



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

“Método cracking como propuesta para la renovación de tuberías de agua potable y alcantarillado, Grocio Prado, Chincha – 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Yataco Torres, Jair Orlando

<https://orcid.org/0000-0003-4971-412X>

ASESOR:

Mg. Pinto Barrantes, Raúl Antonio

<https://orcid.org/0000-0002-9573-0182>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de obras hidráulicas y saneamiento

Lima - Perú

2021

## Dedicatoria

Este trabajo de investigación lo dedico en primer lugar a Dios, por haberme dado la vida y permitirme llegar a este momento tan anhelado de mi formación profesional.

A mis padres, por apoyo, amor, trabajo, y sacrificio en todos estos años, siendo mi principal soporte para poder lograr mi sueño.

## Agradecimiento

Quiero expresar mi gratitud a Dios, por guiarme a lo largo de mi existencia y ser mi soporte en los momentos más difíciles.

Agradecer a mis padres, Orlando y Ana, que con esfuerzo, dedicación y apoyo me brindaron lo que necesitaba para poder sobresalir en mis estudios y así poder obtener el grado de bachiller.

Así mismo, a mis tíos, hermanos y abuelos que de una y otra forma me ayudaron para poder culminar mis estudios universitarios.

## Índice de Contenidos

Carátula	
Dedicatoria	
Agradecimiento	
Índice de Contenidos .....	ii
Índice de tablas.....	iii
Índice de figuras.....	iv
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	5
II. MARCO TEÓRICO .....	7
III. METODOLOGÍA .....	29
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	29
3.2. Variables y operacionalización.....	30
3.3. Población, muestra y muestreo .....	31
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	32
3.5. Procedimientos.....	32
3.6. Método de análisis de datos .....	33
3.7. Aspectos éticos.....	33
IV. RESULTADOS .....	34
V. DISCUSIÓN.....	87
VI. CONCLUSIONES.....	90
VII. RECOMENDACIONES.....	92
REFERENCIAS	
ANEXOS	

## Índice de Tablas

Tabla 01. Datos técnicos del GrundoCrack.....	19
Tabla 02. Clasificaciones de dificultades y aumento de diámetro de Tuberías.....	21
Tabla 03. Tubería lida HDPE norma ISO 4427:2008 PE-80 y PE-100.....	27
Tabla 04. Tubería lisa HDPE norma ASTM F-714:2012.....	28
Tabla 05. Metrado de buzones Red de Alcantarillado Av. 28 de Julio .....	45
Tabla 06. Metrados de Movimiento de tierra Red de Alcantarillado .....	49
Tabla 07. Metrados de Movimiento de tierra en ventanas de ingreso y salida .....	52
Tabla 08. Comparativo del método cracking vs el método tradicional para Alcantarillado.....	53
Tabla 09. Metrados de Movimiento de tierra Red de Agua Potable .....	58
Tabla 10. Metrados de Movimiento de tierra en ventanas de ingreso y salida .....	60
Tabla 11. Comparativo del método cracking vs el método tradicional para Agua.....	61
Tabla 12. Metrado de Tuberías de Desague Av. 28 de Julio .....	63
Tabla 13 Metrado de Tuberías de Agua Potable Av. 28 de Julio.....	64

## Índice de Figuras

Figura 01. Método Pipe bursting o Cracking.....	13
Figura 02. Operación del Cracking Estático.....	16
Figura 03. Grundoburst 800G y caja de barras 800G Ø75mm.....	17
Figura 04. Operación del Cracking Dinámico.....	18
Figura 05. Tipos de cabezales usados en el GrundoCrack/Cracking dinámico.....	18
Figura 06. Termofusión de Tuberías de HDPE para método Cracking....	20
Figura 07. Suelo favorable para la instalación de tuberías mediante Cracking.....	23
Figura 08. Retroexcavadora marca Cat 416F2 – 86HP.....	24
Figura 09. Cortadora de concreto/pavimento Dynamic CC1218.....	24
Figura 10. Compactadora vibratoria 5.5HP.....	25
Figura 11. Plano de Ubicación del Área de influencia de la investigación (Desagüe).....	34
Figura 12 Plano de Ubicación del Área de influencia de la investigación (Agua).....	35
Figura 13. Señalización en Zona de Trabajo .....	36
Figura 14. Trazo y replanteo durante Obra.....	37
Figura 15. Apertura de Ventanas Método Cracking .....	39
Figura 16. Proceso de Termofusión de Tuberías .....	40
Figura 17. Colocación del Cabezal.....	41
Figura 18. Proceso de Ejecución Grundo Crack.....	41

Figura 19. GrundoBurst G400.....	42
Figura 20. Partes de GrundoBurst G400.....	42
Figura 21. Relleno y Compactado Método Tradicional.....	43
Figura 22. Anchos de zanja según diámetro de tubería.....	44
Figura 23. Perfil Longitudinal Red de Desagüe Av. 28 de Julio (Desde progresiva 0 + 0.00 hasta 0+500).....	46
Figura 24. Perfil Longitudinal Red de Desagüe Av. 28 de Julio (Desde progresiva 0+501 hasta 1+000).....	47
Figura 25. . Perfil Longitudinal Red de Desagüe Av. 28 de Julio (Desde progresiva 1+001 hasta 1+420).....	48
Figura 26. Movimiento de tierra (Método Tradicional).....	49
Figura 27. Comparativo del Método Cracking vs Método Tradicional (red de desagüe).....	53
Figura 28. Ubicación de las ventanas de ingreso del cabezal .....	54
Figura 29. Perfil Longitudinal Red de Agua Potable Av. 28 de Julio (Desde progresiva 0 + 0.00 hasta 0+500).....	55
Figura 30. Perfil Longitudinal Red de Agua Potable Av. 28 de Julio (Desde progresiva 0 + 501 hasta 1+000).....	56
Figura 31. Perfil Longitudinal Red de Agua Potable Av. 28 de Julio (Desde progresiva 1+001 hasta 1+417).....	57
Figura 32. Comparativo del Método Cracking vs Método Tradicional (red de Agua potable).....	62
Figura 33. Análisis de Costos unitarios previsto (Método Tradicional - Desagüe).....	65
Figura 34. Análisis de Costos unitarios previsto (Método Tradicional – Desagüe).....	66
Figura 35. Presupuesto Método Tradicional-Red de Desagüe.....	67

Figura 36. Costo de Mano de Obra Renovación de Desagüe (Método Tradicional) .....	68
Figura 37. Costo de maquinaria Renovación de Desagüe (Método Tradicional).....	68
Figura 38. Análisis de Costos unitarios previsto (Método Tradicional – Agua Potable).....	69
Figura 39. Análisis de Costos unitarios previsto (Método Tradicional – Agua Potable).....	70
Figura 40. Presupuesto Método Tradicional-Red de Agua Potable.....	71
Figura 41. Costo de Mano de Obra Renovación Agua Potable- Método Tradicional).....	72
Figura 42. . Costo de maquinaria Renovación Agua Potable- Método Tradicional).....	72
Figura 43. Análisis de Costos unitarios previsto (Método Cracking - Desagüe).....	73
Figura 44. Análisis de Costos unitarios previsto (Método Cracking-Desagüe).....	74
Figura 45. Presupuesto Método Cracking-Red de Desagüe.....	75
Figura 46. Costo de Mano de Obra Renovación de Desagüe (Método Cracking).....	76
Figura 47. Costo de maquinaria Renovación de Desagüe (Método Cracking).....	76
Figura 48. Comparativo costos Método tradicional vs método Cracking.	77
Figura 49. Análisis de Costos unitarios previsto (Método Cracking – Agua Potable).....	78
Figura 50. Análisis de Costos unitarios previsto (Método Cracking– Agua Potable).....	79
Figura 51. Presupuesto Método Cracking-Red de Agua Potable .....	80



Figura 52. Costo de Mano de Obra Renovación Agua Potable- Método Cracking).....	81
Figura 53. Costo de maquinaria Renovación Agua Potable- Método Cracking).....	81
Figura 54. Comparativo costos Método tradicional vs método Cracking.	82
Figura 55. Diagrama Gantt – Renovación de Redes de Alcantarillado Método Tradicional).....	83
Figura 56. Diagrama Gantt – Renovación de Redes de Agua Potable Método Tradicional).....	84
Figura 57. Diagrama Gantt – Renovación de Redes de Alcantarillado Método Cracking).....	85
Figura 58. Diagrama Gantt – Renovación de Redes de Agua Potable Método Cracking)..	86

## Resumen

La presente investigación propone al Método Cracking como propuesta para renovar tuberías de agua potable y alcantarillado y a la vez hacer los comparativos con el método tradicional o zanja abierta y con ello mostrar los beneficios que presenta el método a estudiar, no solamente económicos sino también ambientales y sociales. Se realizó los estudios de los procesos constructivos de ambos métodos, los comparativos de los tipos de tuberías que se pueden emplear, realizando metrados, análisis de costos unitario y los presupuestos. Luego se procedió a realizar las programaciones de cada proyecto para determinar las diferencias en los tiempos de ejecución. Los rendimientos son un promedio de proyectos ya ejecutados, se tomó en consideración y se evaluó los costos a la fecha de desarrollo de la investigación para brindar resultados lo más preciso posible.

Se terminó concluyendo que efectivamente según como se afirmó en las hipótesis el método cracking es beneficioso y posee grandes ventajas en comparación con el método tradicional.

