

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
Escuela de Profesional de Ingeniería Civil



TESIS:

“Eficiencia del método cracking en la renovación de las redes de alcantarillado frente a la utilización del método tradicional para la ciudad de Abancay”.

Presentado por:

Bach: Jesús Hipólito Ramírez Aramburú

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Abancay – Apurímac – Perú

2023

Tesis:

“Eficiencia del método Cracking en la renovación de las redes de alcantarillado frente a la utilización del método tradicional para la ciudad de Abancay”

Línea de investigación:

Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible.

Asesor:

Msc. Ángel Maldonado Mendívil

DEDICATORIA

A mis padres Hipólito Ramírez Moscoso y Lucila Aramburu Escudero que con todo su esfuerzo y su cariño me impulsaron a alcanzar mis metas dándome siempre fortaleza y apoyo. A mi esposa Criss Aldazabal Ccasani que me dio mis dos más grandes bendiciones y su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Tecnológica de los Andes, a mi asesor Mag. Ángel Maldonado Mendivil por su respaldo y dirección para la elaboración de esta tesis. También al Ing. César Lámbert Echeverría por su guía y enseñanza.

ÍNDICE

capítulo i: planteamiento del problema.....	1
1.1 Realidad problemática.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	8
1.2.1 Formulación de problemas.....	8
1.2.2 Problema general.....	9
1.2.3 Problemas específicos.....	10
1.3 Justificación de la investigación.....	10
1.4 Objetivos de la investigación.....	10
1.4.1 Objetivo general.....	10
1.4.2 Objetivos específicos.....	11
1.5 Delimitación de la investigación.....	11
1.5.1 Espacial.....	12
1.5.2 Temporal.....	12
1.5.3 Social.....	12
1.5.4 Conceptual.....	12
1.6 Viabilidad de la investigación.....	13
1.7 Limitaciones.....	14
Capítulo II: Marco teórico.....	15
2.1 Antecedentes de investigación.....	15
2.1.1 A nivel internacional.....	15
2.1.2 A nivel nacional.....	18
2.1.3 A nivel regional y local.....	20
2.2 Bases teóricas.....	21
2.2.1 Metodología sin zanja.....	21
2.2.2 Método cracking para rehabilitación de redes de alcantarillado.....	22
2.2.3 Proceso constructivo de la tecnología sin zanja.....	25

2.2.4	Método tradicional con zanja abierta para rehabilitación de redes.....	35
2.2.5	Proceso constructivo del método tradicional	36
2.3	Marco conceptual	44
Capítulo III: Metodología de investigación.....		51
3.1	Hipótesis.....	51
3.3.1	Hipótesis general.....	51
3.3.2	Hipótesis específicas.....	51
3.2	Método	52
3.3	Tipo de investigación.....	52
3.4	Nivel o alcance de investigación	52
3.5	Diseño de investigación.....	53
3.6	Operacionalización de variables.....	53
3.7	Población, muestra y muestreo	54
3.7.1	Población.....	54
3.7.2	Muestra	55
3.8	Técnicas e instrumentos.....	55
3.9	Consideraciones éticas	56
3.10	Procesamiento de estadísticos.....	57
Capítulo IV: Resultados y discusión		58
4.1	Resultados	58
4.1.1	Proceso constructivo del método cracking suministros y materiales	58
4.1.2	Proceso constructivo del método tradicional	67
4.1.3	Análisis de datos, mediciones, encuestas y control de recursos.....	76
4.1.4	Preguntas realizadas en las encuestas para la validación de datos	77
4.2	Discusión de resultados	89
4.2.2	Evaluado los procesos constructivos, los tiempos de aplicación.....	92
4.2.3	Constatación de hipótesis	95

Conclusiones.....	98
Recomendaciones:.....	101
Referencias bibliográficas	104
Anexos	110

Tablas

Tabla 1	54
Tabla 2	77
Tabla 3	78
Tabla 4	80
Tabla 5	80
Tabla 6	82
Tabla 7	84
Tabla 8	84
Tabla 9	86
Tabla 10	87
Tabla 11	88
Tabla 12	95
Tabla 13	95
Tabla 14	110

Figuras

Figura 1	2
colapso de redes secundarias de alcantarillado (emisor pachachaca)	2
Figura 2	3
estado de las redes secundarias de alcantarillado	3
Figura 3	18
países asociados a la istt fuente: istt	18
Figura 5	24
fragmentación dinámica en conjunto	24
Figura 6 y 7	24
impulsión neumática y ventana de lanzamiento	24
Figura 8	26
equipo de lavado en operación de redes	26
Figura 9 y 10	26
equipo de lavado en operación de redes	26
Figura 11	27
cámara de inspección televisiva para distintos diámetros	27
Figura 12	27
vista de inspección dentro de la tubería	27
Figura 13 y 14	29
demarcación y excavación de ventanas	29
Figura 15	30
acción combinada de equipos	30
Figura 16	31
parámetros aplicados en latinoamérica para la termofusión. (falta fuente)	31
Figura 17	32
refrendado y fusión de tuberías	32

Figura 18	33
colocación de cabezal de corte.	33
Figura 19	33
hydroguide.....	33
Figura 20	34
cable del hydroguide adosado al cabezal de corte.....	34
Figura 21	34
acción combinada de los equipos.	34
Figura 22	35
reposición de pavimento en ventanas.	35
Figura 23	38
demolición de pavimentos.....	38
Figura 24	39
excavación de zanjas.	39
Figura 25	41
instalación de tuberías red secundaria.....	41
Figura 26	41
instalación de conexiones domiciliarias.....	41
Figura 27	42
colocación de material de cama.	42
Figura 28	43
relleno y compactación de zanjas.	43
Figura 29	43
relleno y compactación de zanjas.	43
Figura 30	47
características geométricas en una tubería a sección parcialmente llena.....	47
Figura 31	50

fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis.	50
Figura 32	59
identificación del tramo intervenido (tramo n°37).	59
Figura 33	61
excavación de conexiones domiciliarias.....	61
Figura 34	62
parámetros del proceso de fusión.	62
Figura 35	63
equipo de termofusión.	63
Figura 36	64
fragmentación de tubería con el hydroguide.	64
Figura 37	65
inserción de tubería hdpe.	65
Figura 38	66
instalación de conexión domiciliaria.	66
Figura 39	66
compactación de zanja.....	66
Figura 40	68
tramo intervenido con el método tradicional. (b306a al b306b).	68
Figura 41	69
demolición red secundaria alcantarillado.	69
Figura 42	70
excavación de zanja de la red secundaria de alcantarillado.	70
Figura 43	71
excavación de conexiones.	71
Figura 44	71
entibados de las líneas excavadas para la instalación de tubería.....	71

Figura 45	73
demolición y excavación de conexiones domiciliarias.....	73
Figura 46	74
relleno de zanjas red secundaria.....	74
Figura 47	74
relleno y compactación de zanjas de las conexiones domiciliarias.	74
Figura 48	75
diagrama del proceso constructivo del método cracking.....	75
Figura 49	76
diagrama del proceso constructivo del método tradicional.....	76
Figura 50	78
gráfico tecnologías sin zanjas y la metodología tradicional.....	78
Figura 51	81
gráfico de cantidad de ruido de ambos métodos.....	81
Figura 52	81
gráfico de cantidad de equipos utilizados y tiempo de trabajo.	81
Figura 53	83
resultados del análisis correspondiente a la pregunta 3.3.....	83
Figura 54	85
comparativa de cantidad de emisiones de cada metodología.....	85

ACRONIMOS

ONU: Organización de las Naciones Unidas.

OMS: Organismo mundial de la salud.

OPS: Organización Panamericana de la Salud.

EMUSAP: Empresa Municipal de Servicios de Agua Potable.

SEDAPAL: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima.

RESUMEN

El contenido de esta tesis describe la utilización de tecnologías sin excavación de zanjas para la rehabilitación de redes de alcantarillado, respecto a la utilización de los métodos tradicionales con excavación de zanjas en la rehabilitación de redes de alcantarillado.

La metodología sin zanja “Método Cracking” o Pipe Bursting de su descripción en inglés, refiere procedimientos, mecanismos y componentes específicos para su operatividad, estos fueron detallados en este estudio, enfocado en el impacto social y medio ambiental. La comparación entre el método sin zanja y el método tradicional a zanja abierta, requiere un enfoque cualitativo, con parámetros descriptivos y comparativos. Esta evaluación es propia de actividades realizadas en obra con ambas metodologías, durante la renovación de tuberías de alcantarillado, de las actividades realizadas y los suministros utilizado se determina las conclusiones de esta tesis. considerando la eficiencia de ambos métodos, enfocado en cuál de ellos es el menos invasivo y de menor inversión en su aplicación. Cada una de estas metodologías requiere personal y maquinaria especializada. Más aun en la metodología sin zanja, la cual tiene como alcances de su aplicación el incremento de diámetros de las tuberías a rehabilitar, menor utilización de suministros para la unión de tuberías, dichas tuberías están compuestas de materiales con mayor durabilidad y resistentes, su instalación requiere menor movimiento de tierras reduciendo las reposiciones de pavimentos, esto conlleva a un menor tiempo de intervención. Contemplando que esta evolución fue una comparativa con el método tradicional a zanja abierta para la renovación de redes de alcantarillado, deberá considerarse que el método con zanja refiere particularidad considerables tales como: disponibilidad a cambios de perfil y

dirección de la redes de alcantarillado, menor desgaste de los buzones en la red, reconocimiento directo de conexiones clandestinas, mayor tránsito de maquinaria para la remoción de desmontes, mayor afectación a redes colindantes a las excavaciones, mayor cobertura de protección de personal obrero y peatonal, mayor tiempo de intervención y reposición de pavimentos, en renovaciones de tramos cortos es inevitable usar esta metodología sin zanja.

Palabras clave: Alcantarillado sanitario; mejoramiento; urbano; rediseño; metodología

ABSTRACT

The content of this thesis describes the use of trenchless technologies for the rehabilitation of sewerage networks, with respect to the use of traditional methods with trenching in the rehabilitation of sewerage networks.

The trenchless methodology "Cracking Method" or Pipe Bursting of its English description, refers to procedures, mechanisms and specific components for its operation, these will be detailed in this study, focused on the social and environmental impact. The comparison between the trenchless method and the traditional open trench method requires a qualitative approach, with descriptive and comparative parameters. This evaluation is based on activities carried out on site with both methodologies, during the renovation of sewer pipes, from the activities performed and the supplies used, the conclusions of this thesis are determined, considering the efficiency of both methods, focusing on which of them is the less invasive and requires less investment in its application. Each one of these methodologies requires specialized personnel and machinery, even more in the trenchless methodology, which has as scopes of its application the increase of diameters of the pipes to rehabilitate, less use of supplies for the union of pipes, these pipes are composed of materials with greater durability and resistance, its installation requires less earth movement reducing the pavement replacements, this leads to a shorter intervention time. Considering that this evolution is a comparison with the traditional open trench method for the renovation of sewerage networks, it should be considered that the trench method refers to considerable particularities such as: Availability to changes of profile and direction of the sewerage networks, less wear of the mailboxes in the network, direct recognition of clandestine connections, greater transit of machinery for the removal of cuttings, greater

affectation to networks adjacent to the excavations, greater protection coverage of workers and pedestrian personnel, longer intervention time and replacement of pavements, in renovations of short sections it is inevitable to use this trenchless methodology.

Keywords: sanitary sewerage, improvement, urban, redensing, methodology.

INTRODUCCION

Las nuevas tecnologías para renovación de tuberías de alcantarillado tienen un impacto social y medio ambiental distinto, al generado con la aplicación de las metodologías tradicionales de renovación de tuberías, estas nuevas tecnologías van siendo resaltantes dentro de los proyectos de mejoramiento de redes de alcantarillado en el Perú, por ello, el objetivo es poder dar a conocer todos sus alcances y desventajas de su aplicación en nuestro país.

La metodología sin zanja está siendo utilizada en diferentes obras de saneamiento, lo cual permite tener mayor cantidad de datos procedentes de las diferentes regiones del país. Estos serán comparados con los resultados obtenidos con la metodología tradicional, la cual es la más utilizada en las renovaciones de tuberías de alcantarillado a la fecha.

En el capítulo I: Se desarrollo el planteamiento y delimitación del problema, los objetivos de la tesis y las limitaciones y justificación.

En el capítulo II: Se mostró las investigaciones relacionadas, se desarrolló la estructura teórica que sustenta la tesis y sobre las tecnologías sin zanja, por último, se describe la hipótesis y los alcances que sustentan los resultados obtenidos.

En el capítulo III: Se determinó la población y el espacio muestral de la tesis, así como también la metodología de la investigación y se describió las técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.

En el capítulo IV: Se dieron a conocer los resultados que se obtuvo de la investigación, los cálculos teóricos y la información recopilada realizada durante la aplicación del método cracking en la ciudad de Abancay.

En el capítulo V: Por último, se obtuvo las conclusiones y recomendaciones de la investigación realizada en el desarrollo de la tesis.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Realidad problemática

Las obras de saneamiento básico se conciben, de la necesidad de disminuir las enfermedades diarreicas, gastrointestinales y parasitarias, que incrementan el índice de morbilidad y mortalidad, el aumento de la malnutrición y los gastos de atención en salud y por ende se agudiza el índice de pobreza de la población del distrito. Estos datos son proporcionados por la Organismo mundial de la salud (OMS) Las Américas y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), estos organismos estiman la carga económica y de morbilidad respecto a las enfermedades gastroentéricas en hospitales de América Latina y del Caribe (Argentina, Brasil, Chile, Honduras, México, Panamá, República Dominicana y Venezuela). Donde detalla las siguientes cifras respecto a los cálculos realizados los cuales se estiman en: 246 consultas externas, 24 hospitalizaciones, 6 muertes y un gasto de US\$ 7,971.00 por cada 1000 nacidos en los años de 2019 al 2021.

[Recuperado de <https://www.paho.org/es>]

En la actualidad los servicios de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Abancay son administrados por la Empresa prestadora de Servicios (E.P.S).

Empresa Municipal de Servicios de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado de Abancay S.A (EMUSAP). Empresa que abastece de agua potable al distrito de Abancay y a una parte del distrito de Tamburco, a través de cinco sectores y dos subsectores (Sector I, Sector II A, Sector IIB, Sector IIIA, Sector IIIB, Sector IV, Sector V) y en alcantarillado sanitario aproximadamente al 75% de la población urbana de Abancay. La población viene sufriendo un servicio inadecuado de alcantarillado, debido al mal estado de la infraestructura de agua residual, influyendo también el crecimiento poblacional en la ciudad.

Actualmente, se ha podido observar que la infraestructura existente, se encuentra en mal estado, y que otra parte de esta se encuentra a medio construir, y que se requiere que se culmine.

Figura 1

Colapso de redes secundarias de alcantarillado (Emisor Pachachaca).



Fuente: Consorcio Abancay

Se observo las infraestructuras deterioradas de la red secundaria de desagüe, el cual presenta filtraciones, ocasionando contaminación del suelo y agua, considerando que la red existente está compuesta de tubería de concreto normalizado, con un tiempo de uso excedido.

Figura 2

Estado de las redes secundarias de alcantarillado.



Fuente: Consorcio Abancay.

Descripción del sistema de alcantarillado de la zona central y alrededores de la ciudad de Abancay, actualmente, se encuentra dividido en 04 sectores las cuales representan las zonas más vulnerables al colapso de las redes de alcantarillado.

Consorcio Abancay (2019). Memoria descriptiva.

A. sector 01: Urb. Víctor Acosta, parte de la Urb. Santa Rosa, parte de la Urb. La Victoria y la parte noroeste del centro de la ciudad.

Este sector comprende una red de alcantarillado, en la cual 15% de las vías fueron renovadas entre al año 2005 y 2010. Asimismo, se tiene el 10%, de las redes con una antigüedad mayor a 20 años, las cuales son parte de colectores secundarios, y el 75% de este sector fue renovada entre los años 2014 y 2018 respectivamente,

resaltando las redes principales que inician en la Av. Mariano Melgar en una longitud de 870.14 ml con una red de diámetro de 200mm PVC, continuando con la Av. Túpac Amaru en una longitud de 29.36 ml y una red de diámetro de 250mm High Density Polyethylene (HDPE), polietileno de alta densidad, seguidamente el Jr. Taracalle en una longitud de 221.47ml con una red de diámetro de 250mm HDPE, Av. Prado Norte en una longitud de 68.3 ml con una red de diámetro de 250mm HDPE, y la Av. Núñez en una longitud de 717.98ml con una red de diámetro de 250mm HDPE.

Este sector se encontraba inhabilitado en la Jr. Taracalle, él estaba compuesto de una red de concreto reforzado de diámetro 200mm deteriorado y erosionado por el tránsito del agua en pendientes promedio de 11.13%, por lo cual la velocidad del flujo era considerable y generaba una tensión tractiva alta y consecuentemente en puntos de cambio de pendientes abruptas se generaba embalse de buzones.

B.- sector 02: Comprende las urbanizaciones La Victoria, Urb. Fonavi, Urb. Hiroito y el centro de la ciudad.

Este sector comprende una red de alcantarillado, en la cual 23% de las vías fueron renovadas entre al año 1992 y 2001, y el 77% de este sector fue renovada entre los años 2014 y 2018 respectivamente, resaltando las redes principales que inician en la Av. Núñez en una longitud de 717.98ml con una red de diámetro de 250mm HDPE, continuando con la Jr. Lima en una longitud de 92.30 ml y una red de diámetro de 250mm HDPE, seguidamente el Jr. Huancavelica en una longitud de 75.12ml con una red de diámetro de 250mm HDPE y el Jr. Puno en una longitud de 77.62ml con una red de 315mm HDPE.

Este sector viene a ser el cuello de botella de entrada a la red de colectores principales ubicados aguas abajo en el sector 04 Patibamba y sector 05 Patibamba Baja.

Este sector refería conexiones domiciliarias de 4" de diámetro equivalente a 110mm, pendientes mínimas por debajo de 1% y buzones deteriorados en puntos de cambio de diámetro de las redes de alcantarillado, lo cual, sumado al mal estado de las infraestructuras, generaban filtraciones en puntos de baja pendiente. También es de indicar que la red se encuentra a profundidades mínimas (\geq a 1,1m) referente al nivel de tapa de los buzones, y que definitivamente generan acumulación de flujos y sobrecarga en buzones, específicamente en los puntos de cambio de pendientes, direcciones y diámetros de tubería. Ubicados en las esquinas de las calles (Jr. Lima con Av. Núñez), (Jr. Huancavelica con Jr. Lima), (Jr. Huancavelica con Jr. Puno).

En general, la parte central de la ciudad refiere pendientes y profundidades mínimas, así como saturación de conexiones domiciliarias en las redes transversales (calles de este a oeste) y pendientes pronunciadas, buzones de cambio con profundidades mínimas en las redes Verticales (calles de norte a sur), sumado a que este sector refiere una carencia significativa de redes de evacuación de aguas fluviales, lo cual sobre cargan las redes de alcantarillado.

C.- sector 03: Urb. La victoria, parte de la Urb. Santa Rosa, y la parte oeste del centro de la ciudad.

Este sector comprende una red de alcantarillado, en la cual 12% de las redes se encuentran sin renovaciones de la red de alcantarillado recientes o contadas en por lo menos unos 20 años de antigüedad y el 88% de este sector fue renovada entre los años 2016 y 2018, respectivamente, resaltando las redes secundarias que

colectan gran parte de este sector que inician en la Av. Prado Norte en una longitud de 554.44ml con una red de diámetro de 200mm HDPE, continuando con la Av. Prado Sur en una longitud de 307.47ml y una red de diámetro de 200mm HDPE, y sus transversales como: (Jr. Grau, Jr. Arica, Jr. Cusco y Jr. Junín) con redes de diámetro de 200mm.

En sector, en particular, no tiene cambios de diámetro de tuberías, no obstante, se replica la saturación de conexiones domiciliarias en todas las calles en general, ocasionando sobrecargas en las partes más bajas de este sector, a razón de pendientes pronunciadas, buzones deteriorados en muchas de las intersecciones de alto tránsito, particularmente este sector contempla evacuación de agua fluviales, no obstante estas no se encuentran en buen estado, lo cual sobre cargan las redes de alcantarillado, sumado a ello, la concentración de agua en los techos de las viviendas colecta a la red de alcantarillado, y el área de las manzanas de este sector es considerables, y las vías donde se encuentran las redes de alcantarillado son bastante reducidas.

