEMENS, François. A review on the durability of PVC sewer pipes: research vs. practice. *Structure and Infrastructure Engineering* [en línea]. Vol. 16 n°6: 1-18, 2019. [Fecha de consulta: el 10 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15732479.2019.1673442> ISSN 1744-8980.
- MONITOREO de calidad del agua en sistema de agua potable rural por A. Conejeros [et al]. *Ingeniería Electrónica, Automática y Comunicaciones* [en línea]. Vol. 42 n°3: 1-11, 2021. [Fecha de consulta: 03 de setiembre del 2023]. Disponible en: <https://bitly.ws/TSVW> ISSN: 1815-5928
- MONTAÑEZ, K., y MALDONADO, D. Estudio de los sistemas de construcción sin zanja auger boring y excavación horizontal dirigida, y de rehabilitación CIPP y sliplining. Tesis (Maestría en Ingeniería Civil). Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2019. 221 pp. Disponible en: <https://bitly.ws/TThe>
- MONTESINOS, Moisés. Formalización de procesos constructivos para reducir vulnerabilidad sísmica de las viviendas autoconstruidas del PPJJ Los Rosales, Ancón, 2019. Tesis (Título profesional de Ingeniería Civil). Lima: Repositorio Institucional – UCV, 2019. 105 pp. Disponible en: <https://bitly.ws/TTpV>
- OBRADOVIĆ, D., ŠPERAC, M., y MARENJAK, S. Challenges in Sewer System Maintenance. *Encyclopedia* [en línea]. Vol. 3 n°1: 1-21, 2023. [Fecha de consulta: el 10 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/encyclopedia3010010> ISSN 2673-8392
- PERDOMO, L. Análisis comparativo por medio de un modelo de simulación de elementos discretos para la estimación de la huella de carbono, en instalaciones de tuberías para los métodos Guided Auger Boring-Pilot

Tube y zanja abierta. Tesis (Magister en Ingeniería Civil). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, 2022. 44 pp. Disponible en: <https://doi.org/10.11144/Javeriana.10554.59128>

PEREZ, Rafael. Análisis Comparativo del método tradicional y cracking para el cambio de tuberías de agua y desagüe. Tesis (Título profesional de Ingeniería Civil). Lima: Repositorio Institucional – UCV, 2020. 57 pp. Disponible en: <https://bitly.ws/TTjn>

PORRAS, Hernán, SÁNCHEZ, Omar y GALVIS, José. Metodología para la elaboración de modelos del proceso constructivo 5d con tecnologías “building information modeling”. *Revista GTI* [en línea]. Vol. 14 n°38: 1-15, 2015. [Fecha de consulta: 03 de setiembre del 2023]. Disponible en: <https://bitly.ws/TSW8> ISSN: 1657-8236

REFLECTING on the environmental impact of research activities: An exploratory study por F. Cluzel [et al]. *Procedia CIRP* [en línea]. Vol. 90 n°1: 1-5, 2020. [Fecha de consulta: 03 de setiembre del 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.01.129> ISSN: 2212-8271

SALAZAR Molano, David. Matriz multicriterio para la toma de decisiones en la instalación de tuberías generales de alcantarillado mediante los métodos sin zanja y a zanja abierta. Tesis (Grado de Especialista en Recursos Hídricos). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, Facultad de ingeniería, 2021. 87 pp. Disponible en: <https://bitly.ws/TSXX>

SANTELICES, C., HERRERA, R. y MUÑOZ, F. Problemas en la gestión de calidad e inspección técnica de obra: un estudio aplicado al contexto chileno. *Revista ingeniería de construcción* [en línea]. Vol. 34 n°3:242–251, 2019. [Fecha de consulta: 03 de setiembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.4067/s0718-50732019000300242> ISSN: 0718-5073

TAMAY Vilchez, Eder. Análisis de costos y tiempos para la rehabilitación del sistema de red de alcantarillado utilizando tuberías flexibles mediante el método de Cracking, en comparación al método tradicional, en las Mz. 80

a 90 del sector J. Bernardo Alcedo, del distrito de Villa María del Triunfo. Tesis (Grado de Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional Federico Villarreal, Facultad de ingeniería civil, 2020. 109 pp. Disponible en: <https://bitly.ws/TSZP>

TOVAR, E., VALERO, J. y CEPEDA, L. Methodology for the Selection of Trenchless Sewer Rehabilitation Technologies in Bogotá, Colombia. *Tecnura* [en línea]. Vol. 25 n°68: 1-20, 2021. [Fecha de consulta: el 10 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.14483/22487638.15570> ISSN: 2248-7638

TRENCHLESS rehabilitation for concrete pipelines of water infrastructure: a review from the structural perspective por He, Zhu [et al]. *Cement and Concrete Composites* [en línea]. Vol. 123 n°1: 1-17, 2021. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2021.104193> ISSN: 0958-9465

VILLAGRA, Villamarín, Moisés. Proceso constructivo del Puente Grau. Tesis (Grado de Ingeniería Civil). Piura: Universidad de Piura, Facultad de ingeniería, 2017. 84 pp. Disponible en: <https://bitly.ws/TThu>