Se presentan recomendaciones para poder aplicar con efectividad el método propuesto y se pueda obtener el mayor beneficio posible.

Palabras claves. Método Cracking, Costos y Rendimientos, Método Tradicional, Tiempos de Ejecución

## Abstract

The present research proposes the Cracking Method as a proposal to renew drinking water and sewerage pipes and at the same time make comparisons with the traditional method or open ditch and thus show the benefits that the method to the study presents, not only economic but also environmental and social. Studies of the construction processes of the methods were carried out, comparing the types of pipes that can be used, carrying out measurements, unit cost analysis and budgets. Then, the schedules of each project were carried out to determine the differences in the execution times. The yields are an average of projects already executed, the costs were taken into consideration and evaluated at the date of development of the research to provide the most accurate results possible.

It was concluded that indeed, as in the hypotheses, the cracking method is beneficial and has great advantages compared to the traditional method.

Recommendations are presented in order to effectively the proposed method and obtain the greatest possible benefit.

Keywords. Cracking Method, Cost and Returns, Traditional Method, Execution Times.

## I. INTRODUCCION

En la actualidad, las obras de saneamiento son muy importantes ya que con éstas se realizan ampliaciones o mantenimiento a las redes de agua potable y alcantarillado, logrando así un mejor desarrollo del país.

MOENI, ZARE y KARIMAN (2020), nos dicen “las áreas urbanas emergentes y las redes de agua en desarrollo conducen a la construcción de redes de agua residuales para extraer las aguas residuales de las áreas urbanas” (p. 1)

Asu vez, ANDÍA, VELÁSQUEZ y VILLENA afirman: “El sector saneamiento es uno de los estratégicos en el desarrollo social de un país porque permite dotar de agua potable y alcantarillado a su población, cuyos efectos indirectos se muestran en la salud (p.226).”

A nivel internacional, se observa que el problema del abastecimiento de agua y las deficiencias en los sistemas de alcantarillado se deben a la sobrepoblación de las ciudades y a los periodos amplios de renovación de tuberías respectivamente, con ello la aplicación de nuevos métodos para poder realizar dichos trabajos sin la necesidad de paralizar las actividades cotidianas de la población se ha vuelto de vital importancia, uno de los nuevos métodos que se viene utilizando con mayor frecuencia es el conocido como sin zanja o cracking, logrando así realizar los trabajos de mantenimiento o renovación de las tuberías en tiempo y costo considerablemente menores.

En el Perú, la situación no es distinta, la sobrepoblación y la informalidad con las que se establecen nuevos pueblos son las principales causas por las cuales se tiene que realizar mantenimientos o renovaciones de tuberías en periodos más cortos debido a la acumulación de partículas dentro de éstas. En lima se vienen realizando estos trabajos utilizando el método antes mencionado, ya que por el mismo ritmo que lleva la población se hace muy complicado poder ejecutar proyectos con el método tradicional.

En el distrito de Grocio Prado, tradicionalmente se realizan los trabajos con el método a zanja abierta ocasionando malestar en la población y dañando las

carpetas asfálticas, y que en muchos casos las obras quedan inconclusas ya que no realizan las reparaciones a las pistas y veredas, la entidad encargada de administrar las redes de agua potable y alcantarillado en el distrito de Grocio Prado y toda la ciudad de Chíncha es Semapach (Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Chíncha S.A). Por ello la propuesta para realizar futuros proyectos utilizando el método cracking resulta muy atractivo, ya que por los beneficios que ofrece es una gran opción.

De este modo el planteamiento y desarrollo de la presente investigación cuenta con una interrogante principal la cual es la siguiente: ¿De qué manera influye el Método Cracking como propuesta para la renovación de tuberías de Agua Potable y Alcantarillado, Grocio Prado, Chíncha – 2021?

**Justificación Social**, presenta una propuesta para brindar a la población un mejor servicio en la parte de ejecución de proyectos, reduciendo las incomodidades que se generan en la población al utilizar el método tradicional en las renovaciones de tuberías. Con ello también la reducción del tiempo de ejecución de los trabajos por parte de Semapach.

**Justificación Práctica**, beneficiará a que los proyectos se realicen en menor tiempo y para incrementar las renovaciones de tuberías ya que en la actualidad son pocos los proyectos que se realizan.

**Justificación Metodológica**, servirá como base para el desarrollo de futuros proyectos e investigaciones en la zona de Grocio Prado, ya que se propondrá un sistema innovador el cual es considerado beneficioso en muchos aspectos, superando por mucho al método tradicional.

La investigación cuenta con un objetivo principal, el cual es: Evaluar el efecto del uso del Método Cracking como propuesta para la renovación de tuberías de Agua Potable y Alcantarillado, Grocio Prado, Chíncha – 2021, asimismo cuenta con los siguientes objetivos específicos: Determinar el efecto de la aplicación del Método Cracking en los Movimientos de tierra en la renovación de tuberías en Grocio Prado, Chíncha – 2021; Determinar el efecto de la aplicación del Método Cracking en los Tipos de tuberías en la renovación de tuberías en Grocio Prado, Chíncha – 2021; Determinar el efecto de la aplicación del Método Cracking en

los Costos y rendimientos en la renovación de tuberías en Grocio Prado, Chíncha – 2021.

De la misma manera cuenta con una hipótesis principal, la cual es: La aplicación del Método Cracking influye favorablemente como propuesta para la renovación de tuberías de Agua Potable y Alcantarillado, Grocio Prado, Chíncha – 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

Toda investigación científica necesita bases o sustentos en los cuales que la puedan respaldar, del mismo modo el presente proyecto de investigación presenta antecedentes, que son investigaciones realizadas tanto a nivel nacional como internacional.

Ante lo mencionado se presentan los antecedentes de esta investigación:

Bajaña (2016), cuya investigación tuvo como **objetivo principal** evaluar las metodologías de rehabilitación de las redes de alcantarillado entre el método tradicional y el método sin zanja a fin de seleccionar el adecuado para la rehabilitación de la red de alcantarillado sanitario del sector comercial de Guayaquil. La **metodología** aplicada fue de tipo descriptivo correlacional no experimental, se realizó un análisis comparativo, tomando como población las redes de alcantarillado de la ciudad de Guayaquil y como muestra el sector comercial. Llegando a la **conclusión** que el método moderno es el llamado a ser utilizado en las rehabilitaciones en la ciudad de Guayaquil, quedando demostrado que la tecnología sin zanja es un método que tiene amplia ventaja sobre el método tradicional, tanto en costos, la parte ambiental, seguridad del personal y en reducción del tiempo de ejecución de proyecto, también un mínimo daño a la infraestructura vial.

Gonzales (2018) cuya investigación tuvo como **objetivo principal** determinar la influencia del método pipe bursting en la renovación de redes de agua potable en la urbanización San Diego, distrito de San Martín de Porres, Lima 2018. La **metodología** aplicada fue de tipo descriptiva no experimental – transeccional correlacional/causal. La población son todos los habitantes del Distrito de San Martín de Porres. Los instrumentos utilizados son la observación, fichas técnicas, encuestas, SPSS, Watercad y MS Project. La **conclusión** a la que se llegó fue

se determinó la influencia del método pipe bursting en la renovación de redes de agua potable en la urbanización San Diego, distrito de San Martín de Porres en un 68% donde indica que el trabajo es eficaz, eficiente y rápido mediante el análisis de su proceso constructivo, la clase utilizada fue de arrastre estático para tuberías de polietileno de alta resistencia.

Godoy (2018), cuya investigación tuvo como **objetivo principal** determinar el beneficio en la aplicación del sistema de fragmentación neumática de tuberías de alcantarillado o cracking en comparación al método tradicional; en el Perú 2018. La **metodología** utilizada es de tipo descriptivo correlacional, de nivel explicativo exploratorio y explicativo; y de diseño no experimental. La población es el lote 3: paquete B-4, redes secundarias de agua potable y alcantarillado. La muestra son 500m el sector 83B que se encuentra dentro del lote 3, en el distrito de los olivos. El instrumento utilizado fue la ficha de recolección de datos. Se **concluyó** afirmando que existen beneficios al aplicar las tecnologías sin zanja, específicamente el método cracking ya que los beneficios se ven reflejados en los indicadores de tiempo de ejecución, costo directo y el aspecto productivo.

Luna y Gonzales (2018), quienes en su investigación presentaron como **objetivo principal** describir, comparar y evaluar la tecnología sin zanja “Pipe bursting” y método convencional para la renovación de alcantarillado en el sector de bajo Miraflores – Distrito de Miraflores. La **metodología** utilizada es de tipo descriptivo y de nivel explicativo, de diseño no experimental. La población es el Distrito de Miraflores y la muestra el sector bajo de Miraflores. Se **concluyó** que las tecnologías sin zanja en general han demostrado en países alrededor del mundo llevar a cabo con menores costos económicos y en menor tiempo las actividades relacionadas a la renovación y rehabilitación de los servicios subterráneos.

Echeverría y Mantilla (2019), cuya investigación tuvo como **objetivo principal** conocer el proceso constructivo del sistema de agua potable utilizando el método cracking, para la sustitución de tuberías en el centro cívico de la ciudad de Trujillo. La **metodología** utilizada en la investigación fue no experimental – descriptiva. La población fueron los sistemas de agua potable del centro cívico de la ciudad de Trujillo. Los instrumentos utilizados estudios de suelos, estudio de tráfico, softwares tales como Watercad, Epanet 2.0, Ms Project, S10, SPSS. Se **concluyó** que con la utilización del método Cracking o Pipe Bursting

generamos un avance tecnológico con diversas alternativas de mejoría; tanto en la sostenibilidad ambiental, mejora constructiva y cuidado del espacio público.