D.- sector 04: Este sector delimita la cuenca del vallecito el olivo con la parte de la sur oeste del centro de la ciudad.

Este sector comprende una red de alcantarillado, en la cual 98% fue renovada entre los años 2016 y 2018 respectivamente, resaltando las redes secundarias que colectan gran parte de este sector que inician en la Av. Prado Norte en una longitud de 554.44ml con una red de diámetro de 200mm HDPE, continuando con la Av. Seoane en una longitud de 327.67 y una red de 200mm HDPE, y sus transversales como: (Av. Abancay, Jr. Lima, Jr. Arequipa, Jr. 28 de Abril) con redes de 200mm.

En sector, en particular, no tiene cambios de diámetro de tuberías, no obstante se replica la saturación de conexiones domiciliarias en todas las calles en general,

incrementando a ello, calles con pendientes muy bajas, las cuales tuvieron que profundizarse para poder mejorar el tránsito de los flujos, este sector contempla evacuación de agua fluviales renovadas, no obstante estas no son suficientes para apoyar en la evacuación de aguas fluviales, lo cual sobre cargan las redes de alcantarillado, el estado de las pendientes mínimas de las redes de alcantarillado se ven reflejadas, en el trazo de las vías a donde estas pertenecen, las cuales no tienen bombeos adecuado y saturan los buzones de su entrono por la acumulación de aguas fluviales.

La evaluación de los sectores antes mencionados, refiere que los colectores secundarios si bien es cierto tiene en promedio de 87% de redes renovadas, y que la utilización del método sin zanja (cracking), fue significativa en las redes principales, mas no en la renovación de las conexiones domiciliarias.

Detalla que: la mayoría de los colectores secundarios, líneas matrices de alcantarillado se encontraban constituidos por tuberías de concreto reforzado, los cuales colapsaron al tener mayor solicitud de caudales y mayores velocidades de tránsito de flujo en su interior. Que las conexiones con diámetros menores a 4" (110mm) de concreto, se desmembraron de las redes a las cuales colectan, que los colectores principales pese a su mayor diámetro (250mm y 315mm) en comparación a las redes secundarias de alcantarillado (200mm), colapsan por el incremento de aguas fluviales en el sistema de alcantarillado que trasportan las redes secundarias a estos.

Realizada la renovación de todas estas líneas, se dio mejor movilidad al tránsito de los caudales en redes secundarias y colectores principales de alcantarillado.

El método que redujo lo invasivo de la renovación de redes existentes en estos sectores, fue el método cracking, el cual no pudo ser utilizada en zonas donde se

proyectaron redes de alcantarillado o se tuvieron que cambiar pendientes de las redes a mejorar.

Esta intervención mixta de ambos métodos genera la incertidumbre de especificar cuál de ellos es el más eficiente y adecuado para la renovación de redes de alcantarillado.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Formulación de problemas

Actualmente, el crecimiento poblacional y la expansión demográfica de la ciudad de Abancay, genera mayor necesidad de construcción de viviendas, las cuales son de manera vertical en zonas urbanizadas y de nuevas construcciones en zonas que antes tenían otros usos, esto conlleva a la necesidad de servicios básicos y un mejoramiento de los ya existentes, respecto a las dotaciones de agua potable y sistemas de desagüe.

Se ha podido observar que la infraestructura existente, requiere ampliación de redes de agua y alcantarillado, y que otra parte de esta se renovó con la ejecución de la obra “MEJORAMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LA CIUDAD DE ABANCAY”. Entre los años 2014 y 2019, respectivamente, en la cual se aplicaron diversos métodos de renovación de tuberías de alcantarillado en redes existentes, los cuales cerraron accesos calles, avenidas, jirones y pasajes. En los cuales el tránsito vehicular, peatonal y las actividades económicas fueron restringidas, tómesese en cuenta el tiempo de intervención que tuvo la ampliación del método tradicional de excavación de zanjas para la renovación de tuberías de alcantarillado, el cual fue significativo en zonas con profundidades considerables y con gran cantidad de conexiones domiciliarias.

Se aplicaron nuevas tecnologías para la renovación de tuberías de alcantarillado tales como el “método cracking” este método fue determinante en zonas donde los flujos de la red no podían ser desviados o derivados, al ser las únicos colectores que cuenta la ciudad, y siendo este el método el que no interrumpía el servicio de alcantarillado en las viviendas durante el proceso de renovación de redes, así también fue el que menos reposición de pavimento género, lo cual dio mayor facilidad a que el tránsito fuera relativamente ininterrumpido durante la ejecución de las obras.

Arce, Obregón. (2017). menciona que el tiempo de ejecución de obras dentro de la ciudad que implican cierre de calles, restricción de servicios básicos, es un factor importante ante la presencia de aniegos, productos de las lluvias las cuales, por la topografía de la ciudad y la falta de redes de evacuación de aguas fluviales, colectan directamente a las líneas de alcantarillado, lo cual genera daños económicos y colmatación de redes en sectores más bajos de la ciudad. Es por todo ello que se buscan nuevas tecnologías para intervenir este tipo de redes de alcantarillado que acorten el tiempo y sean menos invasivas en zonas urbanas o centros poblados.

La evaluación de estas dos metodologías, nos dará como resultado, cuál de ellas es la más adecuada y en qué circunstancias, así como la capacidad de avance, cambio y afectación pudiera tener cada una de estas en su ejecución. Considerando parámetros básicos como: costo beneficio, impacto ambiental e impacto social. (Sedapal, Nota de prensa N° 13-2014).

1.2.2 Problema general

¿Cuál de los métodos es más eficiente en la renovación de tuberías de alcantarillado, el método Cracking o la metodología tradicional?

1.2.3 Problemas específicos

- a. ¿Cuál de las metodologías de renovación de tuberías genera menos perjuicios sociales?
- b. ¿Cuál de las metodologías de renovación de tuberías genera menos contaminación ambiental?
- c. ¿Cuál de las metodologías de renovación de tuberías es más costosa?
- d. ¿Cuáles son las limitantes de cada una de las metodologías de renovación de tuberías?

1.3 Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica con el propósito de realizar las renovaciones de las redes secundarias de alcantarillado deterioradas y al incremento poblacional de las ciudades, será a conocer las características principales y alcances de cada una de las metodologías de renovación de tuberías de alcantarillado, que fueron utilizados en el mejoramiento del saneamiento básico del distrito de Abancay, siendo estas aplicadas en terrenos normales, semipreciosos y rocosos respectivamente. Así también a diferentes pendientes, profundidades, diámetros de tuberías y diferentes de tuberías existentes antes de la renovación.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Analizar la eficiencia en la renovación de redes de alcantarillado con el método cracking respecto a la metodología convencional para la ciudad de Abancay.

1.4.2 Objetivos específicos

- a. Analizar los perjuicios sociales generados por la aplicación de cada una de las metodologías de renovación de tuberías de alcantarillado en la ciudad de Abancay.
- b. Evaluar cuál de las dos metodologías de renovación de tuberías de alcantarillado en la ciudad de Abancay, genera menos impacto ambiental.
- c. Analizar cuál de las dos metodologías de renovación de tuberías de alcantarillado en la ciudad de Abancay, requiere mayor presupuesto de ejecución.
- d. Analizar las condiciones y circunstancias en las cuales se pueden aplicar cada una de las dos metodologías de renovación de tuberías de alcantarillado en la ciudad de Abancay.

1.5 Delimitación de la investigación

La presente evaluación se realizó dentro del área de influencia de los 04 sectores correspondientes a la ciudad de Abancay. Dentro de la ejecución del método sin zanja en estos sectores, se renovó en 97% de las redes de alcantarillado, dejando empalmes y tramos cortos en los cambios de eje de las vías transversales a las avenidas principales, que recorren de este a oeste en estos sectores, por tanto, estas aún permanecen con tuberías de concreto reforzado, por no tener conexiones domiciliarias acopladas a la red secundaria de alcantarillado en estos puntos, así también en líneas de arranque en calles que aún no se hicieron pavimentaciones entre los años 1990 y la actualidad, en relación a las nuevas pavimentaciones realizadas en estos sectores, se están reaprovechando las tuberías de HDPE de las redes secundarias renovadas con el método "Cracking" y se están mejorando pendientes y profundidades en lo que se realizan el término de los trabajos preliminares para las pavimentaciones.

Concentrando todo el detalle en las vías resaltantes de la intervención de las dos metodologías, teniendo en cuenta profundidades, número de conexiones, diámetro de tubería y tipo de pavimento.

Asimismo, la investigación se limitó a realizarse en el periodo del año 2020 fecha en la cual se concluyó con los trabajos de saneamiento.

Se evaluó el servicio de las redes en funcionamiento, durante los años posteriores, así como las reposiciones realizadas de las intervenciones para finalizar el análisis.

1.5.1 Espacial

Jr. Cusco 3ra. cuadra y el Jr. Lima 1ra. cuadra de la ciudad de Abancay.

1.5.2 Temporal

El proyecto se realiza el año en curso 2022.

1.5.3 Social

Usuarios del sistema de saneamiento básico en calles, avenidas o jirones evaluados, de la parte central de Abancay.

1.5.4 Conceptual

Referente al “saneamiento básico”, al cual llamamos “básico” por precisamente considerar las acciones mínimas que deben adoptarse en una localidad urbana o rural. <https://prezi.com>

Referente a “mejoramiento de sistemas de alcantarillado” cambio de características de calidad del servicio suministrado, incrementando sus capacidades de transporte de flujo y eliminando atoros del sistema. Norma, OS.070 (2022). Perú.

Nuevas tecnologías sin zanja (TSZ), entendidas desde la Asociación Ibérica de Tecnología sin zanja (IBSTT), la (ONU), o la normativa americana engloban no solo metodologías de nueva implementación, sino los avances tecnológicos de

rehabilitación, reparación, y aquellas que están inmersas en las operaciones de tuberías omitiendo métodos invasivos de excavaciones. <https://es.wikipedia.org>

1.6 Viabilidad de la investigación

Dirigir las actividades de renovación de tuberías dentro de la ciudad de Abancay, teniendo como responsabilidad la evaluación de equipos mecánicos y personal especializado en la aplicación de estas dos metodologías. Y considerando la correcta aplicación de los dispositivos de control tales como: protocolos de calidad, ambiental y de seguridad me permitió haber recabado la información necesaria para los objetivos de esta evaluación comparativa.

La necesidad de mejoramiento de las redes de alcantarillado deterioradas, está directamente relacionado con el incremento poblacional, la cual genera un incremento de los servicios de saneamiento básico, y el mejoramiento de materiales constructivos que garanticen la durabilidad estimada, estas fueron ya consideradas en ciudades importantes del país, es por ello que se sugiere varios proyectos de rehabilitación de las redes. En algunos proyectos ya se aplicaron tecnologías sin excavación de zanjas, las cuales mitigan el cierre de calles y avenidas, la demolición de las estructuras como pavimentos y veredas y los daños de las áreas verdes de la ciudad. En muchos otros proyectos aún considera la utilización de metodología tradicional con zanja abierta, a pesar que esta metodología genera malestar en la población durante su construcción.

1.7 Limitaciones

- a. Esta evaluación solo considero la variante dinámica del método cracking, puesto que fue la única aplicada en la renovación de redes de alcantarillado de la ciudad de Abancay.
- b. Dentro del reemplazo de las redes de alcantarillado existentes en la ciudad de Abancay solo se recopiló la información dos tipos de tubería, las cuales fueron tuberías de concreto y tuberías de concreto enzunchado de alambre de acero.
- c. Esta evaluación consideró solo dos tipos de materiales para el reemplazo de tuberías de alcantarillado las cuales son: Policloruro de Vinilo (PVC), sin estabilizante de plomo (SAL) – diámetro nominal (DN) 200 milímetros (mm) y tuberías HDPE nominal stiffness (SN), 44 DN 200mm.
- d. Existe poca información de la utilización de nuevas tecnologías de renovación de tuberías de alcantarillado en departamentos aledaños tales como: Ayacucho, Cusco y Madre de Dios.
- e. El costo incurrido de la elaboración de esta investigación está a cuenta del que elabora el proyecto de investigación, por tanto, la cantidad y longitud de redes evaluadas es en una escala menor, no obstante, claramente significativa.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

2.1.1 *A nivel internacional*

Aunque el término es relativamente nuevo, el desarrollo de la tecnología sin zanjas se originó en Japón, en el año de 1963 el ministerio de construcción de este país, con la finalidad de aumentar la proporción de la población con servicios en un 46% para el año de 1990, adopta políticas restrictivas severas a las excavaciones de zanjas para instalación de servicios públicos; estas políticas no permitían intervenir las estrechas calles densamente congestionadas de las ciudades de Japón. *Viana Vidal, (2004)*.

La aplicación de nuevas tecnologías, en el año 1946, en la ciudad de California se implementa un nuevo método de perforaciones horizontal subterráneas con el fin de transportar petróleo y gas, esta tecnología fue puliéndose has inicios de los años 80 la tecnología llamada “método Cracking” desarrollada en Europa, para rehabilitaciones de redes, de manera que se costa en la inserción de tuberías nuevas dentro de una red a mejorar existente. Años posteriores, en 1971, la tecnología Cured in Place Pipe se presenta como una buena opción para las

rehabilitaciones de redes el cual consiste en un revestimiento interno de la tubería dentro de la tubería ya existente. *Minguez Santiago, (2015)*.

Es así que, en la ciudad de Osaka, gracias a la unión de usuarios, industrias, universidades, contratistas, científicos y demás instituciones, se creó las técnicas de micro -túnel y del “Pipe Jacking”. Estos métodos se manejaban a control remoto y solo necesitaban la construcción de un pozo de apertura y otro de salida. *Viana Vidal, (2004)*.

En el año de 1985 empieza a tomar fuerza a nivel internacional esta mini industria y así mismo las frases “tecnología sin zanja” y “sin excavar” son cada vez más utilizados. Ese mismo año tuvo lugar una conferencia en Londres llamada “sin excavar 85”, la cual era patrocinada por la institución de ingenieros en salud pública, en donde surgió la idea y la necesidad de crear una organización que promoviera este tipo de tecnología, como una industria emergente con implicaciones mundiales. *Viana Vidal, (2004)*.

Luego de dicha conferencia se reconoce que es necesario comprometerse a realizar los trabajos de instalación de servicios básicos con un mínimo de excavación superficial, creando conciencia por el ambiente urbano. A pesar de esto, el progreso se ve detenido debido a la falta de conocimiento en el momento, la falta de registros probados y la constante resistencia al cambio. *Viana Vidal, (2004)*.

Estas necesidades fueron respondidas, en cierta medida con la formación de la Sociedad Internacional para Tecnología sin zanjas (ISTT) por sus siglas en inglés, la cual fue fundada como una compañía ilimitada en septiembre de 1986. *Viana Vidal, (2004)*.

La ISTT incentivó la formación de institutos o sociedades con los mismos objetivos, en diferentes países o regiones del mundo, pero siempre afiliándose a la Asociación

Internacional, esto genero la creación de las primeras sociedades luego de la ISTT en Japón, Holanda y Suecia, para el año de 1989. En 1990 se formaron sociedades tanto en Alemania como en Francia y en Norte América (USA y Canadá unidas). Posteriormente en el año de 1995 se formó la sociedad ibérica de tecnología sin zanja (IBSTT) como miembro nacional de la internacional Society of Trenchless Technology. (ISTT) en España y Portugal la cual brindó información en este campo de la ingeniería para desarrollar el presente proyecto de tesis.

En la figura N°03, se muestra cómo se encuentran distribuidas las 29 sociedades nacionales de tecnología sin zanja afiliadas actualmente a la ISTT, repartidas por más de 30 países en los cinco continentes, con más de 4000 técnicos expertos en tecnologías sin zanja conectados internacionalmente. *Asociación Ibérica de Tecnología Sin Zanja, (2013).*

En el año 1985, con el aporte de estas tecnologías, en la ciudad de Londres se realizó la conferencia de Ingenieros en salud publica titulada “Sin Excavar 85” en la cual se introduce el término de “Tecnología Sin Zanja” que recopila todos los métodos en los cuales no se requiera de excavaciones a zanja abierta, en esta conferencia surgió la idea y la necesidad de crear una organización que promoviera este tipo de tecnología.

Figura 3

Países asociados a la ISTT Fuente: ISTT.



Fuente: international Society of Trenchless Technology.

La tecnología sin zanja es una gran herramienta, pero no debería dejarse solo a este nivel, pues al obtener el máximo rendimiento de estas tecnologías se observará un cambio radical para el cliente, diseñador, constructor y para los habitantes en general de los sectores donde son usados estos métodos, quienes dejarían de sufrir las graves molestias asociadas a los trabajos con zanja abierta en las vías. *Asociación Ibérica de Tecnología Sin Zanja, (2013).*

2.1.2 A nivel nacional

En nuestro país, en el año 1996, se desarrolló el primer proyecto con metodología sin zanja, en el distrito de Breña, la rehabilitación de redes de agua potable y alcantarillado fue ejecutada por el Consorcio Greeley & Hansen-Caem Ltda., en el cual se introdujo la metodología Pipe Bursting o comúnmente llamado en nuestro país como “método Cracking”. *Huaytalla Ramos, (1998).*

Esta tecnología se fue implementando poco a poco en diversos proyectos de Lima Metropolitana, es así que en el 2010 se inició con la ejecución del Megaproyecto

Lima Norte que contempla la ejecución de las obras de saneamiento en cuatro etapas, de las cuales la Etapa I ya ha sido concluida y la Etapa II se encuentra en ejecución, si bien el método Cracking reduce el área de rotura de veredas y pistas en un 80%, aun se sigue percibiendo el malestar en la población durante la ejecución de las obras de saneamiento ya que con este método se siguen cerrando calles y avenidas lo cual perjudica a los negocios aledaños durante las obras de rehabilitación.

Dentro de la implementación, en el 2013 se inició las actividades del Consorcio Huachipa en el distrito de San Juan de Lurigancho que contempla la ejecución de las obras de saneamiento, de las cuales fueron concluidas al 100%, referente a la renovación de sistemas de agua y alcantarillado.

En nuestro país principalmente, se inició el desarrollo de esta tecnología con el mega proyecto Lima Norte, con un monto de inversión de 750 millones de dólares, se ejecutó en el marco del programa 148 agua para Lima y Callao, programa emblema del gobierno de Humala con el cual se buscó alcanzar una cobertura del 100 % del servicio de agua potable y alcantarillado en la capital al finalizar el año 2016. Recuperado de <https://www.iagua.es/noticias/peru>

Tesis: Descripción, análisis comparativo y evaluación de las tecnologías: sin zanja y convencional para la renovación del sistema de alcantarillado en el sector bajo de Miraflores – Distrito de Miraflores, menciona detalles de las tecnologías sin zanja y evalúa específicamente la tecnología Pipe Bursting con el método convencional a zanja abierta, dando como resultado un análisis de costo y rendimiento, así como los impactos socioeconómicos que implican. En esta tesis no utiliza tablas o matrices de comparación entre ambos métodos, lo cual daría mejor perspectiva de la evaluación realizada, si bien es cierto se realizaron encuestas a los usuarios,

estas debieron ser también realizadas a los ingenieros especialistas. *Luna, E. Gonzales M. (2018).*

Tesis: Métodos constructivos tradicional vs. Pipe Bursting en obra de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del distrito de Moquegua, 2015, avalúa y compara las ventajas constructivas, eficiencias constructivas, el análisis de precios unitarios de la tecnología sin zanja Pipe Bursting y el método a zanja abierta, de los sistemas de saneamiento básico, así como también los impactos sociales y ambientales. Esta tesis, no describe las propiedades hidráulicas de los cada uno de los suministros utilizados en cada una de las metodologías, la cual es objeto de evaluación en esta tesis. *Pérez, F. Ramos Ch. (2017).*

Tesis: Aplicación de la tecnología sin zanja para mejorar la productividad en la rehabilitación de redes de alcantarillado. Comas 2016, realiza la comparativa económica de las tecnologías sin zanja Pipe Bursting y el método sin zanja, considerando los procesos constructivos del proyecto Optimización de sistemas de agua potable y alcantarillado: sectorización, rehabilitación de redes y actualización de catastro – área de influencia Planta Huachipa – Área de Drenaje Comas-Chillón-Lima. Esta comparativa detalla los beneficios de la tecnología sin zanja sobre los métodos a zanja abierta, no obstante, esta evaluación describe paralelamente los beneficios de cada una de las metodologías, no correlacionando cada una de ellas. *Arce, J. (2017).*

2.1.3 A nivel regional y local

Se hace referencia en las limitaciones de la investigación, que no se encuentra datos consecuentes o relevantes de trabajos similares, dentro de la Región Apurímac.