WANG, Yajian, LI, PengPeng y LI, Jianfeng. The monitoring approaches and non-destructive testing technologies for sewer pipelines. *Water Science and Technology* [en línea]. Vol. 85 n°10: 1-15, 2022. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/wst.2022.120> ISSN: 1996-9732

YATACO Torres, Jair. Método cracking como propuesta para la renovación de tuberías de agua potable y alcantarillado, Grocio Prado, Chíncha – 2021. Tesis (Grado de ingeniería civil). Lima: Universidad César Vallejo, Facultad de ingeniería, 2021. 115 pp. Disponible en: <https://bitly.ws/TTj4>

## ANEXOS

### Anexo 01. Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Metodología
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿Cómo realizar la evaluación técnica y económica para el recambio de tuberías de alcantarillado comparando el método tradicional y el de cracking, Recuay, 2023?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Realizar una evaluación técnica y económica para el recambio de tuberías de alcantarillado comparando el método tradicional y el de cracking, Recuay, 2023?</p>	<p>La evaluación técnica y económica para recambio de tuberías de alcantarillado mediante el método de cracking será más efectiva y rentable que el método tradicional en Recuay en 2023.</p>	<p><b><u>Independiente</u></b></p> <p>Evaluación técnica y económica</p>	<p>Proceso constructivo</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b> Aplicada</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b> Descriptiva-Comparativo</p> <p><b>Diseño de investigación:</b> No Experimental</p>
<p><b>Problema específico 1:</b></p> <p>¿Cómo realizar la evaluación técnica para el recambio de tuberías de alcantarillado comparando el método tradicional y el de cracking, Recuay, 2023?</p>	<p><b>Objetivo específico 1:</b></p> <p>Realizar una evaluación técnica para el recambio de tuberías de alcantarillado comparando el método tradicional y el de cracking, Recuay, 2023.</p>		<p><b><u>Dependiente</u></b></p> <p>Recambio de tuberías de alcantarillado comparando el método tradicional y el de cracking</p>	<p>Rendimiento</p> <p>Costos</p> <p>Impacto ambiental</p>	<p><b>Población:</b> La población de estudio estará constituida por el Sistema de Agua Potable y Alcantarillado de la provincia de Recuay</p> <p><b>Muestra:</b> La muestra estará constituida por el Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado del Jr. Bolognesi.</p>
<p><b>Problema específico 2:</b></p> <p>¿Cómo realizar la evaluación económica para el recambio de tuberías de alcantarillado comparando el método tradicional y el de cracking, Recuay, 2023?</p>	<p><b>Objetivo específico 2:</b></p> <p>Realizar una evaluación económica para el recambio de tuberías de alcantarillado comparando el método tradicional y el de cracking, Recuay, 2023.</p>				

Fuente: Propia.

## Anexo 02. Operacionalización de variables.

Variables	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<p><b>Variable independiente:</b></p> <p>Evaluación técnica y económica</p>	<p>El proceso de evaluación técnica abarca el examen y la evaluación de varios componentes técnicos del proyecto, incluidos los estándares de ingeniería, diseño, tecnología y calidad. Su finalidad es conocer la viabilidad del proyecto desde el punto de vista técnico. Por otro lado, la evaluación económica implica el análisis exhaustivo de los costos y beneficios del proyecto. Esto incluye evaluar los costos de inversión, los gastos operativos y de mantenimiento, así como los ingresos y beneficios proyectados. El objetivo es determinar si el proyecto es económicamente viable y rentable (Villagra, 2018).</p>	<p>Para realizar la evaluación técnica y económica se empleará un proceso sistemático riguroso de análisis y evaluación del proyecto, productos y servicios que involucra la revisión detallada y la comparación de los aspectos técnicos y económicos, evaluando el proceso constructivo, rendimiento, costos e impacto ambiental.</p>	<p>Proceso constructivo</p>	<p>Actividades constructivas</p>	<p>Nominal</p>
<p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Recambio de tuberías de alcantarillado comparando el método tradicional y el de cracking</p>	<p>El reemplazo de tuberías viejas o deterioradas por otras nuevas es un proceso crucial para mantener la efectividad e integridad del sistema de alcantarillado. Hay dos enfoques principales para este reemplazo de tubería: el método tradicional y el método de Cracking. (Krebs, 2020).</p>	<p>Para realizar el recambio de tuberías de alcantarillado es se va a determinar el método más adecuado para el recambio de tuberías de alcantarillado, considerando varios factores, incluyendo el costo total del proyecto, el tiempo necesario para completar el trabajo, los impactos en la comunidad y el medio ambiente, y la calidad y durabilidad de las tuberías instaladas.</p>	<p>Rendimiento</p>	<p>Tiempo de ejecución</p>	<p>Razón</p>
			<p>Costos</p>	<p>Cantidad en soles</p>	
			<p>Impacto ambiental</p>	<p>Bienestar y satisfacción</p>	<p>Nominal</p>

Fuente: Propia