Yepes (2016), cuyo artículo científico tuvo como **objetivo principal** describir los aspectos generales del procedimiento constructivo denominado Perforación Horizontal Dirigida PHD, o técnicas HDD en inglés (Horizontal Directional Drilling). La **metodología** utilizada es de tipo Descriptiva. Se llegó a la **conclusión** de que la Perforación Horizontal Dirigida PHD constituye una técnica que posee ventajas en la instalación de tuberías, conducciones o cables en medios urbanos o para superar barreras como carreteras, ríos, etc. Sus costos en la actualidad son muy competitivos si se tienen en cuenta los costos indirectos como las molestias e interrupciones que se generan en las excavaciones a zanja tradicional.

Martínez (2019), cuya investigación tuvo como **objetivo principal** identificar a través del sistema sin zanja Pipe Bursting, en comparación con el sistema tradicional de excavación a cielo abierto, el costo-beneficio y el análisis de factibilidad de proyecto. La **metodología** de la investigación es de tipo descriptiva correlacional y de nivel explicativo. De metodología no experimental, Se llegó a la **conclusión** el sistema a zanja abierta requiere aproximadamente el 45% del presupuesto a actividades preliminares, demolición y recuperación del espacio público mientras que el sistema Pipe Bursting solo aplica el 13% del presupuesto para las mismas actividades. El sistema Pipe Bursting presenta un ahorro del 30% en tiempo de ejecución constructiva en comparación al sistema tradicional.

Tomczak y Ziel (2017), cuya investigación tuvo como **objetivo principal** analizar y describir el estado de la red de alcantarillado de la Capital de Polonia. La investigación es de tipo descriptiva y de nivel explicativo la **metodología** utilizada fue no experimental. La población fue la capital del país y la muestra, las redes de alcantarillado. Se llegó a la **conclusión** de que hay muchas técnicas disponibles de tecnología sin zanja y que la técnica específica se selecciona según la ubicación del alcantarillado, la condición del suelo, la capacidad hidráulica afectada y el material del alcantarillado.



Gerasimova (2016), whose scientific article was aimed exploring the trenchless phenomenon in its totality to determine environmental economic and social impacts of trenchless practices in underground utility constructions. The main research concerns are why and How the No-Dig methods Benefit society. The research is of a qualitative systematic approach. Experts world-wide agree that Trenchless Technologies are the future of underground utilities installation, replacement and repair – trenchless constructions are made without expensive and large-scale excavations which is ideal for crowded urban centers: no disturbing constructions sites, no traffic jams, greatly minimized noise and air pollution. It also takes less time to clean up the site after the work has been completed.

Mohanraj (2015), whose scientific article was aimed to collect and extensively review the specifications, guidelines and other informations related to pipe bursting, which are available in the market place. The scientific article was non-experimental and descriptive; its population was the city's pipeline network and as a sample 16 specifications from various transportation departments, public sectors, and companies related to pipe breakage. Coming to the conclusion of from this study, it can be concluded based on the majority of agreements among the existing specifications. The disagreements among the specifications in appendix A was based on the above-mentioned comparisons and the current state of art.

A continuación, se presentarán teorías que sustentan el presente trabajo de investigación, definiendo y dando un enfoque conceptual a las variables y sus dimensiones respectivamente.

### **Tecnologías sin zanja**

Las tecnologías sin zanja son un grupo de métodos en los cuales no se requieren apertura de zanja y se puede habilitar, renovar y ampliar redes de agua potable, alcantarillado, gas, etc. Dentro de este gran grupo que a la actualidad se hace viene haciendo conocido a nivel mundial por ofrecer múltiples ventajas frente al método tradicional o zanja abierta.

Por ello, García (2020) menciona:

[...] lo verdaderamente importante de las tecnologías sin zanja es la contribución que viene realizando al desarrollo de la economía verde y desarrollo sostenible al estar aprobadas por la ONU (Programa 21, capítulo 34) como tecnología ecológicamente racionales y ambientalmente sostenibles que ofrecen un rendimiento medioambientalmente mejorado en comparación con las tecnologías tradicionales que implican la molesta apertura de zanjas en ciudades (p.60).

También ofrece ventajas significativas que son variables de acuerdo al tipo de trabajo que se está realizando, pero en resumen hay un margen que se puede tomar como referencia para analizar y posteriormente aplicar la tecnología sin zanja.

Asu vez, García (2020) afirma:

Su empleo reduce hasta el 25% de los costes económicos de la obra frente al empleo de las tecnologías tradicionales, disminuyen un 30% la duración de la obra y facilitan la elaboración de proyectos, reducen un 20% de la emisión de CO2 y también los costos sociales y ambientales en un 80% así como los accidentes en un 70%, contribuyendo así a la conservación del planeta y a la consecución de los objetivos de desarrollo sostenible [...] (p.61).

### **Sistemas de Alcantarillado**

Los sistemas de alcantarillado representan para los pueblos, comunidades o ciudades un servicio fundamental que permite el desarrollo de las mismas, por ello, con el pasar del tiempo las entidades conformadas con el fin de administrar y brindar un servicio optimo a la población se han encargado de habilitar y ampliar este sistema debido al crecimiento poblacional. Durante los últimos años se han venido renovado las tuberías existentes, las cuales eran de concreto simple normalizado, por tuberías PVC UF (Policloruro de Vinilo no plastificado de Unión Flexible).

El tratamiento de las aguas servidas provenientes de las redes de alcantarillado, muchas veces no son consideradas y suelen verterse en el mar o ríos sin haberse tratado previamente contaminando el agua y afectando a los pobladores.

Por ello, Castaño, Arango y Cárdenas (2021) afirman:

El tratamiento de las aguas residuales es uno de los grandes retos en la gestión del agua. En ese sentido, el 80% de las aguas residuales de vierten en fuentes de agua

sin ningún tratamiento, ignorando así el derecho fundamental de acceso al agua y el saneamiento y sus implicaciones para el bienestar y el desarrollo de las poblaciones (p. 01).

## Sistemas de Agua Potable

Los sistemas de agua potable en la actualidad se vienen ampliando y renovando periódicamente ya que debido al crecimiento poblacional se tiene que racionar para abastecer a la totalidad de habitantes, existen muchos factores los cuales son manejados por las entidades encargadas de administrar y brindar el servicio vital. La diferencia entre el servicio de alcantarillado y del servicio de agua potable es que este el último tiene que brindar garantías sanitarias ya que son para el consumo humano.

Por ello, Gómez et.al (2016) manifiestan:

La garantía sanitaria y la aptitud para el consumo implican que el agua esté libre de cualquier contaminante perjudicial para la salud, y se hacen necesaria una protección legal desde el punto de captación del recurso hasta que el agua es suministrada a los consumidores (p.64).

## Método Cracking

Gerasimova (2016) afirma:

Los expertos en todo el mundo coinciden en que Trenchless Technologies es el futuro de la sustitución y reparación de servicios públicos. Las construcciones sin zanjas se realizan sin excavaciones costosas y a gran escala, lo que es ideal para centros urbanos abarrotados: sin sitios de construcción perturbadores, sin atascos de tráfico, ruido y contaminación del aire muy minimizados. También lleva menos tiempo limpiar el sitio una vez que se ha completado el trabajo. (p. 1400).

El método cracking consiste básicamente en romper o destruir la tubería existente para poder reemplazarla sin realizar zanjas a cielo abierto, por ello el IPBA (2012), lo define como “un método de reemplazo sin zanja en el que la tubería existente se rompe ya sea por fractura frágil o por división, utilizando una fuerza interna aplicada mecánicamente por una herramienta de ruptura” (p. 3). Partiendo de ello, el sistema depende de maquinarias especiales para poder realizarla, y por ello se puede decir que de acuerdo a la capacidad que éstas tengan será el rendimiento.