2.2 Bases teóricas

Empresa Estatal de derecho privado íntegramente de propiedad del Estado (Sedapal). (2010) [*Reglamento de elaboración de proyectos de agua potable y alcantarillado*] <https://www.sedapal.com.pe/storage/objects/reglamento>

Sedapal. (2021) [Especificaciones Técnicas] capítulo 7 – 7.3 unión de tuberías. Recuperado de <https://www.sedapal.com.pe>

Reglamento Nacional de Edificaciones [D.S N°011-2006-VIVIENDA] capítulo II.3 – OS.070 redes de aguas residuales. Recuperado de <https://www3.vivienda.gob.pe>

Normativa Técnica Peruana (NTP) 399.003:2015 tubos de poli (cloruro de vinilo) no plastificado (pvc-u) para instalaciones domiciliarias de desagüe. requisitos y métodos de ensayo. 4ª edición reemplaza a la ntp 399.003:2007.

NTP ISO 4427 - PE100 Esta norma especifica los requisitos para las tuberías de polietileno (PE).

2.2.1 Metodología sin zanja

La metodología o tecnología sin zanja (MSZ) es denominada de esta manera, porque minimizan o prescinde en su mayoría de las excavaciones para el reemplazo de tuberías, dentro de las ventajas que genera tenemos. Un menor impacto social y ambiental a razón que su aplicación disminuye el tiempo de intervención, prescinde de movimientos significativos de maquinaria para eliminación de desmontes y posteriormente la reposición de zonas afectadas, en consecuencia, la reducción de tiempo reduce el impacto social y la disminución invasiva de las zonas de trabajo disminuye el impacto ambiental.

Estas tecnologías con su variedad de métodos son un compendio de procedimientos para reemplazar o reparar todo tipo de tuberías en sistemas de

agua potable, alcantarillado, acueductos, redes eléctricas, redes de comunicaciones, redes de gas natural, entre otras (Mínguez Santiago, 2015).

El desarrollo de esta tesis se enfoca de entre todos los métodos si zanja, en el método cracking dinámico para la rehabilitación o renovación de redes secundarias de alcantarillado existentes, es decir redes con un tiempo de vida útil cumplido, con diámetros menores o iguales a 250 mm y de profundidades no mayores a 3 m aprox. En un tipo de terreno semi rocoso.

Las tecnologías sin zanja, dependiendo de su aplicación, equipos, maquinarias y procesos, se dividen en dos grandes grupos según las intervenciones realizadas en las diferentes obras a nivel nacional realizado por la empresa (MPM). Las cuales son:

Tecnologías sin zanja para redes proyectadas nuevas.

Tecnologías sin zanja para redes existentes a mejorar (para conservación e incremento de diámetros de las tuberías).

En este desarrollo describiremos, la aplicación del método Cracking y la metodología tradicional, estos dos métodos serán objeto de comparación y se describen a continuación.

2.2.2. Método Cracking para rehabilitación de redes de alcantarillado

La fragmentación de tuberías o método cracking deriva de su traducción al inglés (**pipe bursting**), método por el cual se renuevan las tuberías, fragmentando la tubería existente o antigua, en la que se utiliza un martillo y un cabezal de corte impulsado de forma neumática y tensionada de forma hidráulica, los cuales en conjunto realizan la fragmentación de la tubería existente y posterior reemplazo con la tubería nueva, refiere un movimiento dinámico, permitiendo la instalación simultánea de la tubería nueva, la cual viene adosada al cabezal de corte.

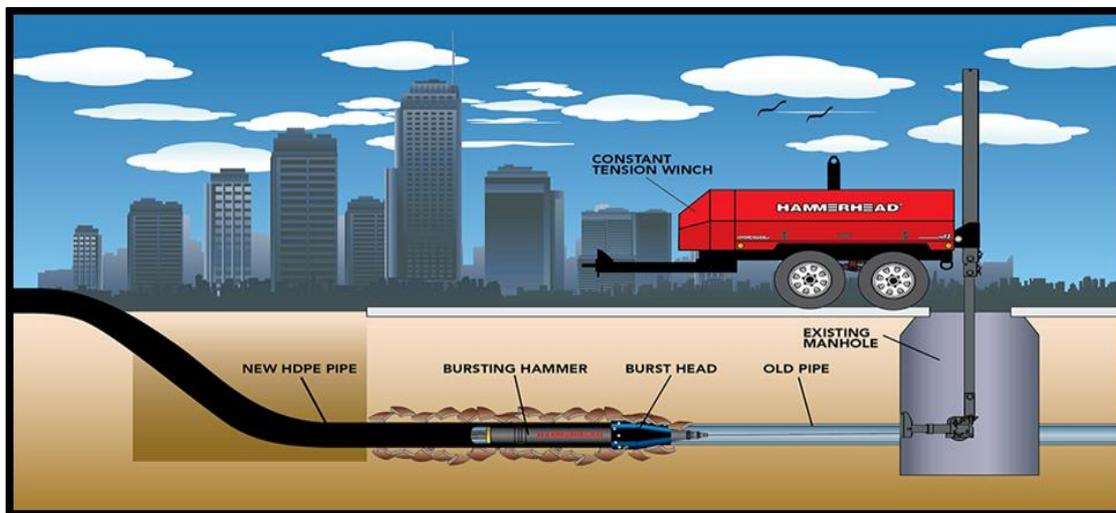
La tubería de reemplazo podrá ser del mismo diámetro o una mayor.

La tubería antigua es fragmentada por el cabezal de corte que tiene un diámetro mayor a la tubería adosada en su para posterior. Esta acción destroza la tubería antigua, sometiendo los fragmentos contra el terreno circundante dejando un sendero de mayor diámetro para ser ocupada por la nueva tubería.

a. Fragmentación dinámica

En estas se involucra equipo mecánico especializado, para hacer una acción en conjunto que refiere una tensión de arrastre hidráulico (winche) y un empuje dinámico (compresora neumática), para lo cual se necesita una excavación a nivel de la tubería a rehabilitar (ventana de lanzamiento) y un punto de llegada rígido, lo suficientemente consolidado para colocación de maquinaria de tensión hidráulica, (buzón de anclaje). El trabajo consiste en introducir la tubería por la ventana de lanzamiento con un mecanismo neumático de golpeo adosado al cabezal de rotura, el cual realiza un trabajo de golpeo en el cabezal para abrirse paso fragmentado la tubería antigua, como se realiza al clavar un clavo en la pared, el mismo que va anclado al cable de tensión de la maquinaria hidráulica (winche), ambos generan acción combinada sobre la tubería a reemplazar.

De las características del cabezal de corte, se resalta que es de forma cónica, de un extremo con diámetro menor al de la tubería a reemplazar que permite alinearse y permanecer recta, y el otro extremo con un diámetro mayor a la tubería a reemplazar y también ligeramente mayor a la tubería nueva, para que haga las veces de fragmentador y deje un espacio acorde la inserción de la tubería nueva.

Figura 5*Fragmentación dinámica en conjunto.**Fuente:* <https://www.mole.cl/pipe-bursting>**Figura 6 y 7***Impulsión neumática y ventana de lanzamiento.**Fuente:* Consorcio Abancay.

El método dinámico es requerido para el reemplazo de tuberías de diámetros superiores a 200mm y aplicable en diversos tipos de terreno, a razón de su capacidad de empuje y arrastre combinados.

Con este tipo de variante del método cracking es factible el incremento del diámetro de la tubería de alcantarillado a un diámetro inmediatamente superior, con las

siguientes consideraciones: Profundidad de instalación de la tubería, tipo de terreno donde se sitúa, e interferencias dentro del recorrido de la red.

2.2.3 Proceso constructivo de la tecnología sin zanja

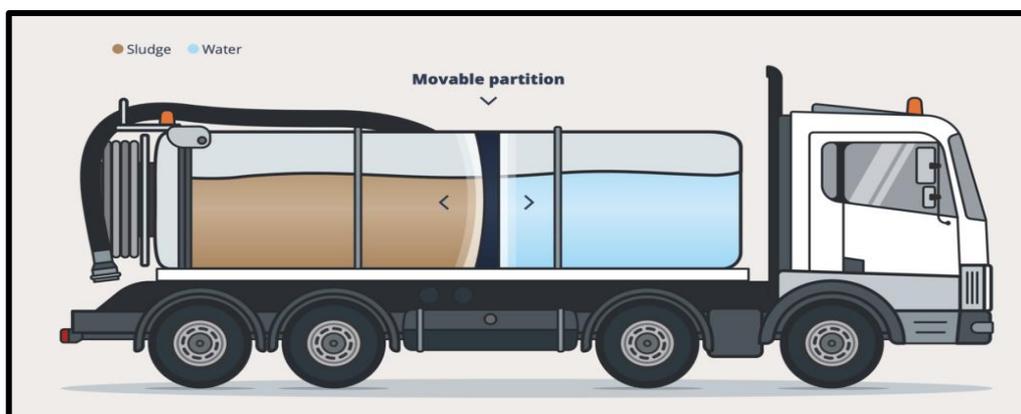
a. Trabajos preliminares

Las actividades realizadas previas a la ejecución del método cracking, inician con la autorización de los usuarios de las conexiones domiciliarias, así como las autorizaciones de la municipalidad para el cierre de calles y ejecución del plan de desvíos de tránsito peatonal y vehicular, seguidamente se delimita el área de trabajo y se procede a marcar las interferencias subterráneas.

Pinzón, J. (2011). menciona que dentro de las políticas para la utilización de tecnologías sin zanja se recomienda realizar previamente un proceso de limpieza de la red, para este caso las redes de alcantarillados. Se pueden encontrar una variedad de equipos especiales para abordar este tipo de funciones como por ejemplo los equipos sofisticados de succión y alta presión (HIDROJET) como se muestra en la figura 7, lo cual garantiza la remoción de cualquier tipo de material, sedimento o grasa existente que puedan impedir posteriormente realizar la inspección televisiva con equipos robotizados.

Figura 8

Equipo de lavado en operación de redes.



Fuente: <https://www.barredorasjp.cl/hidro-jet/>

Figura 9 y 10

Equipo de lavado en operación de redes.



Fuente: <https://www.barredorasjp.cl/hidro-jet/>

Pinzón Abaunza, (2011). De encontrarse dentro de la tubería a rehabilitar sedimentos fuertemente adheridos o elementos ajenos a la tubería se emplean una serie de equipos digitales robotizados como se aprecia en la figura 8, los cuales están equipados con cortadoras o sistemas neumáticos para la eliminación de las obstrucciones.

Luego de realizar la limpieza de las redes de alcantarillado se realizar una verificación televisiva con equipos CCTV, para determinar el número de conexiones del tramo a intervenir, ver que no existiera interferencias y principalmente la continuidad del flujo dentro del tramo. Estos equipos actualmente se encuentran en gran variedad, y para todo tipo de diámetros.

Figura 11

Cámara de inspección televisiva para distintos diámetros.



Fuente: Pagina Web Panatec

Figura 12

Vista de inspección dentro de la tubería.



Fuente: Consorcio Abancay

b. Señalización del área de trabajo

Iniciado el desvío del tránsito y aseguramiento de la zona de trabajo con personal de seguridad (prevencionistas y vigías) e implementos de seguridad (señales, tranqueras, porta mallas, mallas y cintas de seguridad).

Se demarca las ventanas de lanzamiento y el sentido en la que la tubería será fragmentada. Previamente a la demarcación se realizó la verificación de número de conexiones de todos los tramos, a los cuales se le realizó el corte de pavimento tanto del circuito como de las conexiones a renovar.

c. Corte y Rotura de pavimento o superficie existente

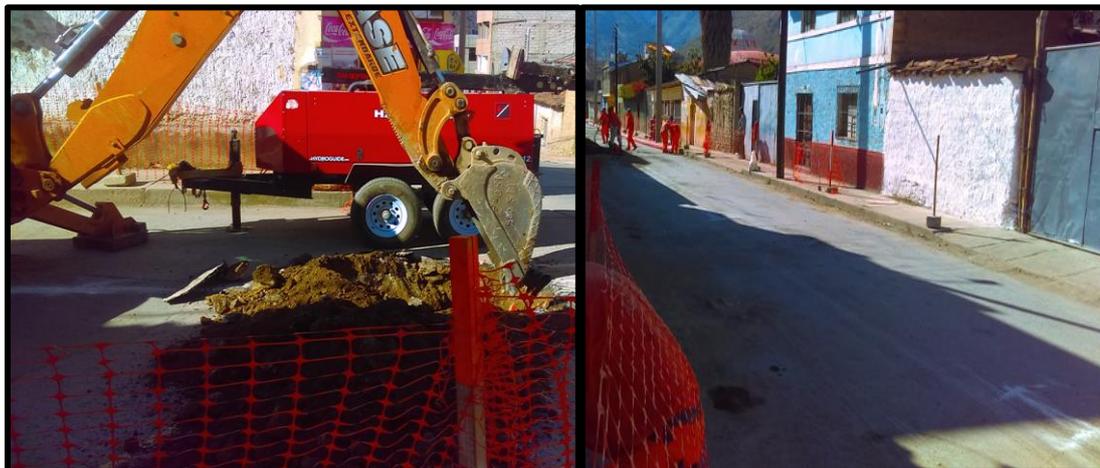
Realizada la demarcación total se procede a la demolición de pavimento rígido o flexible correspondiente a las ventanas de inserción para las tuberías, esto colindante a los buzones. Dentro del proyecto el ancho de la zanja está considerado como máximo de 0.8mts. y con una profundidad promedio de 1.8mts. para tipo de terreno Semirocoso.

d. Excavación de ventanas

Las excavaciones se realizan contemplando que la altura de la zanja no sea considerable mayor a 2.5mts. y el tipo de terreno no sea de material deslizable o saturado, posteriormente se llega a la base del buzón que será el punto de inicio para la fragmentación y reemplazo de la tubería existente.

Figura 13 y 14

Demarcación y excavación de ventanas.



Fuente: Consorcio Abancay

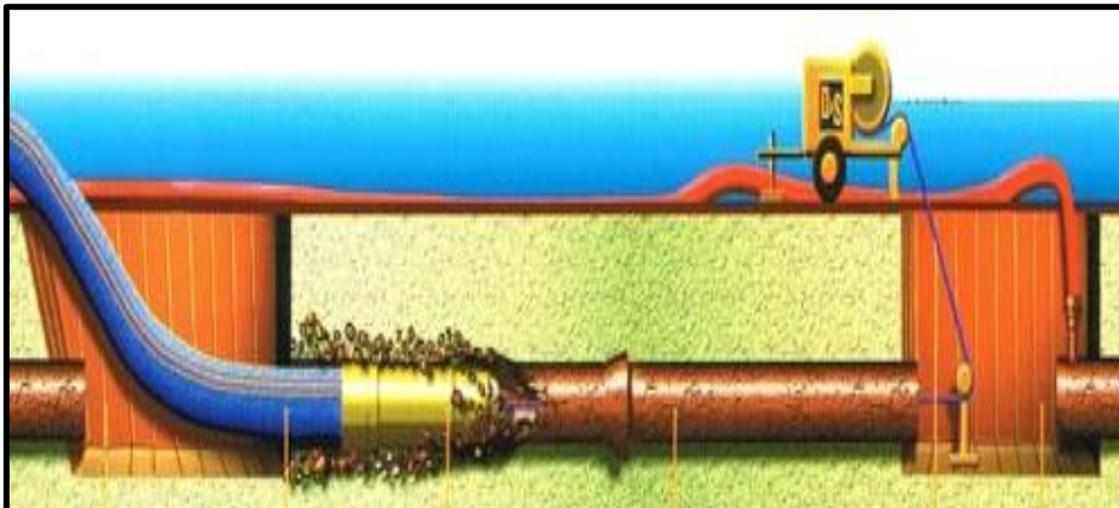
e. Instalación de máquina Hydroguide.

Esta máquina se sitúa en el buzón de llegada de la tubería nueva, está encargada de anclarse en el buzón de llegada generalmente aguas abajo, del tramo a renovar para desde allí sujetar la cabeza de corte (punta de la tubería nueva) y tensar con presión hidráulica intermitentemente.

Esta tensión es propia del método de fragmentación dinámica, que a su vez hace una acción conjunta con un pistón neumático, que está ubicado tras la cabeza de corte dentro de la tubería nueva, que impulsa con golpes intermitentes para que esta acción combinada se refleje en el avance de la tubería hasta su punto de llegada final, es así que da como resultado la fragmentación de la tubería antigua y deja a su paso la tubería nueva.

Figura 15

Acción combinada de equipos.



Fuente: <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/pipe-bursting/>

f. Termofusión de tuberías

Este tipo de fusión (soldadura) se realiza en tuberías de polietileno y polipropileno, convenientemente en diámetros de 90mm y espesores de 5mm a mayores.

El proceso se realiza mediante el calentamiento de los extremos anulares de dos tuberías mediante el uso de una placa calefactora hasta alcanzar la temperatura de fusión de las superficies en contacto, requiere presión mecánica o hidráulica, la cual depende de las dimensiones de la tubería. Se requiere una temperatura específica para cada caso o tipo de tubería, que según la normativa fluctúa entre los siguientes valores (ASTM D 2657).

Figura 16

Parámetros aplicados en Latinoamérica para la termofusión.

NORMA							
DESCRIPCIÓN	DVS2207 - 1	WIS 4-32-08	NEW 7200	ELECTRAB EL NBN T42010	UNI 10520	PPI-TR33 ASTM D 2657	UNE 53394
PAIS	ALEMANIA	REINO UNIDO	HOLANDA	BELGICA	ITALIA	USA	ESPAÑA
TEMPERATURA DE SOLDADURA (C°)	200-220	230 +/- 10	210 +/- 10	210 +/- 10	210 +/- 10	204 - 232	210 - 225
PRESION DE SOLDADURA (N/mm2)	0.15	0.15	0.18	0.3	0.15	0.41- 0.62	0.15

Fuente: <https://es.scribd.com/document/>.

Las investigaciones a cargo de Hoechst AG, en Frankfurt, dieron un indicativo, el cual refiere que no presentan inconvenientes todas aquellas soldaduras que se sometieron a temperaturas entre 190°C y 260°C. a las cuales se les debe considerar la temperatura ambiental en el momento de la fusión, como una variable menor.

Las tuberías deberán comprender las mismas características físicas y químicas para la aplicación de este tipo de soldadura.

Dentro de los avances tecnológicos que presentan este tipo de soldaduras se consideran los lectores de bandas magnéticas, que identifican parámetros de normativas para la fusión. Que a su vez detecta errores de su aplicación, los cuales se registran en una memoria, para luego poder transferirlos base de datos y llevar un registro estadístico de incidencias.

Dentro del trabajo realizado para la instalación de tuberías en la ciudad de Abancay, se utilizó este tipo de fusión.

Figura 17

Refrendado y fusión de tuberías.



Fuente: (Consorcio Abancay)

g. Fragmentación y reemplazo de la tubería

El proceso completo deriva de las actividades antes mencionadas, y culminada cada una de ellas, se procede a anclar la tubería termo fusionada del largo del tramo a reemplazo, a la cabeza de corte, que a su vez estará adosada al cable de acero del hydroguide que se encuentra ubicado e instalado en el buzón de llegada de la tubería. Situada la tubería nueva en la ventana de ingreso hacia el tramo a rehabilitar, inicia la fragmentación dinámica, la cual destruye la tubería existente y la confina contra el suelo circundante, paralelamente va siendo reemplazada por la tubería nueva mientras realiza su recorrido a través del tramo designado a reemplazo.

Figura 18

Colocación de cabezal de corte.



Fuente: (Consortio Abancay)

h. tensión hidráulica del hydroguide

La máquina que tensiona el cable que esta adosado a la cabeza de corte (capacidad de tensión en relación al peso 3.78 ton.) comienza el proceso, en el cual realiza esfuerzos intermitentes de tensión, con una velocidad de 220 Mph.

Figura 19

Hydroguide.



Fuente: (Consortio Abancay).

Figura 20

Cable del hydroguide adosado al cabezal de corte.