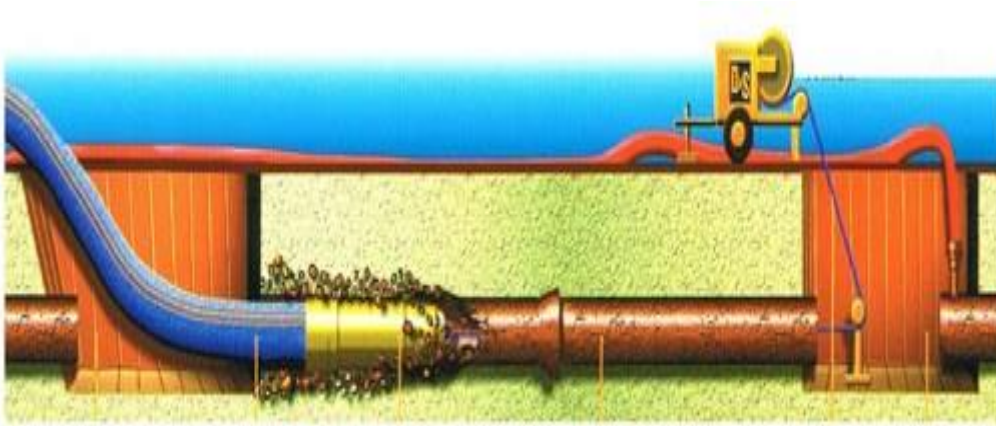


Figura 01. Método Pipe bursting o Cracking

Fuente: (Yepes, 2015)

Por lo general cada sistema posee un determinado proceso para poderse realizar con éxito y obtener el mayor beneficio posible siempre y cuando se cumplan, por lo tanto, se consideran los siguientes procesos como parte del proceso constructivo estándar para poder realizar con éxito las renovaciones de tuberías utilizando el método cracking, por ello el IPBA (2012), describe el proceso de ruptura una vez realizado las ventanas e ingresado la maquinaria de la siguiente forma:

Al mismo tiempo, se extrae una nueva tubería del mismo diámetro o mayor para reemplazar la tubería existente. El extremo posterior del cabezal de ruptura está conectado a la nueva tubería y el cabezal de ruptura se lanzan desde el pozo de inserción, el cable o la varilla de tracción se extraen del pozo de recepción. La energía (o fuente de poder) que mueve la herramienta de ruptura hacia adelante para romper la tubería existente proviene de tirar cables o varillas, energía hidráulica o neumática hacia la cabeza, según el diseño del sistema de ruptura. (p. 3)

Si nos referimos a procesos constructivos en el contexto general que va desde las etapas de estudio previo, pre proyecto, etc, hasta la compactación y pavimentación, se necesita de un detallado proceso constructivo como base a seguir.

Por ello el IPBA (2012) menciona:

La rotura [renovación] de tuberías se realiza normalmente en los siguientes pasos, sin embargo, éstos varían según el tipo de servicio público que se reemplazará, así

como el método [...] seleccionado, es esencial incluir a todo el equipo del proyecto en todos los aspectos del proceso de construcción siempre que sea posible. (p. 18)

Fase de planificación:

- 1) Evaluación de Antecedentes
- 2) Cribado de métodos
- 3) Recopilación de datos
- 4) Evaluación y selección del método de construcción

Pre diseño:

- 1) Requisitos de permisos y estudios de uso de la tierra
- 2) Recopilación y revisión de planos “conforme a la construcción”
- 3) Revisión de las condiciones del sitio y estudio de la superficie
- 4) CCTV u otra inspección de la condición, línea y pendiente de la tubería existente
- 5) Estudio del subsuelo
- 6) Localización de servicios públicos
- 7) Ingeniería de servicios públicos subterráneos – SUE generalmente se basa en el estándar ASCE, “Directriz estándar para la recopilación y descripción de datos de servicios públicos subterráneos existentes”
- 8) Impactos y beneficios ambientales
- 9) Impactos y beneficios sociales
- 10) Plan de servicio temporal o de derivación
- 11) Selección de material de tubería nuevo que se instalará
- 12) Desarrollar documentos de licitación

Ofertas:

- 1) Reunión previa a la licitación y RFQ
- 2) Cualificación de los contratistas
- 3) Selección de contratista
- 4) Aviso de adjudicación y ejecución de documentos contractuales

Pre Construcción:

- 1) Reunión previa a la construcción con partes interesadas
- 2) Revisar la planificación de contingencias y la precisión y las tolerancias
- 3) Logística y diseño del lugar de trabajo
- 4) Métodos de reconexión de líneas de servicio
- 5) Ubicación de todas las excavaciones y pozos requeridos para el desvío de tuberías o el servicio temporal para el plan de desagua de servicios públicos existente
- 6) Plan de seguridad del sitio

7) Horario de trabajo y definición de horas de trabajo

Construcción:

- 1) Marcas de utilidad de una llamada
- 2) Confirmación de la ubicación y profundidad de los servicios públicos
- 3) Movilización de equipos al sitio
- 4) Video de pre construcción del sitio
- 5) Revisión de seguridad del sitio con equipos de trabajo
- 6) Configure el control de tráfico según se requiera [...]
- 7) Entrega de nuevos materiales de tubería
  - a. Para instalaciones de tubería continua como HDPE y FPVC fusione previamente en la(s) longitud(s) deseada(s).
  - b. Para instalaciones de tuberías segmentarias como DI o PVC, coloque la tubería cerca del primer punto de inserción
- 8) Configurar tubería de servicio temporal o by-pass
- 9) Inspección de CCTV Pre-Burst par tuberías de gravedad
- 10) Configuración de puntos de inserción o recepción según lo requiera el plan de construcción
- 11) Configuración del equipo de ruptura de tubería estática o neumática [dinámica]
- 12) Prepare la tubería existente [...], limpie según sea necesario
- 13) Desconectar los laterales o conexiones de servicio
- 14) Opcional para la técnica de pre clorado para la instalación de la red de agua, la tubería se prueba para presión y se desinfecta antes de la instalación
- 15) Rompa la tubería existente, instalando simultáneamente la nueva tubería
- 16) Permita un periodo de relajación según las recomendaciones del fabricante de la tubería
- 17) Retire el equipo de rotura de tuberías
- 18) Vuelva a conectar los extremos de las tuberías, las conexiones de servicio y otros accesorios
- 19) Pruebas de campo y requisitos para la unión de tuberías, fugas de tuberías, CCTV, desinfección, ECT, según se especifique
- 20) Rellenar según los estándares y restaurar el lugar de trabajo. (pp. 18-20).

Se aprecia que abarca todo el sistema en sí y nos ofrece una clara idea de como proceder al realizar los trabajos, también se hace mención de las tuberías de HDPE y FPVC (Polietileno de alta resistencia y Cloruro de polivinilo flexible respectivamente), ya que son las más utilizados tanto en las renovaciones de tuberías de agua potable y alcantarillado.

Este método se divide en dos tipos, Cracking Estático y Cracking dinámico, los cuales son para las renovaciones de tuberías de redes de Agua Potable y Alcantarillado respectivamente, ya que, de acuerdo a las dimensiones de los diámetros de las tuberías, se utiliza el tipo de maquinaria más adecuada.

Por ello, La revista EMB Construcción (2004), define:

Sistema Estático Grundoburst, el cual es generalmente utilizado en las renovaciones de tuberías de agua potable y para diámetros que van desde los 75 a 250 mm. Sustituyendo las tuberías existentes de distintos materiales por unas de HDPE (polietileno de alta resistencia) a una velocidad media de 60 mts/h a un régimen de renovación de 2000 mts/mes por frente de trabajo (párr. 3)

El sistema utiliza la tubería existente para la renovación, se realizan excavaciones a la entrada y salida, las longitudes pueden ser de buzón a buzón o de acuerdo a la potencia de la maquinaria con a que se cuenta, posteriormente se proceden a introducir las barras de acero pasándola por la tubería existente para luego conectar en el extremo opuesto al fragmentador y proceder a recoger las barras hidráulicamente.

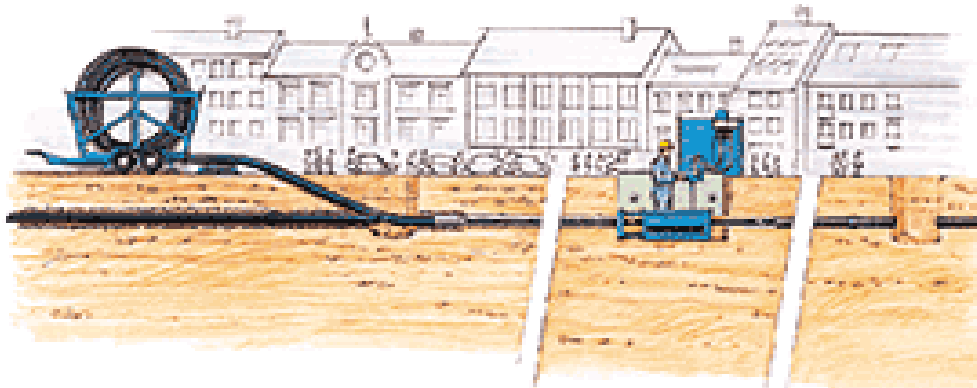


Figura 02: Operación del Cracking Estático

Fuente: (Revista EMB Construcción, 2004)

En lo que respecta agua potable, no son comunes los problemas a causa de obstrucciones, por ello el tiempo de renovación es más amplio que el de las de alcantarillado y si a ello le agregamos que las tuberías sean de HDPE las cuales tienen un tiempo de vida útil estimado en 50 años, obtendremos que utilizando el método cracking resulta aún más beneficioso tanto para la entidad como para la población.