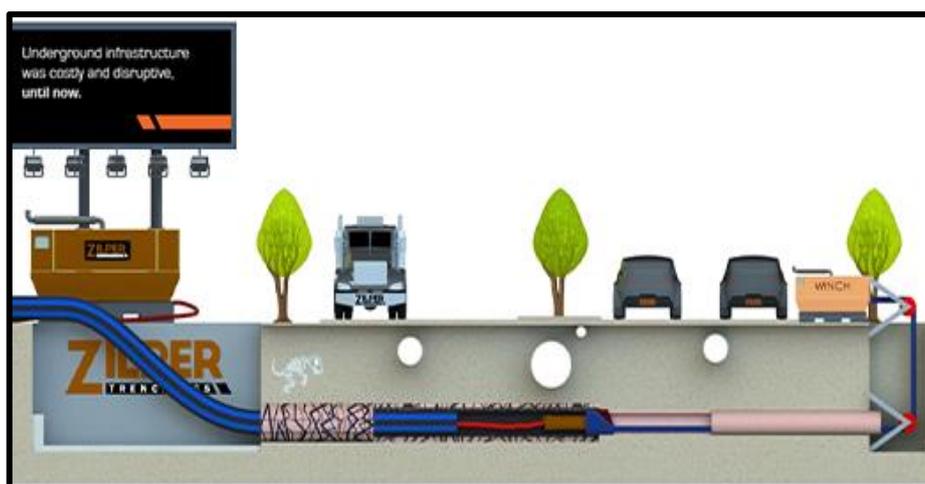
Fuente: (Consortio Abancay)

i. Compresora neumática y pistón de impulso (topo).

La compresora neumática CFM 185 presión nominal 100-125psi. Esta impulsa el (Topo) pistón que va tras la cabeza de corte, que hace las veces de taladro.

Figura 21

Acción combinada de los equipos.



Fuente: Central S.A.S.

j. Reposición de pavimento de ventanas de lanzamiento

Posterior al reemplazo de la tubería se realiza la reposición de pavimento de la ventana de lanzamiento y el buzón de ingreso.

Figura 22

Reposición de pavimento en ventanas.



Fuente: (Consortio Abancay)

2.2.4 Método Tradicional con zanja abierta para rehabilitación de redes de alcantarillado.

El método tradicional de reemplazo de tuberías de alcantarillado, considera como primera inspección la dirección del eje de la tubería, la cual se obtiene de la alineación de los buzones de arranque y llegada del tramo que se deberá mejorar, también en este proceso se evalúa profundidades que tendrá la excavación, teniendo en cuenta contingencias mayores o equipos especiales para la excavación y protección personal. En este punto, el estudio de suelo (calicatas) realizadas dentro de la evaluación de los sistemas determinaran el tipo de terreno, que a su vez será excavado para poder ser parte de la conformación posterior a la

instalación de tuberías o deberá ser completamente sustituido por otro, este reemplazo consisten en la demolición del pavimento existente que recubre la capas de material que conforman los estratos por encima de la clave de la tubería de alcantarillado, seguidamente a ello se procede a realizar la excavación de dichos estratos para llegar hasta la tubería a reemplazar. Este método involucra un realimento de las redes existentes, reemplazo con tuberías de PVC con normas de fabricación NTP - ISO - 4435 de sistema de empalme flexible con longitudes de 6.00 metros de largo, uso de accesorios adicionales de unión tales como empaques de anillo y construcción de dados de anclaje en los encuentros con los buzones.

a. Instalación a profundidades menores a 3.00 metros

En la realización de estos trabajos las coberturas de protección tales como entibados refuerzos tablestacados y recubrimiento de tuberías con materiales específicos son menores; así también, las acometidas de las conexiones domiciliarias tienen una pendiente constante a la tubería de la red secundaria de alcantarillado.

profundidad y con un diámetro menor de tuberías. Considere el desnivel que existirá entre las cajas de registro de alcantarillado de las viviendas con la red a una profundidad mayor a 3.00 metros de profundidad. Si estas estarías conectadas.

2.2.5 Proceso constructivo del método tradicional

a. Trabajos preliminares

En principio realizado el corte de pavimento rígido o flexible de las vías y con la orientación que se realiza al determinar el eje del tramo en función a la ubicación de los buzones de inicio y llegada, y de la dirección de la tubería de las cajas de registro a la red, se verifican las interferencias de diferentes otras redes u cualquier otra instalación y/o construcción subterránea en él tramo, que posiblemente se

encuentren al el área de excavación, las mismas que deben ser interpretadas adecuadamente mediante planos y trazos realizados en la vía antes de las excavaciones. Se procede a acordonar el área, dejando puntos de ingreso y salida de materiales específicos para la eliminación de desmontes, ingreso de maquinarias y contingencias de los desvíos de flujo realizados para la intervención del tramo.

b. Señalización del área de trabajo

Las coberturas se realizarán con prota mallas, mallas naranjas, mallas metálicas, cintas de protección en zonas de zanjas abiertas y puentes peatonales establecidos en cruces peatonales de las zanjas.

c. Demolición de pavimento o superficie existente

Se procede a la demolición de pavimento flexible o rígido con un martillo hidráulico. Consecuentemente, se elimina el pavimento producto de la demolición, antes de realizar la excavación de zanjas. Puesto que puede que el material existente deba ser reutilizado o en su defecto ser reemplazado por otro de mejores características portantes y resistentes a la compactación para la reposición de pavimento.

Figura 23

Demolición de pavimentos.



Fuente: (Consortio Abancay)

d. Excavación de zanjas

Retirado el pavimento del tramo, se procede con la excavación hasta el lecho de la tubería a renovar, se realiza en conjunto con maquinaria y excavación manual, por refinar y cuidar otras instalaciones subterráneas, así como rocas a volar y demás interferencias que la maquinaria podría dañar o dañarse a sí misma.

Figura 24

Excavación de zanjas.



Fuente: (Consortio Abancay)

Al término de la excavación, se retira cualquier los restos de la tubería antigua que en muchos casos está totalmente deteriorada e inservible.

Los materiales del lecho de la tubería a renovar se encuentran contaminados, y al momento de su acopio generan malos olores, pero lo cual se ha de priorizar la eliminación en lugares adecuados que no perjudiquen a la población y al medio ambiente.

Luego se procede al refine de la zanja manualmente, se corrigan los taludes de la excavación, se perfilan las pendientes, de las acometidas retiran piedras y demás materiales que podrían dañar la tubería, se considera un espaciamiento de 5cm por debajo de la tubería.

e. Instalación de tuberías nuevas

Preparado el terreno donde ira la tubería, se coloca una cama de arena que uniformice la superficie donde ira las tuberías, la cual tendrá un espesor no menor

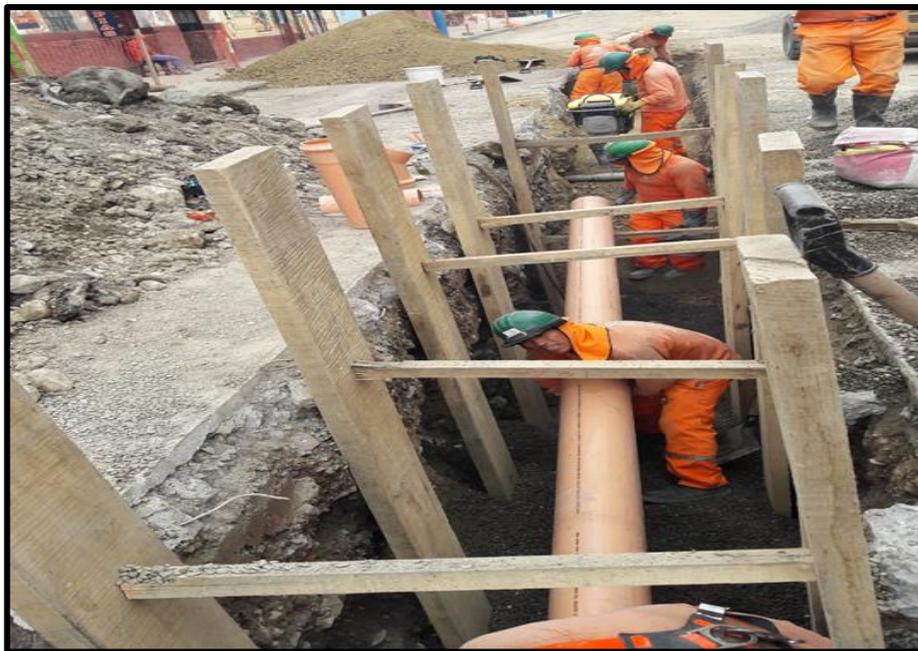
de 10 cm, se verifica las pendientes y el alineamiento del eje para la instalación de la tubería, posterior a la colocación de la tubería se reitera la medición de la pendiente, así como su alineamiento y el espaciamiento lateral que deberá ser no menor a 5cm. Seguidamente se recubre la tubería con el material de cama respectivo hasta cubrirla por completo.

f. Unión de tuberías y accesorios

Las tuberías de PVC de alcantarillado vienen conformadas de dos extremos distintos, llamados espiga y campana, un extremo el liso recto (espiga) y la otra consta de una (campana) que alberga una empaquetadura de anillo, esta a su vez presiona y apresa el lado recto de la tubería y estas se colocan intercaladas, se deberá prever nipples rectos con una longitud no menor de 0.60cm en los lados de los buzones donde se construyen los dados de fijación, y la instalación seguirá a partir de estos. Teniendo el tramo completo en el tendido de la red secundaria, se procede con la colocación de accesorios propios de las acometidas domiciliarias. Por tanto, se deben de perforar la tubería matriz al eje de donde va a ir la tubería que conectara a cada domicilio, esta se conecta mediante el uso de codos y sillas (cachimbas), estas sillas que son los accesorios de unión entre la acometida domiciliaria y la tubería de red secundaria son pegadas y sujetadas a su vez por cintas metálicas para garantizar su sujeción permanente evitando fugas.

Figura 25

Instalación de tuberías red secundaria.



Fuente: (Consortio Abancay).

Figura 26

Instalación de conexiones domiciliarias.



Fuente: (Consortio Abancay)

g. Relleno y compactación de zanjas

Para ello, se acomoda material de cama (arena) hasta 30 cm por encima de la clave de la tubería, luego se coloca material de préstamo en capas de 30 cm hasta unos 40 cm por debajo de la base que soporta el pavimento, en este punto, se procede a utilizar material de afirmado para una adecuada compactación, se puede utilizar el propio material excavado, dependiendo si este presenta características adecuadas para su utilización, entre ellas que sea lo más homogéneo posible y que no contenga piedras mayores a 2 plg. de diámetro y que refiera una densidad adecuada.

Figura 27

Colocación de material de cama.



Fuente: (Consortio Abancay)

Figura 28

Relleno y compactación de zanjas.



Fuente: (Consortio Abancay)

j. Reposición de pavimento

Conformada la zanja y aprobado la prueba de densidad de campo, se procede a verter concreto para realizar la reposición.

Figura 29

Relleno y compactación de zanjas.



Fuente: (Consortio Abancay)

2.3 Marco conceptual

Las redes de alcantarillado o los sistemas de alcantarillados tienen como función el retiro o la recolección de las aguas que ya han sido utilizadas en una población (aguas residuales) y también de aguas pluviales *Jiménez Terán, (2020)*. Mientras que *Daniel Arce, (2020)*. indica que es consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial producida por la lluvia. Ambos conceptos

En relación a los conceptos mencionados, el reglamento nacional de edificaciones (RNE_OS_070), menciona que el caudal de diseño para las redes de alcantarillado, se considerara en relación al caudal de abastecimiento de agua, por lo cual; la escorrentía, infiltración y/o colección de aguas fluviales no está considerada.

Se tiene que considerar que las redes de alcantarillado parten desde las acometidas de las viviendas a las redes secundarias conformadas por buzones de inspección y que derivan a colectores, planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) emisor de agua tratada y finalmente a su descarga final en vertientes, siempre que estas no sean perjudiciales al ecosistema. Clasificación de las redes de alcantarillado

A continuación, se clasifican las redes de alcantarillado de acuerdo con su ubicación y construcción dentro de las zonas urbanas o rurales:

a. Alcantarillado convencional

Está conformada por las conexiones de desagüe de las viviendas y que descargan a una red que recolecta todas esas aguas residuales. Estas redes recolectoras están generalmente ubicadas en medio de las calles y avenidas y funcionan comúnmente por gravedad.

b. Alcantarillados no convencionales

Alcantarillado simplificado están conformadas por conexiones domiciliarias de desagüe y redes colectoras que están ubicadas cerca de las veredas y presentan diámetros de tuberías más reducidos y ubicadas a una menor profundidad. Este tipo de sistemas son utilizados en poblaciones de bajos recursos debido al menor presupuesto empleado para la construcción de este sistema *Organización Panamericana de la Salud, (2005)*.

c. Alcantarillado condominal

En este sistema, se considera que cada manzana de la población corresponde a la proyección horizontal de un edificio e imaginar que la evacuación de las aguas residuales de manzana corresponde a la conexión domiciliaria del edificio o condominio *CARE Internacional- Avina. Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades, (2012)*.

d. Velocidad

El cálculo de la velocidad de las aguas residuales estará en función del coeficiente de Manning (n), radio hidráulico (R) y pendiente (S), utilizando la fórmula de Manning (Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado, 2005).

$$V = 1/n \times (R)^{2/3} \times (S)^{1/2}$$

n: Coeficiente de rugosidad [adimensional]

S: Pendiente [m/m]

R: Radio hidráulico [m]

V: Velocidad [m/s]

De acuerdo con la norma OS. 070 (R.N.E.), la lámina de agua debe ser siempre calculada admitiendo un régimen de flujo uniforme y permanente, siendo el valor máximo para el nivel del caudal final, igual o inferior a 75% del diámetro del colector.

Para mantener un flujo uniforme se recomienda tener un número de Froude por fuera del intervalo de 0.7 a 1.5 para la condición del flujo uniforme *epm*, (2009).

Para las aguas residuales, de acuerdo con la norma peruana OS. 070 (2015), se tienen que considerar que las velocidades máximas son de 5 m/s y según la guía para el diseño hidráulico de redes de alcantarillado (2009) la velocidad máxima es de 10 m/s para tuberías de materiales plásticos.

En guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado (2005), se indica que en la práctica se debe proyectar el alcantarillado con una pendiente que asegure una velocidad mínima de 0.60 m/s, cuando el flujo de diseño se produce a sección llena (75% del diámetro de la tubería) o semillena (menor a 50% del diámetro de la tubería).

En la norma peruana, se considera la velocidad mínima de diseño como 0.60 m/s (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2019).

e. Tensión tractiva

Según la norma peruana, la tensión tractiva se define como el esfuerzo tangencial unitario asociado al escurrimiento por gravedad en la tubería de alcantarillado, ejercido por el líquido sobre el material depositado. Este esfuerzo tangencial se expresa en función de la densidad del agua (ρ), la gravedad (g), el radio hidráulico (R) y la pendiente (S), (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2019).
valor mínimo de fuerza tractiva de 1 Pa (0,1 kg/m²).

$$t = \rho \times g \times R \times S$$

t = Fuerza tractiva [kg/m^2]

ρ : Peso específico del líquido [kg/m^3]

R: Radio hidráulico [m]

S: Pendiente [m/m]

f. Caudal

En hidráulica de Canales (2007), se define como el volumen de flujo que pasa en la unidad de tiempo por una sección determinada siendo este flujo constante por la ley de la conservación de la materia y se expresa en función de la velocidad (V) y el área (A). Según la norma peruana se indica que el caudal mínimo que debe ser considerada para el cálculo debe es de 1,5 l/s (Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento, 2019).

$$Q = V \cdot A$$

Q: Caudal [m^3/s]

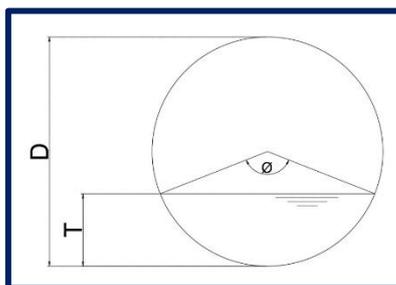
V: Velocidad [m/s]

A: Área de la sección circular [m^2]

Las características geométricas para tuberías con sección parcialmente llena se muestran a continuación:

Figura 30

Características geométricas en una tubería a sección parcialmente llena.



g. Diámetro de tuberías de alcantarillado

La Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado (2005) se indica que los criterios de diseño de las redes convencionales especifican que el diámetro mínimo de las alcantarillas será 200 mm, tanto en habilitaciones de uso de vivienda como de uso industrial. La experiencia en otros países, Latinoamérica y Estados Unidos muestra que las alcantarillas con diámetros de 150 mm (6") instaladas en avenidas, no presentan mayores problemas de mantenimiento que los causados por las alcantarillas convencionales. En Brasil para ramales de alcantarillado de zonas residenciales se usa diámetro mínimo de 100 mm, considerando una longitud máxima de 400 m. El diámetro de 100 mm es usualmente especificado para calles no pavimentadas de comunidades periurbanas.

Por tanto, el diámetro mínimo que se recomienda en el diseño de redes simplificadas es 150 mm, siendo limitado el uso de las tuberías de 100 mm para los casos donde se justifique técnicamente su requerimiento, esta recomendación también se indica en la norma peruana OS.070 de redes de aguas residuales (2019). De los trabajos realizados, en las redes secundarias de alcantarillado de Abancay tienen 200 mm de diámetro como mínimo, para poder dar continuidad de las redes con gran pendiente, así como para coleccionar conexiones domiciliarias de 160mm.

h. Pendiente de alcantarillado

Para redes existentes, la pendiente de la red se puede calcular por la diferencia que existe entre cotas de fondo desde el buzón de inicio al buzón de descarga (ΔCF) sobre la longitud que existe entre ambos buzones.

$$S = \Delta CF/L$$

ΔCF : diferencia de nivel entre dos puntos x

L: longitud existente entre los puntos x

Tenemos que la pendiente mínima es de 5.55 por mil para tuberías de PVC- HDPE, con un tirante del 75% de la altura total de la tubería, teniendo en cuenta los parámetros mínimos del Reglamento nacional de edificaciones (RNE) como son: tensión tractiva (t -1pa.) caudal (Q -1.5 l/seg.) y una velocidad mínima de (V- 0.6m/seg.) sin embargo, la pendiente está en función básicamente de la topografía de lugar considerando las profundidades mínimas a la cual estará la tubería.

En cuanto a la pendiente máxima, esta debe calcularse de acuerdo con la velocidad máxima permisible (Organización Panamericana de la Salud, et al 2005).

i. Rehabilitación

Medidas que se toman o ejecutan para restaurar o mejorar el funcionamiento de un sistema de alcantarillado existente.

j. Tubo o tubería

Conducto prefabricado, o construido en sitio, de concreto, concreto reforzado, plástico, poliuretano de alta densidad, asbesto- cemento, hierro fundido, gres vitrificado, PVC, plástico con refuerzo de fibra de vidrio, u otro material cuya tecnología y proceso de fabricación cumplan con las normas técnicas correspondientes. Por lo general su sección es circular.

k. Ventanas

Son excavaciones de áreas rectangulares que sirven de entrada y salida de la tubería nueva en el proceso constructivo del método Cracking.

l. Colector

Es un conducto subterráneo en el cual vierten las alcantarillas sus aguas.

m. Conexión

Es la unión física de la acometida domiciliaria hacia la red secundaria de alcantarillado.

n. Diámetro nominal (dn)

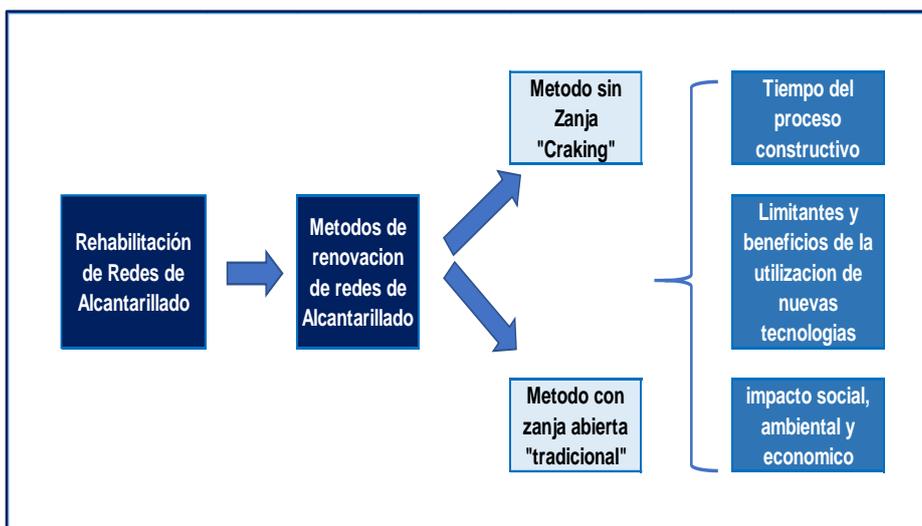
Dimensión por la cual se designa la tubería o el accesorio de unión.

o. Empalme

Es la unión física entre la unión domiciliaria de alcantarillado y la tubería de la red pública de recolección.