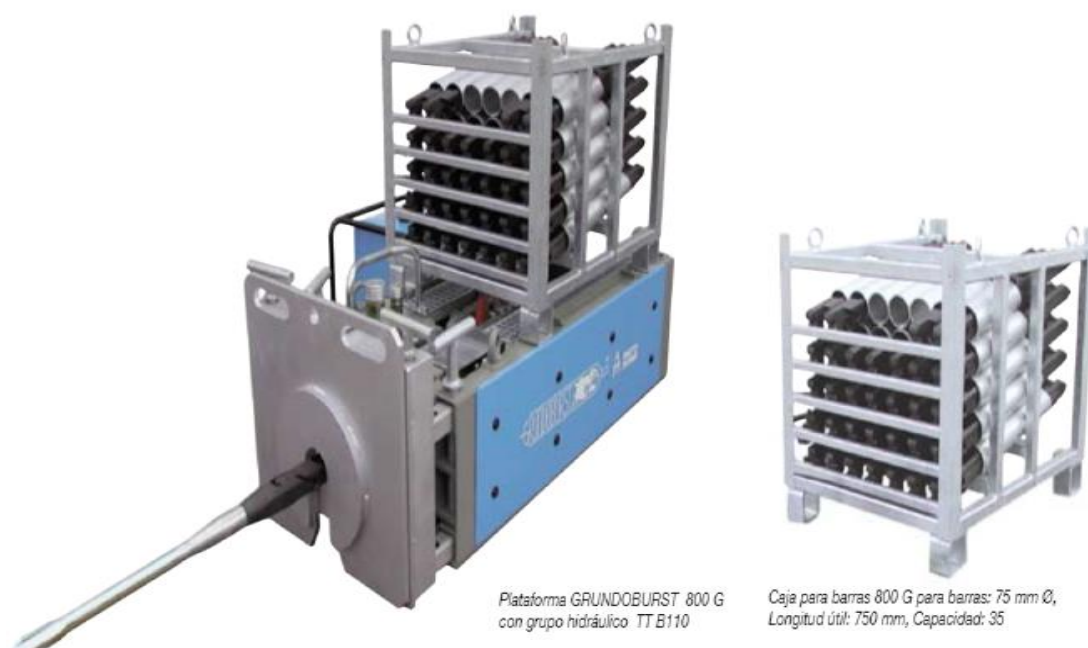


Figura 03: Grundoburst 800G y caja de barras 800G Ø75mm

Fuente: (Catálogo Tracto Technik, 2012)

La revista EMB Construcción (2004) define:

Sistema dinámico GrundoCrack, generalmente utilizado para la renovación de tuberías de alcantarillado y para diámetros desde 110 a 1000 mm. Sustituyendo la tubería existente de cualquier material por una nueva de HDPE con una velocidad media de 50 mts/h a un régimen de 1400 mts7mes por frente de trabajo. (párr. 5).

Para llevar a cabo este sistema se debe de preparar la tubería (HDPE) en toda la longitud total del tramo a renovar, es decir soldar mediante termofusión el tramo completo, también se deberán de realizar las excavaciones de las ventanas de entrada y salida de las maquinarias, posteriormente realizar las excavaciones en las conexiones domiciliarias y proceder a ubicar el equipo en un lugar conveniente previamente estudiado y designado, instalar el compresor y winche y el GRUNDOCRACK. Se procederá a conectar la punta del GRUNDOCRACK en la entrada donde comienza el tramo seleccionado y se tensa con el winche para iniciar la renovación. Una vez pasado la maquinaria de un extremo a otro se proceden a realizar las reconexiones de las uniones domiciliarias a la nueva tubería.



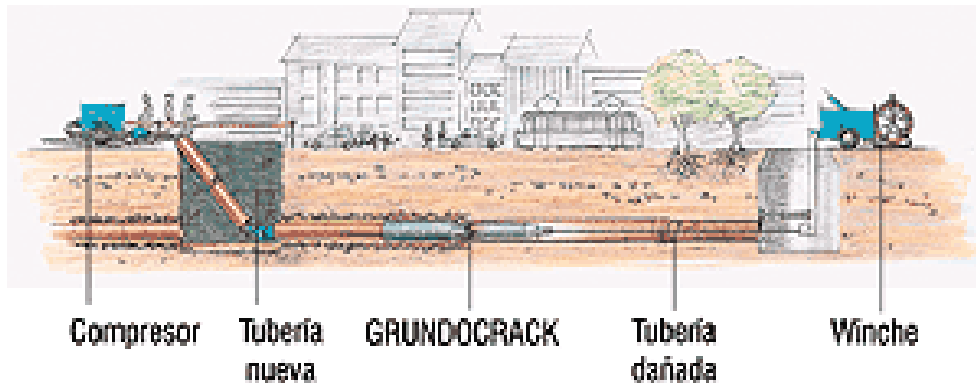


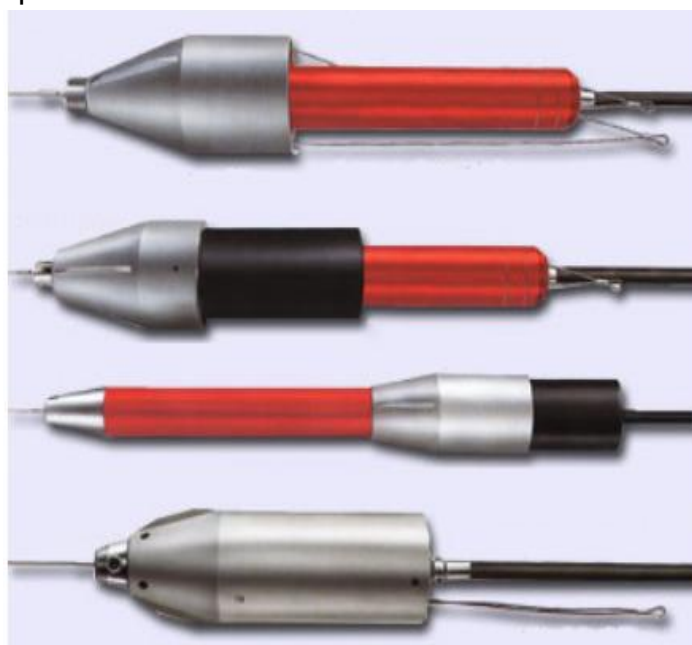
Figura 04: Operación del Cracking Dinámico

Fuente: (Revista EMB Construcción, 2004)

A su vez el IPBA (2012), describe: “la explosión de tubería neumática (dinámica), utiliza un martillo de ruptura de desplazamiento por el suelo impulsada por aire comprimido, se instala un expansor en la parte delantera o cerca de la parte trasera del martillo neumático” (p. 4).

Como se indica, el sistema de cracking dinámico consiste en destruir la tubería existente para poder renovarla empujando e incrustando los fragmentos al suelo.

Figura 05: Tipos de cabezales usados en el GrundoCrack/Cracking dinámico



Fuente: (Catálogo Tracto Technik, 2012)

Tabla 01: Datos técnicos del GrundoCrack

GrundoCrack PC	Mini máquina		PCP maquinaria			PCF máquinas (con cono trasero)							
	130 Mini	180 Mini	130	145	180	130	145	180	220	270	350	460	600
Máquina accionada a presión	130 Mini	180 Mini	130	145	180	130	145	180	220	270	350	460	600
Largo (mm)	946	1080	1750	1986	2221	1453	1545	1690	1913	2010	2365	2852	3645
Diámetro (mm)	130/145	180/215	130	145	180	130/ 145	145/ 160	180/ 192	216/ 235	270/ 300	350/ 400	460/ 510	600/ 670
Peso (kg)	60	175	117	168	280	95	137	230	368	615	1180	2465	4800
Ritmo de impacto (min-1)	580	500	350	330	280	320	310	280	340	310	220	180	180
Consumo de aire (m <sup>3</sup> /min)	1.7	3.5	2.6	3.3	4.5	2.7	4	4.5	6.5	10	20	35	50

Fuente: (Catálogo Tracto Technik, 2012)

Las tuberías de HDPE antes de la instalación son previamente soldadas mediante un proceso de termofusión, este proceso puede ser realizado con una herramienta manual de termofusión o automatizada.



Figura 06: Termofusión de Tuberías de HDPE para método Cracking

Fuente: Propia

Las ventajas que ofrece el sistema cracking frente al sistema tradicional de zanja abierta son muchas las cuales van desde un tiempo considerablemente menor de ejecución hasta en los impactos ambientales.

Por ello el IPBA (2012) nos dice:

El reemplazo a cielo abierto puede ser una opción preferida para la renovación de la tubería cuando la tubería es poca profunda y la zanja no crea inconvenientes. Sin embargo, en muchas condiciones, la rotura de la tubería tiene ventajas sustanciales sobre los reemplazos de corte abierto. (p. 6).

Las ventajas [...] de la rotura de la tubería sobre el remplazo a cielo abierto son los ahorros de costos indirectos, debido a (1) menos perturbación del tráfico, (2) menor tiempo de reemplazo, (3) menos interrupción de negocios, (4) menos perturbación ambiental, (5) reducción de gastos de pavimentación y otros beneficios sociales. (p. 6)

Otro de los beneficios es que, al reducir las áreas de corte de pavimentos, permite que dicha estructura cumpla con los años de servicios para los cuales ha sido diseñada, el impacto ambiental negativo que genera también es reducido ya que es menor el desorden generado a comparación con las obras con el método tradicional.

En lo que respecta al mercado del método cracking o pipe bursting, la rotura de tuberías se centra más en los proyectos sanitarios o de alcantarillado, aunque va ganando campo al utilizarse en las redes de agua potable.

Al respecto Simicevic y Sterling (2001) mencionan:

La rotura de tuberías es actualmente más popular en el mercado de alcantarillado sanitario en los EE. UU que, en el mercado de agua potable, donde se espera que eventualmente también se vuelva más común. Su aplicación en el mercado del agua fue mejorada por la aprobación de HDPE para agua potable por AWWA a principios de la década de 1990, pero su uso para el reemplazo de tuberías de agua aun ha sido lento. Se cree que esto se debe a la renuencia de los propietarios e ingenieros a permitir que el HDPE sea una selección aprobada de material principal de agua. (p.18)

Cabe mencionar que, como todo sistema, el método cracking no es ajeno a las dificultades que se pueden presentar durante la ejecución, estas se presentan desde el tamaño de los diámetros de las nuevas tuberías hasta el tipo de suelo y la transitabilidad de las calles o avenidas.