Figura 31

Fundamentos teóricos que sustentan las hipótesis.



Fuente: Consorcio Abancay

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Hipótesis

3.3.1 Hipótesis general

La tecnología sin zanja “método cracking”, es la opción más eficaz y menos invasiva respecto al método tradicional, para la renovación de las redes de alcantarillado en la ciudad de Abancay.

3.3.2 Hipótesis específicas

- a. La aplicación del “método cracking” ocasiono mejoras en los tiempos y puesta en servicio de los sistemas, en comparación al método tradicional de renovación de tuberías de alcantarillado.
- b. La aplicación del “método cracking” genera menos daños medio ambientales frente al método tradicional de renovación de tuberías de alcantarillado en la ciudad de Abancay.
- c. La aplicación del “método cracking” refiere variación de costes frente al método tradicional.

d. Los parámetros necesarios para la aplicación del “método cracking” en la renovación de tuberías de alcantarillado, fueron acordes en las redes de la ciudad de Abancay.

3.2 Método

3.3 Tipo de investigación

La investigación realizada en esta tesis es básica, ya que a través de los datos recopilados sustente la realizada, con la metodología cuantitativa de alcance descriptivo, debido a que se describieron los métodos constructivos de dos tecnologías sin zanja (método cracking y la metodología tradicional) el análisis realizado a estas metodologías fue comparativo, donde se evaluaron los aspectos teóricos de los alcances y limitaciones.

3.4 Nivel o alcance de investigación

El nivel de investigación que se optará será descriptivo de la cual *Fidias Arias, (2012)*. menciona que todos los estudios que presentan con hipótesis son descriptivos, pero la diferencia con la hipótesis empírica de los estudios relacionales, es que se trata de una hipótesis racional, es decir, que necesariamente requiere un fundamento basado en los antecedentes investigativos.

Ante esto la presente investigación se recolectó antecedentes investigativos con la cual se formuló la hipótesis, y para ello se realizó la descripción fiel de las actividades realizadas para llegar a concluir el estudio. Es decir, que se aplicara la evaluación in situ para poder obtener resultados y compararlos con los antecedentes investigativos.

3.5 Diseño de investigación

La presente investigación es no experimental, *Hernández Sampieri, (2014)*. define que la investigación es cualquier investigación realizada con un enfoque científico, donde un conjunto de variables se mantiene constantes, mientras que el otro conjunto de variables se mide. Esta investigación se realizó posterior a la intervención de las redes secundarias de alcantarillado realizado por el Consorcio Abancay en la ciudad de Abancay.

3.6 Operacionalización de variables

Variable independiente 1: método de renovación de tuberías de forma tradicional o con zanja abierta.

Variable Independiente 2: método de renovación de tuberías sin zanja método “cracking”.

Variable dependiente: redes deterioradas para renovación de las arterias de la ciudad de Abancay.

Tabla 1*Análisis de variables.*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO
INDEPENDINTE Métodos de renovación de tuberías de alcantarillado	Particularidad de cada uno de los métodos de renovación de tuberías de alcantarillado	Utilización de maquinarias, suministros y personal para la renovación de tuberías de alcantarillado	Evaluación de cada método de renovación de tuberías de alcantarillado	Tiempo de aplicación. Inversión. Afectación ambiental.	Valorización de suministros utilizados. Encuestas.
DEPENDINETE Redes secundarias de alcantarillado	Redes secundarias de alcantarillado deterioradas, inhabilitadas.	Modificación de perfiles longitudinales, y altitudinales, y diámetros de tuberías de alcantarillado	Redes secundarias de alcantarillado a ser renovadas	Atoros, aniegos y colapso de redes	Características hidráulicas de redes de alcantarillado

Fuente: Elaboración propia, 2023

3.7 Población, muestra y muestreo

3.7.1 Población

Fidias Arias, (2006). señala a la población como un conjunto infinito o finito de elementos con características muy comunes, para ello serán muy largas las conclusiones en la investigación. Sin embargo, el hecho de que la población sea grande, hace que la investigación pueda ser demasiado costosa y requerir mucho tiempo. Por ello se realizan técnicas de selección aleatoria considerando los puntos más resaltantes y con mayores características de aplicación de técnicas complementarias a cada método.

La selección se realizó considerando los puntos donde ambas metodologías fueron determinantes y con mayores restricciones, dentro de las arterias de la ciudad de Abancay. Estas fueron el Jr. Arica 1ra cuadra intervenida con el método cracking y el jr. Lima primera cuadra intervenida con el método tradicional.

3.7.2 Muestra

Se define la muestra como "el conjunto de operaciones que se realizan para estudiar la distribución de determinados caracteres en totalidad de una población universo, o colectivo partiendo de la observación de una fracción de la población considerada" *Tamayo y Tamayo, (2006)*.

La muestra de la presente investigación se trabajará por el método no probabilístico o muestreo por conveniencia "en las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación o los propósitos del investigador"

Hernández Sampieri, (2014).

3.8 Técnicas e instrumentos

Técnica de recolección de datos. Rodríguez (2008), define que la técnica de recolección de datos es el medio empleado para recoger información, entre las que predominan la observación, cuestionario, experiencias.

La técnica de la presente investigación es de observación directa; según *Fernández, (2006)*. define que "la presente investigación será mediante la observación directa que consiste en el registro sistemático, que será válido de comportamientos o "conducta manifiesta", por lo tanto, en la presente investigación la técnica de observación directa fue la que se tomó en cuenta para las diferentes

metodologías en la cual mediante la observación se recopilara los datos que servirán para poder dar brindar soluciones al problema de dicha investigación.

Instrumentos de recolección de datos. Arias (2012), define que “un instrumento de recolección de datos es cualquier recurso, que puede ser un dispositivo o un formato (en papel o digital), que se utiliza como medio para conseguir, registrar o almacenar información”; por lo tanto, en la presente investigación se obtendrá documentaria física y digital como también datos in situ y por este motivo se utilizará como instrumento de información fichas de ensayos que son válidos ya que estarán respaldados bajo la normativa americana ASTM , la normativa peruana NTP y la norma técnica colombiana. Para poder cumplir en dicha investigación con todas las metodologías.

3.9 Consideraciones éticas

Aristóteles, (1978). Define la primera versión sobre ética que es un compromiso valido de la humanidad y debe permitirle alcanzar el progreso personal, el cual es el compromiso que se obtiene con uno mismo de ser siempre más persona.

Pérez (2012), Define que la ética como ciencia estudia la moral del hombre en la sociedad, esto da entender su relación frente a los demás, dado a lo que la moral plantea como normas aceptadas universalmente.

Parker (2001), Opina que “la ética es el uso de herramientas de la razón para crear reglas que encaminen el juicio en circunstancias que sean generales como particulares.

Según el reglamento del comité de ética de investigación de la *Universidad Tecnológica de los Andes (UTEA)*, (2015). cuyo objetivo es orientar el actuar del

investigador, docente y estudiante, de los deberes y normas en la investigación realizada.

Esta investigación se realizó respetando y cumpliendo de las normas, deberes y valores, de acuerdo a las consideraciones éticas estipuladas y por el carácter profesional de la investigación.

3.10 Procesamiento de estadísticos

Prueba t de student, (1908). Es una prueba estadística para evaluar si dos grupos difieren entre sí de manera significativa respecto a sus medias. Se simboliza con “t”, para hipótesis de diferencia entre dos grupos. La hipótesis de investigación propone que los grupos difieren de manera significativa entre sí y la hipótesis nula propone que los grupos no difieren significativamente. Los grupos pueden ser dos plantas comparadas en su productividad, dos escuelas contrastadas en los resultados a un examen, dos clases de materiales de construcción comparados en su rendimiento, etcétera.

La comparación se realiza sobre una variable (teóricamente dependiente). Si hay diferentes variables, se efectuaran varias pruebas t (una por cada variable), y la razón que motiva la creación de los grupos puede ser una variable independiente. Por ejemplo, un experimento con dos grupos, donde a uno se le aplica el estímulo experimental y al otro no, es de control. Nivel de medición de la variable de comparación: Intervalos o razón *Hernández Sampieri, (2010)*.

Probamos el procedimiento estadístico t de student durante la comparativa realizada para ver la determinar la variación significativa de tiempo y costo, estos cálculos y medidas precedente a la hipótesis, me llevó a la utilización del programa Excel.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

4.1.1 Proceso constructivo del método Cracking suministros y materiales

a. Señalización del área de trabajo

El área de trabajo fue delimitada para el inicio de actividades, con los siguientes implementos:

Porta mallas (Cachacos) cada 1.5mts de separación máxima.

Cintas de color amarillo para advertir de riesgo en zanjas.

Mallas color naranja de PVC en ambos bordes de la calzada

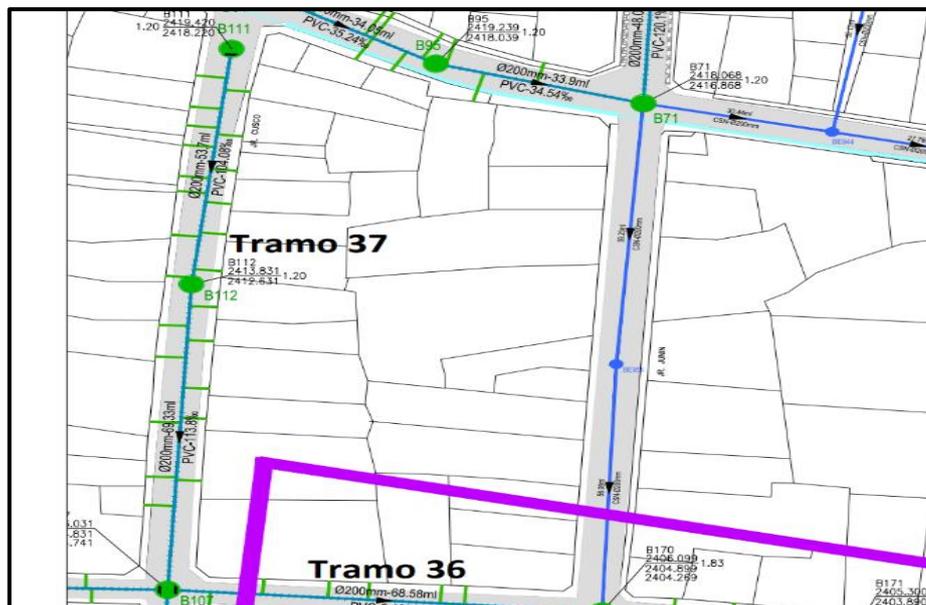
Porta letreros móviles (Machotes).

Letreros restrictivos e informativos

Estos implementos se utilizaron para restringir en tránsito peatonal y vehicular de la zona, sumado a resguardo por parte de “vigías” y prevencionistas de obra, los tramos intervenidos corresponden a la nomenclatura N°37 correspondiente al Jr. Cusco en su quinta cuadra, delimitada por el Jr. Apurímac por la parte baja y con la Av. Manuel Prado sur por la parte alta.

Figura 32

Identificación del tramo intervenido (Tramo N°37).



Fuente: (Consortio Abancay)

b. Trazo y replanteo

Realizadas las demarcaciones previas al establecimiento de equipos y cortes de pavimento, se procede al conteo del número total de tuberías necesarias para la fragmentación de tramo N°37 que comprende los buzones B111(1.2m), B112(1.20m), B107(1.30m). Dicha actividad se realizó con 02 personales de topografía, 01 jefe de interferencias, equipos de topografía y planos de referentes a las diferentes redes subterráneas.

c. Corte de pavimento

El corte de pavimento se realizó con anterioridad a las actividades de fragmentación, a razón que este frente trabaja independientemente de las demás actividades, no obstante; no deberá ejecutarse en las calles circundantes a la intervención del mejoramiento de redes, puesto que estas calles colindantes, sirven de desvíos programados, tanto vehiculares y peatonales provisionales, Los suministros y personal requeridos son: 02 operadores de equipo liviano, cisterna de

agua de 1m³, 02 vigías, 02 cortadoras de pavimentos propulsadas por motores a combustión de 4HP y con chuchillas de corte diamantado de 7pulg de diámetro.

d. Demolición de pavimento

Realizado el reemplazo previo de cajas de registro de alcantarillado con su respectiva demolición de veredas, se procede a la demolición de pavimento que recubren la ventana de lanzamiento, así también de las correspondientes a las conexiones domiciliarias a la red secundaria de alcantarillado con los siguientes equipos: 02 matillos hidráulico adosado a minicargador de 98hp los cuales realizan un total de 18 unidades de conexiones domiciliarias promedio, con un área de demolición promedio 2.4m² por conexión, los desmontes de la demolición será eliminado en su totalidad.

e. Excavación de ventanas y conexiones

Se procede a realizar las excavaciones de ventanas de inserción de la tubería, considerando que el diámetro de tubería HDPE es de 200mm - 8pulg. y una profundidad promedio de 1.30mts, la inclinación de la ventana se realizará con un ángulo de inclinación no mayor a 30° con respecto a la base del buzón, lo cual refiere una ventana de 1.7mts de largo por 0.8mts de ancho generalmente. De igual manera, se procede a realizar la excavación de las acometidas domiciliarias a la red secundaria de alcantarillado, con una profundidad promedio de 1.4mts, se deberá considerar que en la ciudad de Abancay específicamente las calles Av. Manuel Prado Sur, Jr. Cusco, Jr. Huancavelica y Jr. Arica contienen interferencias subterráneas de las redes de agua potable y sus conexiones, red subterránea de telefonía y canales de evacuación de aguas fluviales, todas estas interceptan las conexiones domiciliarias de alcantarillado, por ende el 35% de las excavaciones se realizaron de forma manual, para salvar dichas interferencias.

Figura 33

Excavación de conexiones domiciliarias.



Fuente: (Consortio Abancay)

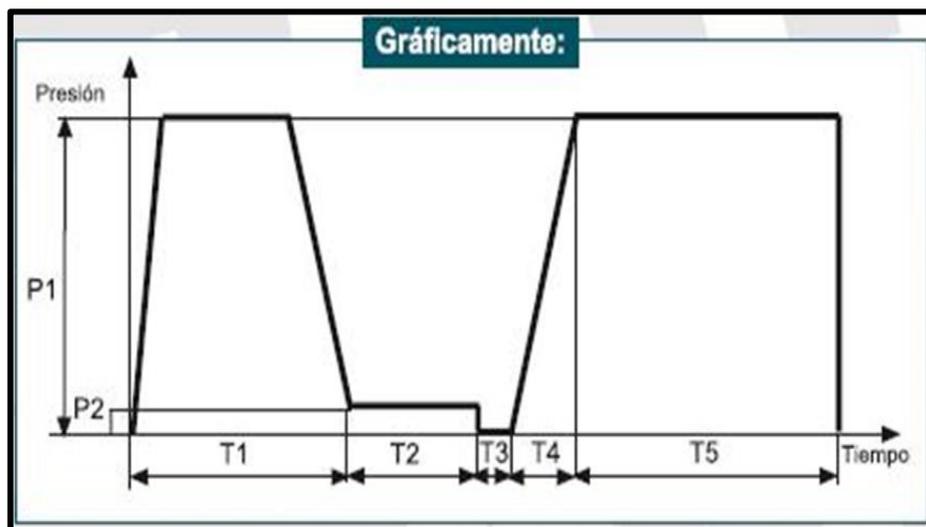
f. Termofusión

Esta actividad se realiza al momento de determinar la longitud total del tramo, y colocadas las tuberías en el frente de trabajo, se procede a fusionar cada una de ellas hasta alcanzar la longitud requerida, por lo cual se siguen los siguientes pasos: Las tuberías utilizadas fueron de 6mts de longitud con 200mm o 8pulg de diámetro, estas se colocan al refrendador hidráulico, el cual se encarga de alinearlas una con otra, debe especificarse que aquellas tuberías que serán fusionadas por este método, deberán ser del mismo tipo, deberán tener las mismas características físicas, como: diámetro interno y externo, tipo de material que la conforman peso y densidad. Realizada la alineación se procede con el fresado de tubería. La cual perfilara ambos extremos de la tubería obteniendo un acabado liso y perpendicular con respecto a una de la otra. Se limpiaron ambos extremos evitando que quede algún residuo, utilizando alcohol isopropílico. Posteriormente se colocó el plato calefactor que contiene una plancha recta la cual determinará la perpendicularidad de las tuberías pulidas, Cuando todo quedó alineado y listo para la soldadura, se

programó el equipo de termofusión, indicándole el material que se debe soldar, el diámetro de la tubería y el espesor de la tubería para que la maquina caliente el plato calefactor a una temperatura optima, alcanzada la temperatura requerida.

Figura 34

Parámetros del proceso de fusión.



Fuente: (<https://www.elborweltech.com/>)

P1 = Presión de operación.

P2 = Presión residual en el calentamiento (= 10% P1)

T1 = Tiempo para la formación del cordón uniforme de altura h.

T2 = Tiempo de calentamiento a presión residual.

T3 = Tiempo de retirar la placa calefactora y confrontar los extremos.

T4 = Tiempo de aumento gradual de la presión.

T5 = Tiempo de enfriamiento.

Figura 35

Equipo de termofusión.



Fuente: (Consorcio Abancay)

g. Instalación de los equipos de Cracking

El Hydroguide de tensión y equipo compresor fueron remolcados por camiones al área de intervención, para realizar la fragmentación de tuberías en el tramo N°37, el compresor está ubicado en el buzón aguas arriba B111 donde esta excavada la ventana de lanzamiento y preparada la tubería con el cabezal de corte, se procede a introducir la línea alamburada llamada “cobra” que recorre del buzón aguas arriba B111 al buzón aguas abajo, B112 donde se ubica el Hydroguide.

Figura 36

Fragmentación de tubería con el Hydroguide.



Fuente: (Consortio Abancay)

h. Rehabilitación de la red de alcantarillado.

Ubicado y estabilizado el Hydroguide inicia el proceso de tensión del cable que esta adosado a la cabeza de corte. Esta cabeza de corte está impulsada por el pistón neumático de golpeo que está conectada a una compresora de aire, esta dota de aire comprimido para realizar el proceso de hincado de la tubería nueva de HDPE.

Figura 37

Inserción de tubería HDPE.



Fuente: (Consortio Abancay)

i. Instalación de conexiones domiciliarias de desagüe

Instalada la nueva tubería HDPE, se procede a realizar la instalación de las conexiones domiciliarias.

Renovada la caja de registro de alcantarillado, excavada la línea de conexión entre la caja y la red renovada, se procede a colocar la tubería de PVC SAL DN 160mm 6pulg, con una longitud de promedio en este tramo de 3.89ml, las sillas de este tramo tienen CODOS PVC U UF NTP ISO 1452 PN 10 DN 160 MM con ángulos de 11.15°, 45° y 22.5°.

Figura 38

Instalación de conexión domiciliaria.



Fuente: (Consortio Abancay)

Figura 39

Compactación de zanja.



Fuente: (Consortio Abancay)

4.1.2 Proceso constructivo del método tradicional

El área de trabajo fue delimitada con los siguientes implementos:

Puentes peatonales de madera

Porta mallas (Cachacos)

Cintas de color amarillo para advertir de riesgo

Mallas color naranja de PVC

Porta letreros móviles (Machotes)

Letreros restrictivos e informativos

Protección de zanjas: Entibados de madera, escaleras de evacuación arneses y sogas.

El proceso de la intervención, tuvo como previsión realizar el reemplazo de la red principal como primera actividad, y cubierta esta, se procedió a realizar las excavaciones de las conexiones domiciliarias.

a. Trazo y replanteo

Realizados el conteo de las conexiones el cual refiere 14und, así como la demarcación del este tramo con 60.70 ml en el Jr. Lima primera cuadra, se evidencian las interferencias de las redes de agua y sus conexiones domiciliarias.

La profundidad promedio del tramo es de 2.10mts.

Figura 40

Tramo intervenido con el método tradicional. (B306A al B306B).



Fuente: (Consortio Abancay)

b. Corte de pavimento

El corte de pavimento realizado días anteriores a la intervención del tramo, se realizó paralelamente al reemplazo de cajas de registro de las conexiones domiciliarias, así también se realizó el alineamiento de los buzones para realizar el corte de pavimento de la red secundaria de alcantarillado, el espesor promedio del pavimento rígido fue de 0.23cm.

Por lo cual se utilizaron los siguientes suministros y personal: 02 operadores de equipo liviano, cisterna de agua de 1m³, 02 vigías para el cierre de vías, 02 cortadoras de pavimentos propulsadas por motores a combustión de 4HP y con chuchillas de corte diamantado de 7 pulg de diámetro.

c. Demolición de pavimento

Realizado el reemplazo previo de cajas de registro de alcantarillado con su respectiva demolición de veredas, se procede a la demolición de pavimento que recubren la ventana de lanzamiento, así también de las correspondientes a las

conexiones domiciliarias a la red secundaria de alcantarillado con los siguientes equipos: matillo hidráulico adosado a minicargador de 98hp en cual realiza 18 unidades de conexiones domiciliarias promedio con un área de demolición promedio 2.4m^2 por conexión, los desmontes de la demolición será eliminado en su totalidad.

Figura 41

Demolición red secundaria alcantarillado.



Fuente: (Consortio Abancay)

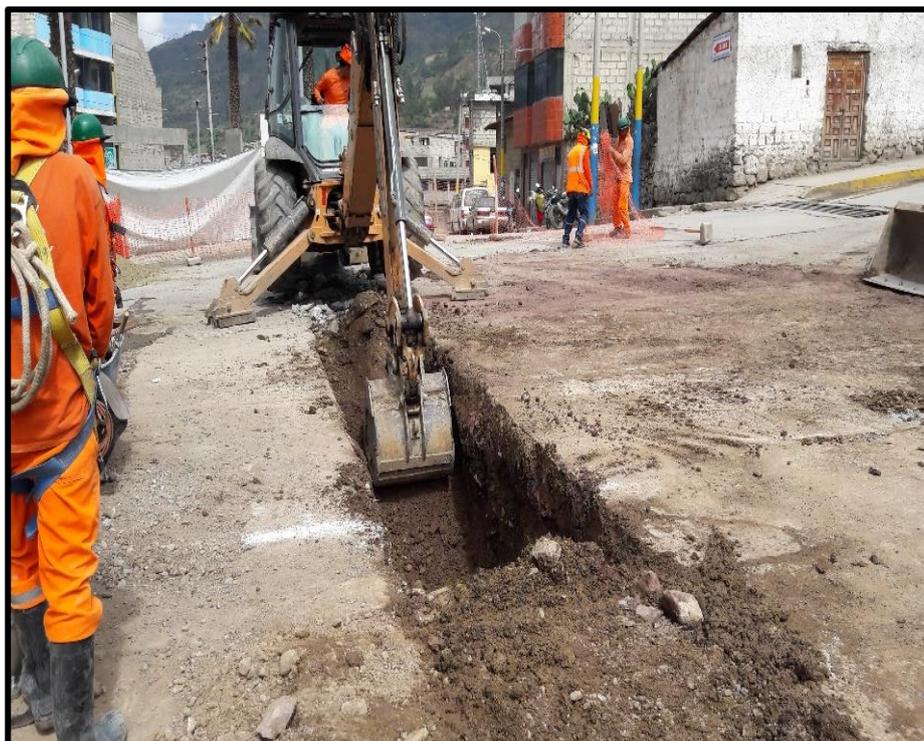
d. Excavación de red secundaria de alcantarillado y sus conexiones

Se realizó la excavación con 01 retroexcavadora 420E iniciando con la línea de red secundaria de alcantarillado, esta excavación fue protegida con dispositivos de seguridad tales como: entibados de madera con listones de 2"x2" de lado y tablonces de madera de 0.3cm x 1.5" x 10pies. Todos estos clavados y asegurados cada 0.8cm de separación. A consecuencia del tipo de terreno y la altura promedio del tramo. Consecuentemente teniendo una longitud promedio por conexión de 5.80 de largo de ambos lados de la tubería de la red secundaria de alcantarillado, se realizará las excavaciones de las conexiones domiciliarias posterior a la cobertura de la zanja correspondiente a la red secundaria de alcantarillado. Para tener una

adecuada transitabilidad de equipos y materiales, así como disposición para resguardo de personal obrero.

Figura 42

Excavación de zanja de la red secundaria de alcantarillado.



Fuente: (Consortio Abancay)

Figura 43

Excavación de conexiones.



Fuente: (Consortio Abancay)

Figura 44

Entibados de las líneas excavadas para la instalación de tubería.



Fuente: (Consortio Abancay)

e. Protección de zanjas para la instalación de tuberías

El entibado de las zanjas, se realiza para el resguardo del personal obrero con la estabilización del talud de la zanja, considerando la altura a la cual se asentará la tubería y el tipo de material que conforma el talud de la zanja. El cual es un conglomerado de arcilla, piedra y limos altamente saturados.

f. Instalación de red secundaria de alcantarillado

Realizada las protecciones de la zanja y la nivelación de la cama de protección de la tubería, se procede a la instalación de TUB SAL PVC200mm. Espiga campana, incluido los anillos, dados de concreto y nipples en la salida y llegada de los buzones B306B y B306A

g. Instalación de conexiones domiciliarias de desagüe

En este tramo se realizó la instalación previa de la red secundaria de alcantarillado DN200mm, cubierta la red principal en su totalidad se procedió a las excavaciones de las conexiones domiciliarias de desagüe, desde las cajas de registro renovadas hasta la nueva red secundaria de alcantarillado. se procede a realizar la instalación de las conexiones domiciliarias.

Se colocó la tubería de PVC SAL DN 160mm 6pulg, con una longitud de promedio en este tramo de 5.8ml, las sillas de este tramo tienen CODOS PVC U UF NTP ISO 1452 PN 10 DN 160 MM con ángulos de 11.15°,45° y 22.5°.

Figura 45

Demolición y excavación de conexiones domiciliarias.



Fuente: (Consortio Abancay)

h. Relleno y compactación de zanjas

Considerando que la cobertura de zanjas de la red secundaria de alcantarillado se realizó con anterioridad a la de las conexiones domiciliarias, se debe considerar que esta metodología da mayor disponibilidad de espacios para el ingreso y salida de materiales, así como continuidad de flujo en las redes principales durante su operación, se realiza de esta manera para que la red secundaria pueda ser evaluada en su prueba de estanqueidad, y pueda ser validada como correcta en su instalación, para posteriormente poder realizarse esta misma prueba con las conexiones domiciliarias conectadas a la red secundaria de alcantarillado.

Figura 46

Relleno de zanjas red secundaria.



Fuente: (Consortio Abancay)

Figura 47

Relleno y compactación de zanjas de las conexiones domiciliarias.



Fuente: (Consortio Abancay)

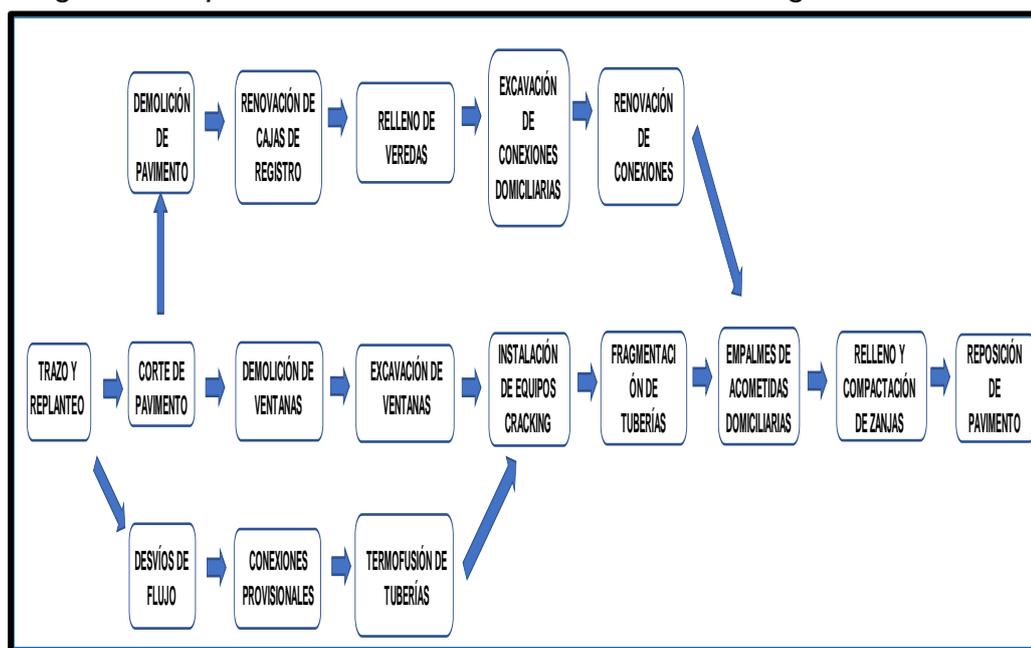
i. Instalación de conexiones domiciliarias de desagüe

En este tramo, se realizó la instalación previa de la red secundaria de alcantarillado DN200mm, cubierta la red principal en su totalidad se procedió a las excavaciones de las conexiones domiciliarias de desagüe, desde las cajas de registro renovadas hasta la nueva red secundaria de alcantarillado. se procede a realizar la instalación de las conexiones domiciliarias.

Se colocó la tubería de PVC SAL DN 160mm 6pulg, con una longitud de promedio en este tramo de 5.8ml, las sillas de este tramo tienen CODOS.

Figura 48

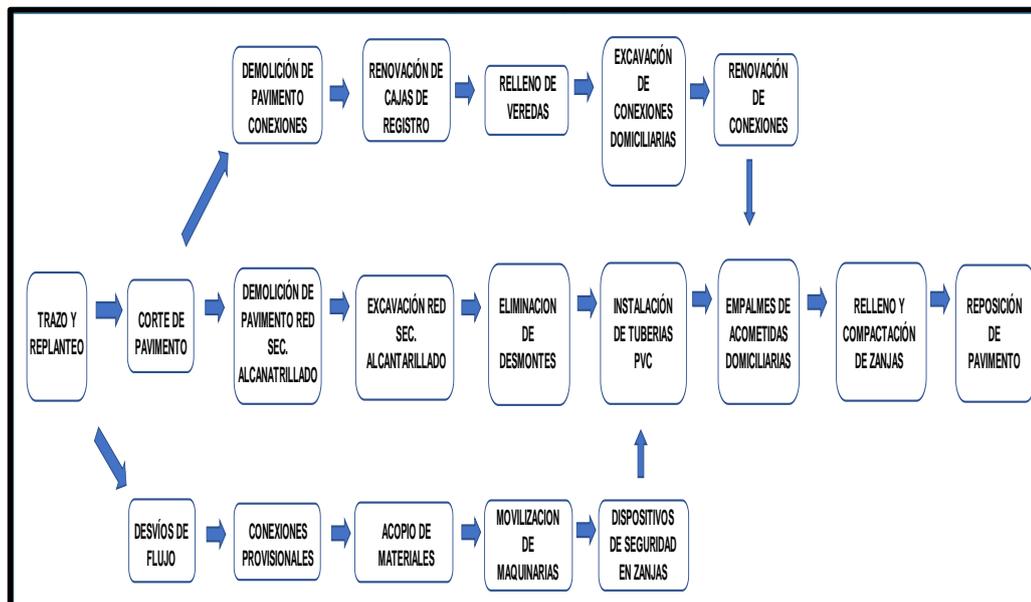
Diagrama del proceso constructivo del método Cracking.



Fuente: (Consortio Abancay)

Figura 49

Diagrama del proceso constructivo del método tradicional.



Fuente:(Consortio Abancay)

Los diagramas nos permiten visualizar de mejor manera, las secuencias de cada una de las metodologías.

4.1.3 Análisis de datos, mediciones, encuestas y control de recursos en cada una de las metodologías utilizadas para la renovación de tuberías de alcantarillado

Se realizó la encuesta a profesionales encargados del saneamiento básico de la ciudad de Abancay (Consortio Abancay) y los trabajadores de la empresa (EMUSAP).

En esta encuesta, se consultó por la tecnología sin zanjadas estudiada en esta tesis (método Cracking) y el método con zanja abierta (método tradicional).

Las preguntas se enfocaron en los aspectos económicos, ambientales y sociales que se dan durante la rehabilitación de redes secundarias de alcantarillado. Considerando la utilización del método sin zanja y el método tradicional de rehabilitación.

4.1.4 Preguntas realizadas en las encuestas para la validación de datos

1. ¿Conoce el término “Tecnología sin zanja en rehabilitaciones de redes de alcantarillado?”

La figura 49 muestra que no todos los encuestados conocen la aplicación de la tecnología sin zanja, por lo que la utilización de estas metodologías refiere incógnitas sobre sus alcances y beneficios.

Tabla 2

Consulta al personal del área operativa de la Empresa

EMUSAP sobre las metodologías sin zanja y su aplicación.

¿Conoce MSZ?	N° de personas	%
si	6	60%
no	4	40%
total	10	100%

Fuente: Elaboración propia.

2. ¿Cuánto conoce usted sobre el proceso constructivo de las tecnologías sin zanja?

De las tecnologías consultadas, se aprecia en la Figura 50 que los encargados y los obreros que realizaron las renovaciones de la red de alcantarillado conocen y dominan la tecnología método tradicional y en cuanto a la tecnología sin zanja la mitad conoce poco la tecnología.

Tabla 3

Consulta a los ejecutores jefes de campo y jefes de cuadrilla sobre la aplicación de las metodologías de renovación de tuberías de alcantarillado.

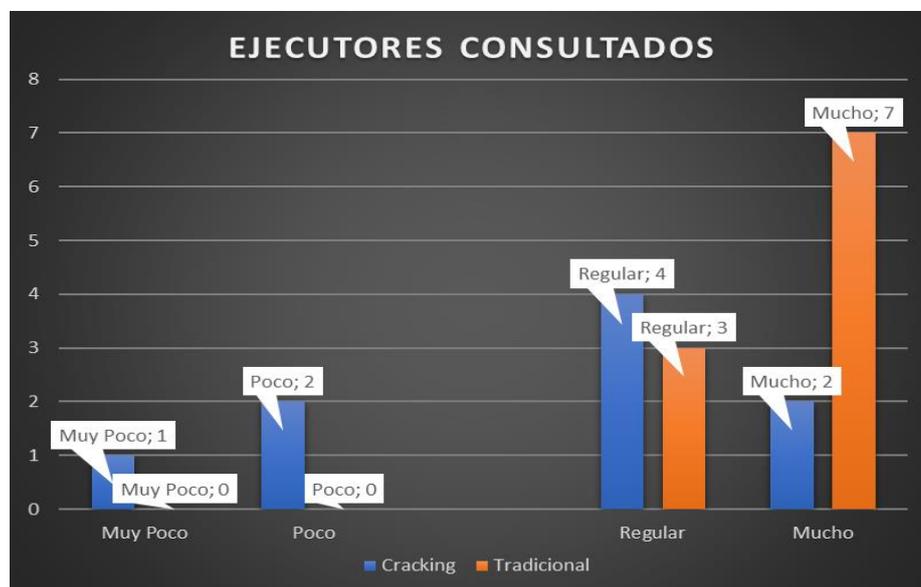
Metodologías	Muy Poco	Poco	Regular	Mucho
Cracking	2	3	4	1
Tradicional	0	0	3	7

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de las preguntas se muestran gráficamente en la Figura 53.

Figura 50

Gráfico del conocimiento que tienen los ejecutores sobre las tecnologías sin zanjas y la metodología tradicional.



Fuente: Elaboración propia.

3. La comparativa del proceso constructivo de la metodología tradicional y las tecnologías sin zanja, se evalúa los siguiente:

3.1. ¿En cuánto se reduce los niveles de ruido?

Los niveles de ruido que se reduce está directamente relacionando la cantidad maquinaria utilizada y el tiempo en horas maquina en los trabajos de demolición, excavación y relleno de zanjas de las dos metodologías, este análisis se referencia en la figura 61, el % de tiempo de utilización de maquinaria se reduce en un 75% y la cantidad de maquinaria en actividad se reduce en 57%, lo cual da como resultado una reducción del 60% del ruido con la utilización del método cracking.

Equipos pesado método cracking: compresora neumática Compresor Sullair 375 CFM a 100 psi 10,6 m³/min a 7 bar

Equipos livianos método cracking: CABRESTANTE HYDROGUIDE® HG1200 para tuberías hasta 12" 315mm de diámetro, fuerza de tracción entre 0.5 y 12 toneladas, profundidad de uso de 0 – 18 metros velocidad de la línea de 0 – 33 metros por minuto. CABEZA ACTIVA las herramientas de perforación (TOPO).

Equipos pesado método tradicional: RETROEXCAVADORA 420E capacidad de excavación 12m³/hora, Volquete Volvo FMX 480, capacidad (cap) de 15m³, 02 Minicargador CAT236D 0.35m³ de carga por minuto.

Equipos livianos método tradicional: 02 apisonadores de dos tiempos BS50-2i Rendimiento superficial compactación 159m²/h.

Tabla 4

Equipos utilizados en con las dos metodologías en la renovación de la red secundaria de alcantarillado.

Metodologías	equipos pesados	equipos menores	profundidad de tramo	Horas de trabajo (hm)	Long. de intervención (ml) Tub. 200mm
Cracking	1	2	1.75	3	60
Tradicional	5	2	1.8	12	60

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5

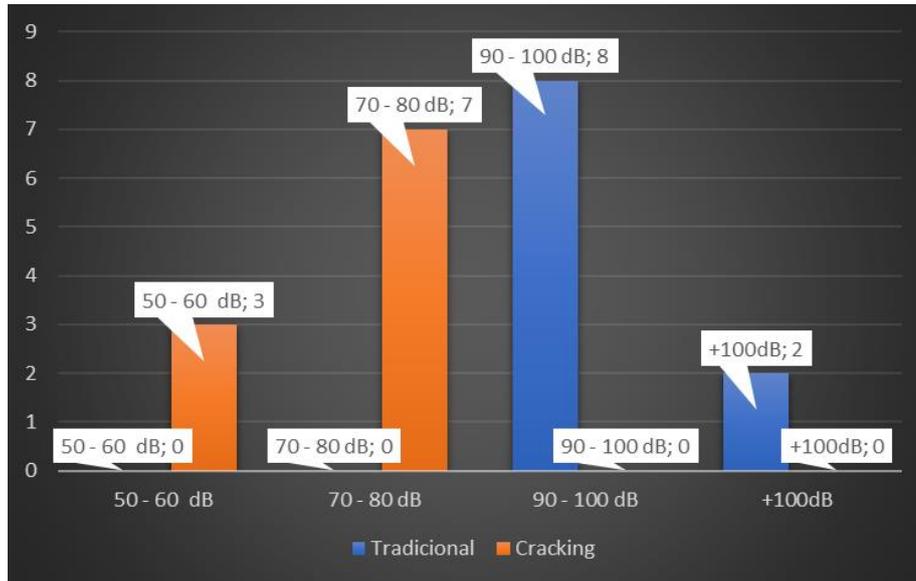
Evaluación de la cantidad de decibeles (dB) de ruido en las actividades de reemplazo de tuberías de ambos métodos.

Metodologías	50 - 60 dB	70 - 80 dB	90 - 100 dB	+100dB
Tradicional	0	0	8	2
Cracking	3	7	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Figura 51

Gráfico de cantidad de ruido de ambos métodos.



Fuente: Elaboración propia

Figura 52

Gráfico de cantidad de equipos utilizados y tiempo de trabajo.



Fuente: Elaboración propia.

3.3. ¿En cuánto se reduce el movimiento de tierras o modificación del relieve?

El análisis de operaciones indicado en la figura 64, que el movimiento se reduce en un 95.56% con el método sin zanja.

Tabla 6

Volumen de movimiento de tierras de ambos métodos.

Metodologías	longitud de renovación (m)	Volumen de excavación (m³)	Cantidad de reposición de terreno (m³)	disminución de mov. de tierras respecto MCZ
Cracking	60.00	106.08	97.2	0%
Tradicional	60.00	2.01	1.85	96%

Fuente: Elaboración propia.

a. Excavación de línea método tradicional

Para la instalación de un tramo de tubería con una longitud de 60.70m del buzón 306A al buzón 306B se requiere la excavación de un volumen de material correspondiente a las siguiente metrado (longitud 59.50m, ancho promedio = 0.82m, profundidad promedio 1.75m.)