Tabla 02: Clasificaciones de dificultades y aumento de diámetro de tuberías

		Degree of Difficulty	Depth of Pipe (ft)	Existing Pipe ID (in)	New Pipe Diameter Comparative to Existing Pipe	Burst Length (ft)	Original Trench Width	Soil Type
IPBA CLASSIFICATION	<b>A</b>	<b>Minimal</b>	<12	2-12	Size on Size	0-350	Relatively wide trench compared to expander head outside diameter.	Compressible soils outside trench (loose sand, gravel, soft clay).
	<b>B</b>	<b>Moderate</b>	>12 to <18	12-18	Single Upsize	350-500	Trench width less than 4" wider than the expander head outside diameter.	Moderately compressible soils outside trench (medium dense to dense sand, medium stiff clay).

	<b>C</b>	<b>Comprehensive</b>	>18+	20-36	Double/triple Upsize	500-1000	Incompressible soils outside trench.	Constricted trench geometry (width less than or equal to outside diameter of burst head).
	<b>D</b>	Developmental						

Fuente: IPBA (2012)

Este método resulta muy beneficioso en líneas generales, pero respecto al suelo, se conoce que para la realización de proyectos de construcción se deben de realizar estudios previos del suelo, en el caso de la renovación por método cracking en muchos casos implican estudios completos geotécnicos que demandan un costo elevado, pero que en un comparativo de costos directos entre un método tradicional y el método cracking, se obtiene una ventaja notoria.

Al respecto Kumar y Patel (2019) mencionan:

La condición de suelo juega un papel importante en la evaluación y selección exitosa de un método sin zanjas. Cada proyecto tiene sus condiciones de sitio individuales únicas. La investigación de la superficie debe de realizarse como primer paso para obtener la siguiente información [...]: área necesaria; elevación de grado, estructuras existentes en la superficie, ubicaciones de pozos y pozos de prueba, humedad, etc.

Para que se puedan realizar los trabajos sin contratiempos, el terreno debe de presentar ciertas condiciones, es por ello que:

Simicevic y Sterling (2001) afirman:

Las condiciones del suelo más favorables para los proyectos de rotura de tuberías son aquellas en las que el suelo que rodea la tubería puede compactarse fácilmente mediante la operación de rotura a medida que se desplaza.

También es favorable si el suelo que rodea la tubería permitirá que el orificio expandido permanezca abierto mientras se instala la tubería de reemplazo.

Las condiciones del suelo algo menos favorable para la rotura de tuberías implican suelos rellenos densamente compactados, suelos por debajo del nivel freáticos y suelos dilatantes (Suelos que se expanden en volumen a medida que se cortan, por ejemplo, arenas granulares).

Los suelos especiales, como suelos muy expansivos o suelos colapsables, también causarán problemas. Para la mayoría de las condiciones del suelo, simplemente es necesario proporcionar la potencia requerida para efectuar la explosión, desplazar el suelo y tirar de la tubería de reemplazo a lo largo de la explosión [...]. (p. 21)



Figura 07: Suelo favorable para la instalación de tuberías mediante Cracking

Fuente: (Assante y Ordinola, 2019)

Al utilizar este método, los movimientos de tierra se reducen en gran cantidad, ya que solo se es necesario realizar excavaciones en las aperturas o ventanas para ingreso de maquinaria y en las uniones de las redes domiciliarias.

### **Maquinarias**

Las maquinarias utilizadas en los movimientos de tierra para obras de renovación de tuberías son la retroexcavadora, la máquina de corte de pavimento/concreto, la compactadora manual (plancha vibratoria).

Por otro lado la excavación con retro excavadora en un terreno normal tiene un rendimiento de 120ml/d para alcantarillado y para agua potable un rendimiento de entre 120-150 ml/d, los cuales varían según el tipo de terreno y la profundidad de la excavación.



Figura 08: Retroexcavadora marca Cat 416F2 – 86HP

Fuente: CAT

La cortadora en alcantarillado y agua potable trabaja con rendimientos de 40-50ml/d, los cuales varían según el tipo(pavimento rígido, pavimento flexible o pavimento mixto) y espesor del pavimento, también del diámetro del disco utilizado y de los HP de la cortadora.



Figura 09: Cortadora de concreto/pavimento Dynamic CC1218

Fuente: Olbax



Figura 10: Compactadora vibratoria 5.5HP

Fuente: Masalta

## **Tuberías**

Las tuberías utilizadas en nuevos proyectos de ampliación de alcantarillado y agua potable en la actualidad tienen una gran variedad, que van de acuerdo al tipo de proyecto en específico, pero si nos basamos en las renovaciones de las redes existentes las cuales en gran porcentaje poseen periodos de servicio de 20 años a más, en tal sentido se encuentran tuberías de materiales como Asbesto Cemento que dada la antigüedad y propiedades físicas del material califican para ser renovadas por el método propuesto en la investigación, también, en las redes de abastecimiento domiciliario de agua potable el material que más se encuentra es el PVC, y aunque posee un periodo amplio de duración, en la actualidad se está optando por utilizar tuberías de HDPE ofreciendo un rango aún más amplio de duración, de hasta 50 años según las propiedades que poseen según la norma ISO 11357-6:2002.

Una de las desventajas que se pueden encontrar en relación al tipo de material y el método cracking es el caso de las tuberías dúctiles, como el acero y hierro dúctil o las que han sido reforzadas, se hace más complicada su renovación.

En tal sentido Simicevic y Sterling (2001) manifiestan:

La mayoría de los materiales de tubería son buenos candidatos para la rotura de tuberías. Las tuberías hechas de material abrasivo no dúctil, pero con refuerzo dúctil son las más difíciles de reemplazar utilizando la mayoría de las técnicas de reemplazo de tuberías. (p. 22).



Por su parte el IPBA (2012) clasifica las tuberías de la siguiente manera. “Tuberías Fractuables, incluyen hierro fundido (CI), arcilla (VCP), hormigón (CP), fibrocemento (AC) y otros. Tuberías no Fractuables, incluyen hierro dúctil (DI), acero, hierro galvanizado, HDPE, PVC y otros” (p. 14).

A su vez Simicevic y Sterling (2012) mencionan:

**Los tubos de arcilla** son buenos candidatos para reventar. Son frágiles y se fracturan fácilmente.

**Las tuberías de hormigón liso** son buenas candidatas [...]. Son relativamente frágiles y tienden a fracturarse fácilmente en tensión, especialmente cuando esté deteriorado.

**Las tuberías de hormigón liso** presentan dificultades a menos que el hormigón y el acero de refuerzo estén deteriorados.

**Los tubos de hierro fundido** son buenos candidatos para estallar. Los tubos son relativamente frágiles incluso cuando están en buen estado y condición.

**Las tuberías de acero y hierro dúctil** no son buenas candidatas para reventar. Son fuertes y dúctiles. En diámetros más pequeños, se pueden reemplazar utilizando técnicas de división de tuberías.

**Los tubos de PVC y otros plásticos [HDPE]** se pueden reemplazar mediante una combinación adecuada de rotura y técnicas de división de acuerdo a la resistencia y ductilidad de la tubería.

**Las tuberías de fibrocemento** son generalmente buenas candidatas a reventar. Se debe tener cuidado para determinar la clase de tubería existente. (pp. 22-23).

En el Perú el HDPE se está asentando en el mercado para la renovación de tuberías, por sus cualidades físicas y químicas, pero también al incremento en las distribuidoras que se encuentran en territorio nacional, ya que anteriormente se tenían que exportar desde otros países y no resultaba viable para el uso urbano, y se aplicaban en el sector minero.

Najafari (2006) citado en Mohanraj (2015) menciona:

La tubería de polietileno es un material termoplástico fabricado mediante la polimerización de etileno gas. Los termoplásticos se pueden calentar, fundir y volver a solidificar mediante enfriamiento. Esto permite fabricación de tubería por extrusión continua a través de un tinte y la unión de soldadura por fusión. (p.16).