El tipo de terreno es considerado semirrocoso (TSR) con un volumen calculado de 85.38m³, para este tipo de terreno se considera un grado de esponjamiento correspondiente a terrenos de transito compactados que haciende al 30% de la cantidad volumétrica estimada, esto nos da como resultado un volumen total de =106.08m³.

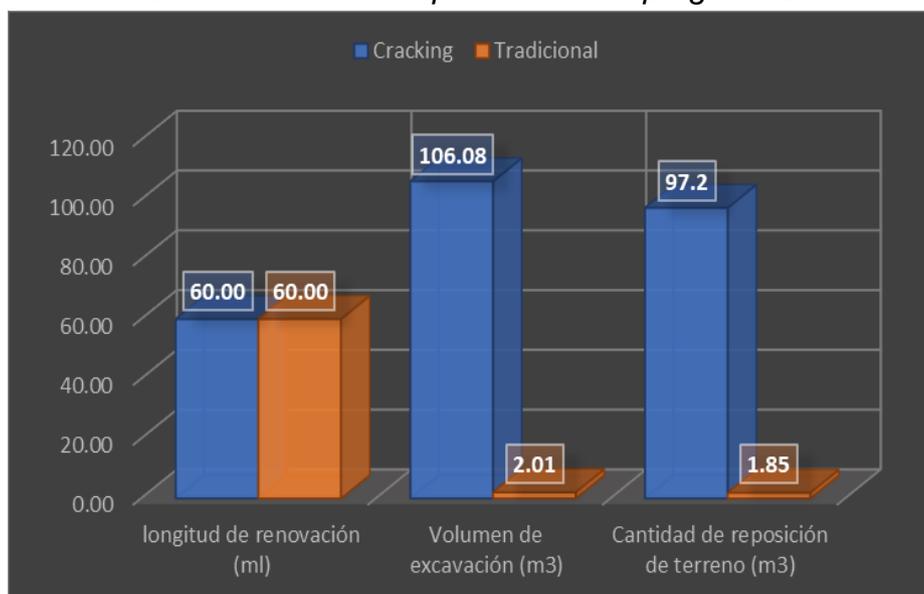
b. Excavación de ventanas de lanzamiento método Cracking:

El movimiento de tierras requerido para el reemplazo de tuberías de alcantarillado de la red secundaria que refiere una longitud de 69.33m del buzón B112 a un B107

con el método sin zanja, requirió un volumen de remoción de material con las siguiente metrado (longitud de ventana 2.5ml, ancho de ventana 0.82ml, profundidad promedio en zanja diagonal 0.98ml). este metraje refiere un volumen de movimiento de tierras en un terreno semi rocoso de 2.01m^3 más el % de esponjamiento, refiere un total de 2.62m^3 . Siendo solamente requerida la excavación de una ventana para el reemplazo de todo el tramo de red secundaria de alcantarillado, el movimiento de tierras se reduce considerablemente.

Figura 53

Resultados del análisis correspondiente a la pregunta 3.3.



Fuente: Elaboración propia.

3.4. ¿En cuánto se reduce la contaminación ambiental?

La evaluación realizada para determinar el grado de contaminación generado por la aplicación de las metodologías de renovación de tuberías de alcantarillado, se basa en la huella de carbono que generan, más específicamente en la emisión de dióxido de carbono al ambiente (CO_2), por parte de la utilización de equipos pesado y livianos.

Las cantidades de generación de CO₂ por parte de los motores a combustión, son directamente proporcionales a su capacidad de absorción de aire en litros y el tipo de combustible que utilizan, para realizar la combustión (Diesel o gasolina). En concreto, por la capacidad de cilindrada en litros del motor Diesel genera unos 2,65 kg de CO₂, mientras que en un motor de gasolina por la capacidad de cilindrada de motor en litros consume un equivalente a unas emisiones de 2,37 kg, esto se muestra en el las figuras 65 y 66 que referencia los equipos utilizados en cada metodología y su capacidad volumétrica de cada uno sus motores.

Tabla 7

Utilización y emisiones de equipos pesados.

Metodologías	Equipos pesados und.	Cilindrada litros Cfm185."	Cilindrada en litros Bobcat"	Cilindrada litros Cat-420"	Cilindrada litros FMX"	CO ₂	Total, CO ₂ (KG)
						motores Diesel kg/litros	
Cracking	01	4.4	-----	-----	-----	2.64	11.61
Tradicional	05	-----	6.6	4.4	13	2.64	63.36

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8

Utilización y emisiones de equipos livianos.

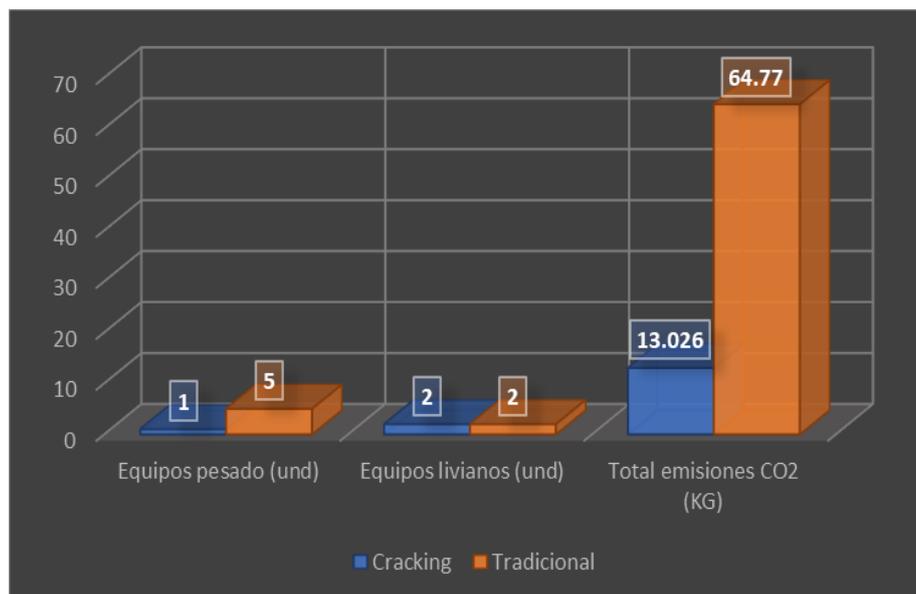
Metodologías	Equipos livianos und.	Apisonadores BS50-2i	CO ₂ motores	Total, emisiones CO ₂ (KG)
			gasolina kg/litro	
Cracking	02	0.6	2.35	1.41
Tradicional	02	0.6	2.35	1.41

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis correspondiente a la pregunta 3.4 muestra como resultado una reducción en emisión de CO₂ en un 80%.

Figura 54

Comparativa de cantidad de emisiones de cada metodología.



Fuente: Elaboración propia.

3.5. ¿En cuánto se reduce costos según los métodos?

Esta comparativa se realiza en relación a la utilización de suministros para cada una de las metodologías, movimiento de tierras, personal en obra y reposición de pavimento.

a. Método tradicional: El análisis de costos unitarios de cada uno de los recursos utilizados en este método, refiere detalles tales como: dispositivos de seguridad, tipo de terreno a excavar, distancia de eliminación de desmontes, reemplazo completo de material extraído de las zanjas y reposición de pavimento rígido en vías, como las partidas más relevantes.

Tabla 9

Análisis de costos para la renovación de tuberías con el método tradicional.

DESCRIPCIÓN	UND	Metrado	M.O.	Materiales	Equipo	P. U	Parcial (S/.)
Redes secundarias - mejoramiento							S/15,001.96
Trabajos preliminares							
Trazos y replanteos inicial líneas.	km	0.06	372.52	87.35	217.15	677.02	40.62
Cerco malla seguridad	ml	60.00	0.59	0.50	0.00	1.09	65.40
Excav. zanja. semirocos DN200-250mm h=1.51-1.75 m	m	60.00	1.56	0.00	11.33	12.89	773.40
Refine y nivelación de zanja terreno semirocoso p/tub.200-250 mm.	m	60.00	2.19	0.00	0.07	2.26	135.60
Relleno zanja (maq.) - DN200 a 250mm	m	60.00	25.02	9.28	1.28	35.58	2134.80
Elimin. Desmonte terreno semirocoso D=10km. p/tubería DN200 - 250mm	m	60.00	1.24	0.00	10.48	11.72	703.20
Suministro e instalación de tubería PVC uf ntp iso 4435							
instalación de tubería PVC-iso4435 DN200mm.	m	60.00	0.00	26.41	0.00	26.41	1584.60
Varios							
Prueba hidráulica de tubería DN200mm.	m	60.00	2.08	0.69	0.06	2.83	169.80
Empalme DN200mm. buzón existente.	und	2.00	36.83	41.66	2.61	81.10	162.20
Prueba compactación.	und	1.00	5.72	34.50	11.30	51.52	51.52
Demolición y retiro de tuberías de concreto.	m	60.00	30.01	0.00	0.90	30.91	1854.60
Mejoramiento de buzón tipol de 1.76 a 2.00m prof.	und	2.00	283.05	193.67	13.83	81.10	981.10
Levantamiento y reposición de pavimento rígido f _c =210 kg/cm ² e=0.20 m.	m ²	48.00	37.02	68.48	26.69	132.19	6345.12

Fuente: Elaboración propia.

La inversión a costo directo de la renovación de tuberías de alcantarillado con el método tradicional por metro lineal (ml) en la ciudad de Abancay es de **S/250.03 soles.** correspondiente a la división del parcial (**S/15,001.96**) entre la longitud de tubería renovada (**60ml**).

b. Método Cracking: El análisis de los costos unitarios de cada uno de los recursos utilizados en el método sin zanja (método cracking), se enfatizan en la utilización de equipos especiales, mano de obra calificada que tenga conocimiento de las limitantes de los equipos, así como su operatividad, el uso de tuberías de HDPE adecuadas para la aplicación de la metodología.

Tabla 10

Análisis de costos para la renovación de tuberías con el método Cracking.

DESCRIPCION	UND	Metrado	M.O.	Materiales	Equipo	P. U	Parcial (S/.)
Redes secundarias - mejoramiento sin zanja							S/11,538.15
Trabajos preliminares							
Malla seguridad	ml	5.00	0.59	0.50	0.00	1.09	5.45
Redes secundarias de alcantarillado							
Suministro							
tubería						37.4	
HDPE.SDR26		60.00	0.79	33.05	3.62	6	2247.60
200mm							
Reemplazo							
tubería ø 200	m	60.00	44.89	21.73	63.30	129.	7795.20
mm, sin zanja							
Varios							
Pruebas HDPE	m	60.00	1.59	5.12	1.77	8.48	508.80
DN200mm							
Mejoramiento	und	2.00	283.0	193.67	13.83	81.1	981.10
buzón tipol							
			5			0	

Fuente: Elaboración propia.

La inversión a costo directo de la renovación de tuberías de alcantarillado con el método sin zanja (método Cracking) por metro lineal (ml) en la ciudad de Abancay es de **S/192.30 soles.** correspondiente a la división del parcial (S/11,538.15) entre la longitud de tubería renovada (60ml).

En la figura 70, se indica la cantidad de ahorro en el presupuesto directo con la utilización del método sin zanja en relación al método tradicional, dicha cantidad es directamente proporcional a la longitud de renovación de redes secundarias de alcantarillado en la ciudad de Abancay. Aplicable para distintos otros lugares con las mismas o similares características situacionales. Este cuadro particulariza la renovación de 3000.00ml de redes secundarias de alcantarillado, cuya disminución presupuestal con la aplicación del método cracking, respecto a la metodología tradicional, refiere un monto considerable. El cual es acorde para la compra o adquisición de los equipos especiales de la metodología sin zanja.

Por lo cual se concluye que, de realizarse este cambio de metodología, en proyectos de renovación de redes secundarias de alcantarillado, se deberá considera este presupuesto, para la adquisición de equipos especiales y poder ser recuperados con su utilización. No obstante, el alquiler y disponibilidad de estos equipos es limitado, por su alta demanda y rendimiento, lo cual no es para nada conveniente en una intervención a menor escala.

Tabla 11

Ahorro de presupuesto con el método cracking en relación a la longitud de redes a renovar.

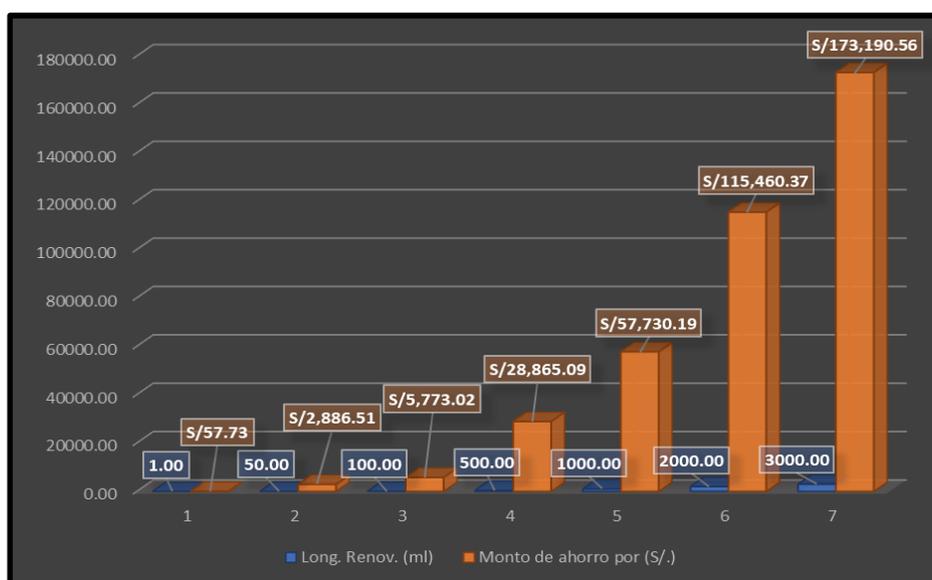
Monto estimado de disminución en el presupuesto con la ampliación del MSZ respecto al MCZ directamente proporcional a la Long. de renovación de tuberías de alcantarillado DN 200- 250mm h=. (1.51m a 1.75m) TSR.							
Long.							
(ml)	1.0	50.0	100.0	500.0	1000.0	2000.0	3000.0
Monto de Ahorro (S/.)	57.7	2886.5	5773.0	28865.1	57730.2	115460.4	173190.6

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del análisis correspondiente a la pregunta 3.5 da como resultado una reducción de un 23.09% en el presupuesto con la aplicación del método sin zanja (MSZ) respecto a la utilización del método tradicional (MCZ) el cual se torna relevante a medida que se incrementa la longitud de redes a renovar. Tomando en cuenta el tener longitudes de renovación mayores a los 2000.00 (ml) se visualiza una significativa disminución en el presupuesto.

Figura 55

Disminución de presupuesto en relación a la longitud de redes a renovar.



Fuente: Elaboración propia.

4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según *Ojeda Garayar Julio César, (2015)*. En su tesis “Análisis comparativo entre el método pipe bursting y el método tradicional en la renovación de tuberías de desagüe”.

Obtuvo como resultados beneficios que tiene el pipe bursting en cuanto al proceso constructivo frente al método tradicional, es la seguridad que les brinda a los

trabajadores, ya que al no tener que estar dentro de la zanja, se reduce el riesgo de atrapamiento al eliminar el peligro de excavaciones abiertas.

Esta aseveración no refiere una ventaja decisiva con la utilización de del método cracking, puesto el personal que opera las máquinas de la fragmentación dinámica, está expuesto a otros peligros como son: explosiones de las compresoras, vibraciones de equipos que afectan directamente al personal operador y, por último, si el cabezal de corte queda atrapado en el tramo de fragmentación, se tendrá que manipular u operar maquinaria en espacios confinados.

También llego a la conclusión que existe un mayor gasto operativo con los equipos del método sin zanja (pipe bursting), durante todo el proceso de renovación.

Esto fue tomado en cuenta el en desarrollo de la tesis, por ello, se concluyó con dar un estimado de longitud de renovación de redes de alcantarillado, en la cual sea rentable hacer el cambio de metodología. Con la premisa del costo de adquisición de equipos y gastos operativos.

Según *Gonzales Marly, Dorelly Yhoseph, (2018)*. En su tesis "Propuesta de renovación de redes de agua potable mediante el método pipe bursting urb. San Diego distrito SMP, Lima-2018" concluye que existe una disminución del 72% de polvo con la utilización del método pipe bursting, por ello considera que el impacto ambiental es reducido a comparación del método tradicional.

Este valor tiene una pequeña variación del 4% con respecto al análisis realizado en esta investigación, este porcentaje de variación es porque se usó otra variante del método cracking que es la variante estática que, a diferencia de la variante dinámica, requiere una ventana de mayores dimensiones para la instalación de equipos, esta variación es el 4% del total de movimiento de tierras. La variable estática requiere la instalación de todos los equipos dentro de una ventana

excavada en la red de alcantarillado, mientras que la variable dinámica solo requiere una ventana excavada para el lanzamiento de la tubería nueva de alcantarillado.

Según Ojeda Garayar Julio César, (2015). En su tesis “Análisis comparativo entre el método pipe bursting y el método tradicional en la renovación de tuberías de desagüe”

Concluye que existe una diferencia de S/.47.21 soles. por cada metro lineal de tubería renovada, utilizando el método cracking, respecto al el método tradicional, lo cual es una reducción del 65% al costo de inversión.

El resultado obtenido, en este análisis comparativo para la ciudad de Abancay, nos dio un porcentaje de reducción en el costo de inversión de un 23.09% con la aplicación del método cracking, respecto a la utilización del método tradicional. Este porcentaje es menor al obtenido en la tesis del (2015), por motivos del incremento de gastos operativos en la actualidad y un punto fundamental que es el tipo de terreno que existe en Abancay, que involucra mayores tiempos de intervención y disminuye el rendimiento específico de la maquinaria a utilizar, en menor escala también está el tipo de tubería existente en la red a renovar, que es un concreto pretensado con alambre N°08 de acero, el cual dificulto la fragmentación e incremento el volumen de eliminación al ser retirada completa con la metodología tradicional.

4.2.2 Evaluado los procesos constructivos, los tiempos de aplicación y todos los componentes de cada una de las metodologías, podemos identificar sus ventajas y desventajas.

a. Ventajas del método sin zanja (Método cracking).

Referente a la renovación de la red secundaria de alcantarillado principal sin conexiones, es significativamente menor respecto al método tradicional de rehabilitación. Esto sumado a la durabilidad que tendrá la red secundaria de alcantarillado al contar con tuberías de mayor densidad y con menor cantidad de accesorios, que puede generar fallas posteriormente.

La reducción del tiempo conlleva una disminución en la utilización de personal y maquinaria en los trabajos de renovación se prescinde de las partidas de movimiento de tierras, y en las reposiciones que ameritan la aplicación del método tradicional, todos estos factores dan como resultado la disminución en el costo con la utilización de la metodología sin zanja o método cracking para la renovación de tuberías, siendo este el menos invasivo y costoso.

Incrementa las características hidráulicas de la red de alcantarillado con la utilización de los mismos recursos, puesto que en el análisis de partidas realizado esta metodología sin zanja es idónea para la conservación de las características geométricas de la red, en relación al diámetro existente de la red a renovar o incrementarla dicho diámetro a un inmediato superior si así se requiere, esto aplicable en las condiciones de tipo de terreno analizados y a las profundidades referidas en el estudio realizado, para la ciudad de Abancay.

b. Desventajas del método sin zanja (método Cracking).

Esta metodología sin zanja, no realiza por si misma cambios significativos en el perfil longitudinal ni en el eje de la tubería a renovar, por tanto, no es aplicable para

tramos donde es requerido un incremento de la pendiente hidráulica o una nueva alineación del eje del tramo a renovar.

En aquellas profundidades no mayores a 1.2 metros de altura que tenga la tubería desde la clave hasta la rasante o pavimento terminado de la vía, no se podrán hacer incremento de diámetros de la tubería a renovar, puesto que: El incremento de espesor o diámetro a uno superior es de mínimo 50mm, sumado a ello la cabeza de corte también presenta un diámetro mayor al de la tubería adosada nueva, que refiere una diferencia de 10mm mínimamente, todo esto sumado al espesor de la tubería a fragmentar que hacen un total de 70mm a 80mm de diferencia de diámetro que requerirá la nueva tubería para su instalación. Por ende, la altura mínima de cobertura desde la clave de la tubería hasta la superficie de la vía se vería vulnerada, así también la aplicación de la metodología, produciría un empuje a la superficie de la vía, siempre que el espacio entre la tubería y el pavimento se vea reducida a menos de 1m. En profundidades mínimas a la que estén situadas las tuberías para ser renovadas y requieran un incremento de diámetro deberán ser realizadas a zanja abierta.