Tabla 03: Tubería lida HDPE norma ISO 4427:2008 PE-80 y PE-100

		Relación estándar de dimensiones (SDR)															
		SDR 33 (S16)		SDR 26 (S12.5)		SDR 21 (S10)		SDR 17 (S8)		SDR 13.6 (S6.3)		SDR 11 (S5)		SDR 9 (S4)		SDR 7.4 (S3.2)	
		Presión Nominal															
PE-80	equiv.	4.0 bar		5.0 bar		6.0 bar		8.0 bar		10.0 bar		12.5 bar		16.0 bar		20.0 bar	
PE-100	equiv.	5.0 bar		6.0 bar		8.0 bar		10.0 bar		12.5 bar		16.0 bar		20.0 bar		25.0 bar	
DN (mm)	DN Equiv. (pulg.)	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml
20	1/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	0.12	2.3	0.13	3.0	0.16
25	3/4	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	0.148	2.3	0.17	3.0	0.21	3.5	0.24
32	1	-	-	-	-	-	-	2.0	0.2	2.4	0.23	3.0	0.28	3.6	0.33	4.4	0.39
40	1-1/4	-	-	-	-	2.0	0.245	2.4	0.29	3.0	0.36	3.7	0.43	4.5	0.51	5.5	0.61
50	1-1/2	-	-	2.0	0.31	2.4	0.367	3.0	0.50	3.7	0.55	4.6	0.67	5.6	0.79	6.9	0.94
63	2.00	-	-	2.5	0.49	3.0	0.570	3.8	0.72	4.7	0.88	5.8	1.06	8.1	1.27	8.6	1.48
75	2-1/2	-	-	2.9	0.67	3.6	0.819	4.5	1.02	5.6	1.24	6.8	1.48	8.4	1.78	10.3	2.12
90	3	-	-	3.5	0.97	4.3	1.170	5.4	1.47	6.7	1.78	8.2	2.14	10.1	2.57	12.3	3.03
110	4	-	-	4.2	1.41	5.3	1.78	6.6	2.18	8.1	2.64	10.0	3.18	12.3	3.82	15.1	4.54
160	6	-	-	6.2	3.06	7.7	3.74	9.5	4.56	11.8	5.56	14.6	6.74	17.9	8.05	21.9	9.56
200	8	-	-	7.7	4.73	9.6	5.83	11.9	7.12	14.7	8.65	18.2	10.50	22.4	12.60	27.4	14.94
250	10	-	-	9.6	7.37	11.9	9.02	14.8	11.06	18.4	13.54	22.7	16.35	27.9	19.60	34.2	23.32
280	11	-	-	10.7	9.19	13.4	11.38	16.6	13.90	20.6	16.96	25.4	20.50	31.3	24.64	38.3	29.24
315	12	9.7	9.34	12.1	11.70	15.0	14.30	18.7	17.60	23.2	21.50	28.6	25.95	35.2	31.16	43.1	37.01
355	14	10.9	11.81	13.6	14.79	16.9	18.16	21.1	22.40	26.1	27.25	32.2	32.94	39.7	39.58	48.5	46.93
400	16	12.3	15.01	15.3	18.75	19.1	23.16	23.7	28.31	29.4	34.56	36.3	41.82	44.7	50.21	54.7	59.60
450	18	13.8	18.94	17.2	23.71	21.5	29.28	26.7	35.87	33.1	43.78	40.9	52.96	50.3	63.57	61.5	74.55
500	20	15.3	23.68	19.1	29.25	23.9	36.13	29.7	44.32	36.8	54.02	45.4	65.34	55.8	78.44	-	-
560	22	17.2	29.80	21.4	36.67	26.7	45.22	33.2	55.52	41.2	67.77	50.8	81.86	62.5	98.38	-	-
630	24	19.3	37.60	24.1	46.46	30.0	57.12	37.4	70.32	46.3	85.66	57.2	103.97	70.3	124.46	-	-
710	28	21.8	47.83	27.2	59.14	33.8	72.89	42.1	89.32	52.2	108.93	64.5	131.91	79.3	158.21	-	-
800	32	24.5	60.55	30.6	74.94	38.1	92.30	47.4	113.29	58.8	138.24	72.6	167.29	89.3	200.73	-	-
900	36	27.6	76.70	34.4	94.75	42.9	116.88	53.3	143.29	66.2	175.06	81.7	211.75	-	-	-	-
1000	40	30.6	94.46	38.2	116.90	47.7	144.36	59.3	177.09	72.5	213.25	90.2	259.91	-	-	-	-
1200	48	36.7	135.88	45.9	168.45	57.2	207.67	67.9	244.03	88.2	310.90	-	-	-	-	-	-
1400	54	42.9	185.15	53.5	229.03	66.7	282.49	82.4	344.68	102.9	423.24	-	-	-	-	-	-
1600	64	49.0	241.63	61.2	299.43	76.2	368.91	94.1	449.89	117.6	552.83	-	-	-	-	-	-
1800	72	54.5	302.56	69.1	380.25	85.7	466.60	105.9	569.33	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	80	60.6	373.72	76.9	469.88	95.2	576.01	117.6	702.55	-	-	-	-	-	-	-	-

1) La presión nominal PN corresponde a la máxima presión de operación admisible en Bar, a 20° C.

2) Valores en pulgadas utilizados como referencia con la norma ASTM/ANSI B 36.10.

3) La relación SDR corresponde al cociente entre el diámetro externo y espesor de la tubería.

Fuente: Cidelsa

Tabla 04: Tubería lisa HDPE norma ASTM F-714:2012

		(1) Relación estándar de dimensión SDR																					
		32.5	26	21	17	15.5	13.5	11	9.3	9	8.3	7.3											
Presión de Trabajo (Psi)	PE-3608	51	64	80	100	110	128	160	193	200	219	254											
	PE-4710	63	80	100	125	138	160	200	241	250	274	317											
DN (Pulg.)	DN Equiv (mm)	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/m	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/m	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/m	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/m	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/m	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/m	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/m	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/m	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/m	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/m	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/m
2 *	60.3	-	-	2.3	0.42	2.9	0.52	3.6	0.63	3.9	0.69	4.5	0.79	5.5	0.95	6.5	1.11	6.7	1.14	7.3	1.21	8.3	1.35
3	88.9	2,7	0,76	3,4	0,94	4,2	1,15	5,2	1,40	5,7	1,52	6,6	1,73	8,1	2,08	9,6	2,41	9,9	2,48	10,7	2,66	12,2	2,96
4	114.3	3,5	1,24	4,4	1,54	5,4	1,89	6,7	2,31	7,4	2,52	8,5	2,86	10,4	3,44	12,3	3,98	12,7	4,10	13,8	4,40	15,7	4,90
5	136.5	4,2	1,77	5,3	2,21	6,5	2,70	8,0	3,29	8,8	3,59	10,1	4,70	12,4	4,90	14,7	5,68	15,2	5,85	16,4	6,27	18,7	6,98
5 ½	141.3	4,3	1,90	5,4	2,36	6,7	2,89	8,3	3,53	9,1	3,84	10,5	4,36	12,8	5,25	15,2	6,09	15,7	6,27	17,0	6,72	19,4	7,48
6	168.3	5,2	2,70	6,5	3,35	8,0	4,10	9,9	5,00	10,9	5,45	12,5	6,19	15,3	7,45	18,1	8,64	18,7	8,89	20,3	9,53	23,1	10,61
7	181.0	5,6	3,12	7,0	3,87	8,6	4,75	10,7	5,80	11,7	6,31	13,4	7,16	16,5	8,62	19,5	9,99	20,1	10,28	21,8	11,02	24,8	12,28
8	219.1	6,7	4,57	8,4	5,68	10,4	6,95	12,9	8,48	14,1	9,24	16,2	10,49	19,9	12,63	23,6	14,64	24,3	14,79	26,4	16,15	30,0	17,99
10	273.1	8,4	7,12	10,5	8,80	13,0	10,80	16,1	12,87	17,6	14,36	20,2	15,95	24,8	19,62	29,4	22,75	30,3	22,97	32,9	25,09	37,4	27,95
12	323.8	10,0	9,99	12,4	12,39	15,4	14,84	19,1	18,53	20,9	19,85	24,0	22,92	29,4	27,58	34,8	31,98	36,0	32,91	39,0	35,28	44,4	39,30
13	339.7	10,5	11,02	13,1	13,63	16,2	16,72	20,0	20,39	21,9	22,22	25,2	25,23	30,9	30,36	36,5	35,2	37,7	36,22	40,9	38,82	46,5	43,25
14	355.6	10,9	12,07	13,7	14,93	16,9	17,89	20,9	21,84	22,9	23,91	26,3	27,64	32,3	32,60	38,2	38,57	39,5	39,68	42,8	42,54	48,7	47,39
16	406.4	12,5	15,74	15,6	19,51	19,4	23,92	23,9	28,52	26,2	31,8	30,1	35,34	36,9	42,59	43,7	50,38	45,2	51,83	49,0	55,56	55,7	61,90
18	457.2	14,1	19,94	17,6	24,70	21,8	29,58	26,9	36,93	29,5	39,53	33,9	44,73	41,6	54,00	49,2	63,78	50,8	65,60	55,1	70,32	62,6	78,34
20	508.0	15,6	26,60	19,5	29,77	24,2	36,52	29,9	44,58	32,8	48,80	37,6	55,22	46,2	67,88	54,6	78,71	56,4	79,87	61,2	86,80	-	-
21.5	546.1	16,8	28,46	21,0	35,25	26,0	43,20	32,1	52,69	35,2	57,41	40,5	65,19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	558.8	17,2	29,78	21,5	36,90	26,6	44,18	32,9	53,94	36,1	59,04	41,4	66,90	50,8	82,14	60,1	95,24	62,1	96,63	-	-	-	-
24	609.6	18,7	35,42	23,4	42,87	29,0	51,00	35,9	64,19	39,3	70,27	45,2	79,60	55,4	97,75	65,5	113,35	67,7	115,03	-	-	-	-
26	660.4	20,3	41,59	25,4	51,55	31,4	63,17	38,8	77,05	42,6	83,96	48,9	95,34	60,0	114,72	71,0	133,03	-	-	-	-	-	-
28	711.2	21,9	48,26	27,4	59,79	33,9	73,26	41,8	89,36	45,9	97,37	52,7	110,57	64,7	133,05	76,5	154,28	-	-	-	-	-	-
30	762.0	23,4	55,37	29,3	68,64	36,3	84,10	44,8	102,58	49,2	111,78	56,4	126,93	69,3	152,74	81,9	177,11	-	-	-	-	-	-
32	812.8	25,0	63,03	31,3	78,10	38,7	95,69	47,8	116,72	52,4	127,18	60,2	144,42	73,9	173,78	-	-	-	-	-	-	-	-
34	863.6	26,6	71,12	33,2	88,17	41,1	108,03	50,8	131,76	55,7	143,58	64,0	163,04	78,5	196,19	-	-	-	-	-	-	-	-
36	914.4	28,1	79,76	35,2	98,85	43,5	121,11	53,8	147,72	59,00	160,96	67,7	182,78	83,1	219,95	-	-	-	-	-	-	-	-
42	1066.8	32,8	108,51	41,0	134,48	50,8	164,84	62,8	201,06	68,8	219,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	1219.2	37,5	141,77	46,9	175,68	58,1	215,31	71,7	262,61	78,7	286,16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
54	1371.6	42,2	179,49	52,8	222,55	65,3	272,43	80,7	332,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\* Diámetro no contemplado por la norma ASTM F714. Espesor calculado utilizando la ecuación recomendada por la norma.