Esta metodología destruye parcialmente los buzones que no estén contruidos de concreto armado o estén cumpliendo su tiempo de servicio, dentro de los tramos por donde se aplica, por tanto, estos deberán ser reemplazados en su totalidad por unos buzones nuevos, esto genera un incremento en el presupuesto de renovación de redes de alcantarillado.

c. Ventajas del método tradicional

Esta metodología permite cambios geométricos de la red secundaria de alcantarillado, así como interconexión de otras en tramos inexistentes de redes de alcantarillado.

Esta metodología es idónea para lugares con redes proyectadas de alcantarillado, donde antes no se encontraban redes existentes.

A la fecha, esta metodología es la más viable para el reemplazo de conexiones domiciliarias y sirve de complemento para el método sin zanja.

d. Desventajas del método tradicional

El mayor movimiento de tierras de esta metodología genera mayor contaminación ambiental, específicamente la contaminación de suelo con materiales procedentes de aguas negras, contaminación auditiva por la alta demanda de maquinaria pesada en el frente, contaminación del viento por mayor porcentaje de partículas de polvo en suspensión, mayor mitigación que genera utilización de agua en grandes cantidades y por último, el mayor tiempo de intervención genera mayor perjuicio al tránsito peatonal y vehicular, disminución de la productividad en zonas comerciales.

El personal de obra está expuesto a los mayores riesgos de atrapamiento por deslizamiento de tierras, afectación por inundaciones producto de las excavaciones, exposición al sol, trabajos de altura y trabajos confinados. Por tanto, requiere mayor cobertura de seguridad lo cual incrementa el costo de su aplicación.

El método tradicional requiere mayor reposición de componentes de cobertura de zanja, tales como: material de cama de apoyo para tubería, materiales de préstamo, material de afirmado y en caso de vías pavimentadas asfalto y concreto.

Con la utilización de esta metodología, las vías permanecen más tiempo restringidas al tránsito peatonal y vehicular, por tanto, generan déficit en la producción de los locales comerciales y en el transporte.

Tabla 12*Variaciones geométricas de los tramos ejecutados MSZ.*

COTAS ANTES DE LA INTERVENCIÓN				COTAS DESPUES DE LA INTERVENCIÓN					
BUZONES	TAPA	SALIDA	ALT.	TAPA REPL.	SALIDA REPL.	ALT. REPL.	PEND. S(o/oo)	LONG.	TUB.
B111	2413.831	2412.631	1.20	2413.831	2412.631	1.20	115.06	60.00	HDPE
B112	2406.031	2404.741	1.29	2406.031	2404.741	1.29			

Fuente: Elaboración propia.**Tabla 13***Variaciones geométricas de los tramos ejecutados MCZ.*

COTA DE BUZONES AGUAS ANTES DE LA INTERVENCIÓN				COTA DE BUZONES AGUAS DESPUÉS DE LA INTERVENCIÓN				
BUZONES	TAPA	SALIDA	ALT.	TAPA REPL.	SALIDA REPL.	ALT. REPL.	PEND. S(o/oo)	BUZONES
B306A	2377.60	2375.849	1.75	2377.601	2375.849	1.752	7.73	60.7
B306B	2377.855	2375.529	2.33	2377.855	2375.38	2.475		

Fuente: Elaboración propia.

4.2.3 Constatación de hipótesis

1. Hipótesis general

La tecnología sin zanja “método cracking”, es la opción más eficaz y menos invasiva para la renovación del sistema de alcantarillado de la ciudad de Abancay.

El planteamiento de la hipótesis general llega a ser comprobado ya que al comparar en la presente tesis el métodos cracking y el método tradicional se determinó que el método cracking es el que conlleva un menor presupuesto y tiempo de ejecución al planteado con la metodología tradicional, esto se determina al describir sus procesos constructivos analizando las características cualitativas y cuantitativas de cada uno de los métodos constructivos, y verificar como afecta en los aspectos económicos, sociales y ambientales.

2. Hipótesis específicas:

a. La aplicación del “método cracking” ocasiono mejoras en los tiempos y puesta en servicio de los sistemas, en comparación al método tradicional de renovación de tuberías de alcantarillado.

Esta hipótesis llegó a cumplirse ya que como gran indicador se tiene que los movimientos de tierras fueron reducidos significativamente, así como la reposición de pavimentos, lo cual redujo el tiempo de apertura de las calles al tránsito, especificando que al ejecutarse el método sin zanja no se interrumpieron los servicios de alcantarillado en los tramos renovados por un periodo superior a 3 horas.

b. La aplicación del “método cracking” genera menos daños medio ambientales frente al método tradicional de renovación de tuberías de alcantarillado en la ciudad de Abancay.

Considerando que minimizo la excavación de zanjas para la renovación de tuberías y que la utilización de maquinaria pesada se redujo drásticamente, los índices de contaminación de suelo, aire, agua y ruido fueron menores. Esto nos da como resultado que se cumple la hipótesis planteada referente a la utilización del método cracking.

c. La aplicación del “método cracking” refiere variación de costes frente al método tradicional.

Al contemplar que la metodología sin zanja prescinde de partidas presupuestales que comprenden movimiento de tierras, reposiciones de pavimento y tienen una disminución significativa en las partidas de seguridad, mitigación ambiental, alquiler de maquinaria pesada y pago a personal. Se concluye que el método cracking

refiere un menor costo de inversión para la renovación de tuberías de alcantarillado en la ciudad de Abancay.

d. Los parámetros necesarios para la aplicación del “método cracking” en la renovación de tuberías de alcantarillado, fueron acordes en las redes de la ciudad de Abancay.

Considerando que las redes secundarias de la ciudad de Abancay contemplan pendientes de trabajo adecuadas, a razón de la topografía de la zona, así como la predominancia de terreno semirrocoso, y que se tenía plenamente identificadas las conexiones domiciliarias en los diversos tramos intervenidos, se concluye que las circunstancias fueron adecuadas para la utilización de la metodología sin zanja.

CONCLUSIONES

Conclusión al objetivo general

1. Al realizar el análisis comparativo de las metodologías, específicamente, el método cracking y el método tradicional se determina que la metodología sin zanja (método Cracking), es la más eficiente y recomendado para zonas de tipos de terreno semi rocoso y de profundidades superiores a 1.5m de profundidad, en comparación con la utilización de la metodología tradicional. (**Tabla 4**, pág.59- **Tabla 6**, pág.61- **Tabla 9**, pág.65- **Tabla 10**, pág.66).

Conclusión al objetivo específico (a)

2. El proceso constructivo del método cracking tiene una mayor ventaja social que el proceso constructivo del método tradicional, principalmente porque el método cracking reduce la utilización de maquinaria pesada para el movimiento de tierras y reduce el tiempo de intervención. (**Tabla 3**, pag.57. *Equipos utilizados en con las dos metodologías en la renovación de la red secundaria de alcantarillado*).

Siendo más amigable y menos invasivo, considerando la reducción de vías cerradas al tránsito peatonal y vehicular, aminorar el impacto social, así como el riesgo de accidentes producto de las excavaciones.

Conclusión al objetivo específico (b)

3. El método cracking, reduce drásticamente la contaminación de suelo, al no requerir excavaciones de zanjas para la renovación de tuberías (**Tabla 5** pág. 59. *Volumen de movimiento de tierras de ambos métodos*). El presidir de esta partida para la renovación de tuberías, genera menor utilización de equipos pesados, disminución en la producción de CO2 y niveles de ruido. Como se detalla en la (**Tabla 4** pág.59. *Evaluación de la cantidad de decibeles (dB) de ruido en las*

actividades de reemplazo de tuberías de ambos métodos). Todos estos indicativos son determinantes para demostrar que la metodología sin zanja genera menor impacto ambiental.

Conclusión al objetivo específico (c)

4. Las características cualitativas y cuantitativas desarrolladas en la presente tesis nos dan como resultado, que la utilización del método cracking al ser más económica y con menor tiempo de aplicación genera menor costo. Y que este ahorro es directamente proporcional a la longitud de renovación de tuberías de alcantarillado, (**Tabla 8** pág.65. *Ahorro de presupuesto con el método cracking en relación a la longitud de redes a renovar*).

Conclusión al objetivo específico (d)

5. La pendiente propia de la localidad, que tiene como cota de altitud en su punto más bajo **cota 01** (2019.01msnm). correspondiente a la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Y en su punto más alto el Distrito de Tamburco con la cota de **BZ05** (2519.69 msnm).

Que en esencia refieren un desnivel de 500.68 metros de altura. Conlleva que la red de alcantarillado este diseñada y construida con diferentes diámetros de tubería, los cuales serán superiores a los 200mm de diámetro interior. El reemplazo de tuberías de alcantarillado a un diámetro superior es requerido, por lo cual, al realizar la aplicación del método cracking, es posible incrementar el diámetro de la tubería existente a un diámetro inmediato superior, con las mismas actividades descritas en esta investigación, lo cual presenta una ventaja inmejorable frente al

método tradicional, siendo el método cracking el más idóneo para el reemplazo de redes en la ciudad de Abancay.

RECOMENDACIONES:

1. Se recomienda realizar el cambio de metodología en los proyectos de renovación de redes de alcantarillado, del método tradicional al método cracking, para profundidades de renovación mayores a 1.5m, diámetros de tuberías iguales o superiores a 200mm y para tipos de terreno semirocoso, por su comprobada eficiencia.
2. Se recomienda utilizar el método cracking para la renovación de tuberías de alcantarillado, en zonas urbanas por su bajo impacto ambiental, bajo índice de movimiento de tierras y menor cantidad de utilización de maquinarias pesadas.
3. Se recomienda considerar la utilización del método cracking, para la renovación de redes de alcantarillado en una longitud superior a 2000ml de renovación de redes, por su reducción de tiempo en la intervención, que es directamente proporcional a la reducción del presupuesto, en comparación con la renovación de redes de alcantarillado con la metodología tradicional.
4. Se recomienda la utilización de método cracking en la renovación de redes de alcantarillado, considerando sus pocas limitantes de aplicación en redes a renovar con profundidades de excavación superiores a 2m de profundidad, puesto que esta metodología prescinde de los resguardos de seguridad para cobertura de zanjas, exposición de personal a peligros propios de las excavaciones, y puede incrementar el diámetro de la tubería a reemplazar sin mayores otras actividades complementarias.

5. Se recomienda una mayor fomentación por parte de las entidades públicas o privadas (Universidades, Estado, Empresas) de las metodologías sin zanja para la investigación o aplicación de estas, debido a que a partir de estos conocimientos de las metodologías se investigaría o aplicaría una que nos dé más resultados a nuestra realidad y mejorar la calidad de vida.

6. Se recomienda seguir con grandes proyectos donde haya participación de tecnologías sin zanja como el proyecto “Optimización de sistemas de agua potable y alcantarillado, Sectorización, Rehabilitación de redes y actualización de catastro de Lima Norte (Etapa I, II, III)” donde se aplica el Método cracking el cual refleja sus ventajas y mitigaciones en los impactos económicos y socioambientales en comparación con el método tradicional. La implementación de esta tecnología en este proyecto ha demostrado que debemos tener más alternativas para poder minimizar todo impacto en las zonas donde se ejecuta.

7. Se recomienda la implementación de las tecnologías sin zanja para su aplicación en todo el ámbito de la región, puesto que de esta manera los equipos y suministros necesarios serán más accesibles y de mayor habitualidad a los que ya se conoce con el método tradicional.

8. Se recomienda que la ampliación del método cracking se realice siempre y cuando las redes presentes especificaciones superiores o iguales a las estipuladas en la norma OS. 070 puesto que el cambio de dichas especificaciones en la aplicación del método sin zanja será meramente significativo.

9. Se recomienda una recapitulación a nivel nacional de los sistemas de la red de alcantarillado respecto a su tiempo de vida útil y características de servicio, identificado plenamente la situación actual se deberán considerar los proyectos de renovación de la red de alcantarillado con las metodologías sin zanja, tales como el método Cracking, que como ya se ha determinado en la presente tesis son menos invasivos, efectivos y con menor impacto al medio ambiental y social.

10. En el aspecto científico e internacional, deberíamos de buscar la manera de asociarnos a la Asociación Internacional de Tecnologías Sin Zanja (ISTT), esto debido a que estaríamos a la vanguardia de las metodologías e investigaciones a nivel mundial, también se crearía una asociación a nivel nacional que debería ser la representante de la ISTT en el país y las empresas que quieran realizar o aplicar alguna metodología deberán estar certificadas y tendrían mayor conocimiento de las metodologías sin zanja. Esto ocurre en todos los países asociados al ISTT.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gnauck/ Fründt. Iniciación a la química de los plásticos. Ed. Hanser. 1991.
- Raimond B. Seymour. Introducción a la química de los polímeros. Ed. Reverté.1995.
- Hellerich, Harsh, Haenle. Guía de materiales plásticos: propiedades, ensayos y parámetros. Ed. Hanser. 1992.
- Ramos Carpio M.A., De María Ruiz M.R. Ingeniería de los materiales plásticos. Ed. Días de Santos S.A. 1988.
- C.E.P. El sector de los plásticos. Estadísticas, situación y perspectivas. 1999.
- Avendaño, Luis. Iniciación a los plásticos. Centro español de plásticos (C.E.P.). Barcelona 1992.
- Economía Circular. Desarrollo Sostenible y Gestión Eficiente de recursos. El futuro de la Tecnología SIN zanja en el mundo.
- Ángel Cajigas, subdirector Adjunto Infraestructuras y Tecnología D.G.
- LAMSTT - Latin American Society for Trenchless Technology - Asociación Latinoamericana de Tecnologías Sin Zanja. [ASOCIACIÓN IBÉRICA DE TECNOLOGÍA SIN ZANJA IBSTT]
- Agency), E. (. (enero de 2012). Una evaluación retrospectiva de tubería curada in situ (CIPP) utilizada en alcantarillas municipales por gravedad.
- ANDECE. (s.f.). Cálculo hidráulico en sistemas de saneamiento - Coeficiente de Rugosidad. Madrid.
- Arce Obregón, J. (2017). Aplicación de la tecnología sin zanja para mejorar la productividad en la rehabilitación de redes de alcantarillado, Comas 2016. Universidad César Vallejo, Lima.

Asensio Avellanas, A. (2016). Localización y reparación de escapes de agua en tuberías sin obra. Barcelona, España.

Avellanas, A. A. (s.f.). Localización y reparación de escapes de agua en tuberías sin obras. Barcelona, España.

Ayala Ávila, G. (septiembre de 2019). Análisis de las normativas para diagnósticos de redes de alcantarillado sanitario aplicando el equipo CCTV. Samborondón.

Barbosa Hortua, G. (2013). Estudio de la aplicación en tecnologías trenchless en Bogotá. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia.

CARE Internacional-Avina. Programa Unificado de Fortalecimiento de Capacidades. (2012). Sistemas de Saneamiento Ambiental. Cuenca, Ecuador.

Chávez Pullas, N. V. (2014). Plan de rehabilitación de las tuberías matrices y pozos de inspección de alcantarillado de la Subcuenca Alta del Colector Sucre - Sector Centro Histórico de Quito. Quito, Ecuador.

Dolores Frías, N. (2020). Apuntes de consistencia interna de las puntuaciones de un instrumento de medida. Valencia.

Erez Allouche, P. S. (2011). Una evaluación retrospectiva de tubería curada in situ (CIPP) utilizada en alcantarillas municipales por gravedad.

Esplana Matamoros, A. (2018). Deficiencias del sistema de alcantarillado del Proyecto Lima Norte II y ventajas del sistema "Pipe Bursting". Universidad Peruana Los Andes, Lima, Perú.

Forno Martinic, J. P. (2010). Impacto de la utilización de nuevas tecnologías y materiales en los plazos y costos de construcción. Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Huaytalla Ramos, E. J. (1998). Programación en obras de rehabilitación y mejoramiento de redes de distribución y recolección. Lima.

Informática, I. N. (2018). Perú: Crecimiento y Distribución de la Población, 2017. Lima: INEI.

ISTT. (2020). The International Society for Trenchless Technology. Obtenido de <https://www.istt.com/>

Jiménez Terán, J. M. (s.f.). Manual para el Diseño de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. México: Universidad Veracruzana.

Luna Escalante, J. G., & Gonzales Mendoza, C. E. (2018). Descripción, Análisis comparativo y evaluación de las tecnologías: sin zanjas y convencional para la renovación del sistema de alcantarillado en el sector bajo de Miraflores - distrito de Miraflores. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

Mínguez Santiago, F. (2015). Métodos de excavación sin zanjas. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

Ministerio de Vivienda, C. y. (17 de febrero de 2014). Guía de métodos para rehabilitar o renovar redes de distribución de agua potable. Lima, Perú.

Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento. (2019). Norma OS. 070 Redes de aguas residuales (RNE). Lima, Perú: Macro.

Ministerio del Agua. (2007). Reglamentos técnicos de diseño de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial. Bolivia: Reglamento Nacional.

Organización Panamericana de la Salud, et al. (2005). Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado. UNATSABAR.

Pérez Fernández, J. C., & Ramos Chumbes, M. (2017). Métodos constructivos tradicional vs. Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado en zonas

urbanas del distrito de Moquegua, 2015. Universidad Peruana Los Andes, Huancayo - Perú.

Pinzón Abaunza, J. (2011). Evaluación y Perspectivas de la Utilización de Tecnologías sin Zanja en Redes de Alcantarillado de Bogotá. Bogotá.

Rocha Felices, A. (2007). Hidráulica de Canales. Lima.

Sánchez Valencia, L. (2011). Tecnologías promisorias para renovación y rehabilitación de tuberías en sistemas de alcantarillado. Universidad de los Andes, Bogotá. Colombia.

TIGRE. (2016). Línea Polietileno Alta Densidad Para Conducción Agua Potable y Riego.

Viana Vidal, F. (2004). Técnicas de construcción fundamentadas en la tecnología sin zanja. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

ANEXOS

Tabla 14
Matriz de consistencia.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	ALCANCE DE LA INVESTIGACION	UNIVERSO DE LA INVESTIGACIÓN	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	TAMAÑO DE MUESTRA
GENERAL	GENERAL	GENERAL				
¿Cuál de los métodos es más eficiente en la renovación de tuberías de alcantarillado, el método Cracking o la metodología tradicional?	Analizar la eficiencia en la renovación de redes de alcantarillado con el método cracking respecto a la metodología convencional para la ciudad de Abancay.	La tecnología sin zanja "método cracking", es la opción más eficaz y menos invasiva respecto al método tradicional, para la renovación de las redes de alcantarillado en la ciudad de Abancay.				
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS				
¿Cuál de las metodologías de renovación de tuberías genera menos perjuicios sociales?	Analizar los perjuicios sociales generados por la aplicación de cada una de las metodologías de renovación de tuberías de alcantarillado en la ciudad de Abancay.	La aplicación del "método cracking" ocasiona mejoras en los tiempos y puesta en servicio de los sistemas, en comparación al método tradicional de renovación de tuberías de alcantarillado.			Valorización de suministros utilizados.	
¿Cuál de las metodologías de renovación de tuberías genera menos contaminación ambiental?	Evaluar cuál de las dos metodologías de renovación de tuberías de alcantarillado en la ciudad de Abancay, genera menos impacto ambiental.	La aplicación del "método cracking" genera menos daños medio ambientales frente al método tradicional de renovación de tuberías de alcantarillado en la ciudad de Abancay.	Descriptivo comparativo (básico)	Redes secundarias de alcantarillado de la ciudad de Abancay	Propiedades hidráulicas de las redes de alcantarillado.	Redes secundarias de alcantarillado clasificadas deterioradas
¿Cuál de las metodologías de renovación de tuberías es más costosa?	Analizar cuál de las dos metodologías de renovación de tuberías de alcantarillado en la ciudad de Abancay, requiere mayor presupuesto de ejecución.	Los parámetros necesarios para la aplicación del "método cracking" en la renovación de tuberías de alcantarillado, fueron acordados en las redes de la ciudad de Abancay.			Norma OS.070.	
¿Cuáles son las limitantes de cada una de las metodologías de renovación de tuberías?	Analizar las condiciones y circunstancias en las cuales se pueden aplicar cada una de las dos metodologías de renovación de tuberías de alcantarillado en la ciudad de Abancay.				Especificaciones técnicas de los suministros	