Fuente: Cidelsa

Los costos que genera utilizar el método cracking se centran en los equipos y herramientas, ya que es elevado, pero la ventaja es que se reduce la mano de obra y las reparaciones de los pavimentos (flexible y rígido) y los rendimientos varían de acuerdo al tipo de maquinaria que se utiliza.

Ojeda (2015) nos dice que: “el metro lineal de tubería renovada con el método pipe bursting [cracking] tiene un costo directo de 73.19 soles” (p 59,). También refiere que: “el metro lineal de tubería renovada tiene un costo directo de 126.15 soles” (p. 67).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de la investigación**

El tipo de investigación del presente trabajo es de Tipo Aplicado

Por ello Gómez (2006) nos dice: “El término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desee, es decir, el plan de acción a seguir en el trabajo de campo”. (p.85)

#### **Nivel de la Investigación**

Arias (2012), manifiesta que, “La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno individuo o grupo con el fin de establecer una estructura o comportamiento” (p. 24).

A su vez, Valderrama (2013), nos dice que “En las investigaciones de correlación, al medir el nivel de relación en las variables se calcula a cada una de ellas (previsiblemente asociados) y posteriormente se examina y pondera la relación. Estas correlaciones se abogan en suposiciones puestas a prueba”. (p. 45)

Con esta teoría como base se puede deducir que la investigación es de nivel descriptivo - correlacional, ya que busca determinar el nivel de relación que tienen las dos variables: Método cracking y Renovación de tuberías de agua potable y alcantarillado.

#### **Diseño Metodológico**

El estudio se realizará con un diseño no experimental, porque no busca realizar cambios al resultado de las variables, sino llegar a una conclusión con los resultados obtenidos en campo y en base a ello determinar posibles soluciones, por ello Palella y Martins (2012), manifiestan que:

Es un proceso en donde no existe manipulación intencional de ninguna variante. El indagador no realiza cambios deliberados respecto a las variantes independientes. Se obtienen las acciones o hechos del presente, como se encuentran en ese momento de forma real sin cambios y para un periodo específico o no; posteriormente se analizan estos resultados. (p. 87)

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

Para esta investigación se presentan las siguientes variables:

#### **Independiente: Método cracking**

**Definición conceptual:** Para el IPBA el método cracking es. "Un método de reemplazo sin zanja en el que la tubería existente se rompe ya sea por fractura frágil o por división utilizando una fuerza interna aplicada mecánicamente por una herramienta de ruptura (p. 3)

**Definición operacional:** Este método es aplicable para la mayoría de proyectos, habiendo limitaciones, para poder realizarse, por distintos aspectos, por ello se hará un estudio minucioso para poder dar respuesta al problema presentado.

#### **Indicadores:**

- Equipos y mano de obra
- Cracking estático
- Cracking Dinámico

**Escala de medición:** La escala es de tipo nominal.

#### **Dependiente: Renovación de tuberías de agua potable y alcantarillado.**

**Definición conceptual:** Respecto a las renovaciones de tuberías de agua potable y alcantarillado Simicevic y Sterling mencionan. "El pipe bursting [o método cracking] es actualmente más popular en el mercado de alcantarillado sanitario [...] que, en el mercado de agua potable, donde se espera que eventualmente se vuelva más común (2001, p. 18)"

**Definición operacional:** Para poder realizar las renovaciones de tuberías de agua potable y alcantarillado, se examinará el procedimiento, de tal modo que se pueda dar solución al problema presentado, a través de sus 3 dimensiones las cuales son

basadas en los antecedentes presentados y que para poder ser medido cada dimensión presenta sus indicadores.

**Indicadores:**

- Tipos de terreno
- Maquinarias
- Tuberías de HDPE
- Análisis de Costos Unitarios
- Tiempo de ejecución.

**Escala de medición:** La escala es de tipo nominal

**3.3. Población, muestra y muestreo**

**Unidad de análisis**

Distrito de Grocio Prado – Chincha

**Población**

Arias (2012), define:

La población, o en términos más precisos población objetivo, es un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación. Ésta queda delimitada por el problema y por los objetivos del estudio. (p. 81).

El proyecto de investigación presenta como población a los sistemas de agua potable y alcantarillado del distrito de Grocio Prado.

**Muestra**

Según Arias (2012),

La muestra es un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible. En este sentido, una muestra representativa es aquella que por su tamaño y características similares a las del conjunto, permite hacer inferencias o generalizar los resultados al resto de la población con un margen de error conocido. (p. 83)

Como muestra se tomará los las avenida principal de acceso al distrito: Av. 28 de Julio.

### **Muestreo:**

El tipo de muestreo a utilizar en el presente trabajo de investigación es muestreo no probabilístico intencional.

Según Arias (2012) “en este caso los elementos son escogidos con base en criterios o juicios preestablecidos por el investigador”. (p. 85).

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

#### **Técnica de recolección de datos**

Yuni y Urbano (2006) afirman que: “En el campo de la metodología de la investigación científica el concepto de técnicas de recolección de información alude a los procedimientos mediante los cuales se generan informaciones validas y confiables, para ser utilizadas como datos científicos”. (p. 30)

Para la presente investigación se utilizará la entrevista como técnica para poder dar respuesta a la variable Método Cracking.

#### **Instrumento de recolección de datos**

Para Yuni y Urbano (2006), “El instrumento es el mecanismo o dispositivo que utiliza el investigador para generar la información. Estos instrumentos pueden ser apartados de carácter mecánico, los formularios de un cuestionario, una guía de observación estructurada, una cámara de video, etc”. (p. 31)

Los instrumentos a utilizar en la investigación serán la hoja de preguntas (para la variable independiente) y los softwares: autocad, Civil 3d, Excel, S10, Ms Project (para la variable dependiente).

### **3.5. Procedimientos**

Para poder llevar a cabo la investigación, se procederá a realizar una entrevista a ingenieros con experiencia en la materia (residencia, supervisión y realización de proyectos) con el fin obtener datos de primera mano y hacer un comparativo. Seguido se realizará una evaluación de los periodos de cambio de tuberías en el distrito, para ello se accederá a los planos de distribución de las redes de alcantarillado y agua potable del distrito, posteriormente se procederá a procesar los datos y realizar los cálculos con el método cracking de los periodos de ejecución costos directos de obra y una programación de proyecto para realizar la propuesta

con el método mencionado y obtener los resultados que se plantearon en las hipótesis.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Para el análisis de datos existen diferentes métodos, pero dependiendo del tipo, nivel, diseño de estudio y las variables; ya sea mediante el uso de softwares (en nuestro caso usaremos S10, Ms Project y Microsoft office Excel) o de cálculos numéricos. Todo con el fin de dar a conocer los resultados de las variables seleccionadas para el análisis.

### **3.7. Aspectos éticos**

**Aspectos éticos**, la ética y moral de un profesional que desarrolla una investigación con el fin de beneficiarse con la obtención de un grado o título académico se ve reflejado en la transparencia de la información que presenta en su estudio (sin quitar mérito a la hora de utilizar alguna información de otros autores que previamente han desarrollado estudios o investigaciones de un tema con características similares al título del estudio), la veracidad, la confiabilidad de los datos y de los instrumentos utilizados para el fin.

Por ello, el presente trabajo de investigación muestra un aspecto ético y veraz, ya que mediante la previa validación de expertos en el tema se procedió a recaudar datos; en la investigación se utilizaron como base teórica libros, citas de revistas científicas y tesis, se utilizó la norma de referencias estilo ISO 690 y 690-2, basado en la adaptación internacional de la norma ISO (International Organization for Standardization). Además de pasar por el filtro del programa Turnitin para el análisis de autenticidad.



## IV. RESULTADOS

### Localización

La investigación se realiza en la Av. 28 de Julio, la cual es la avenida principal de acceso al distrito que se conecta desde la Av. Panamericana Sur hasta la Plaza de armas del distrito de Grocio Prado – Chinchá.

Área de influencia de la investigación limita por el norte con la provincia de Cañete, por el sur con el distrito de Sunampe, por el este con el distrito de Pueblo Nuevo y por el oeste con el Océano Pacífico.

El área de influencia geográfica definida de la investigación comprende el sector del Cercado de Grocio Prado.

En la lámina se muestra el sector afectado por la investigación, que corresponde a un área de 10.53 Ha<sup>2</sup>.

La longitud de la Av. 28 de Julio es de 1,424.28m

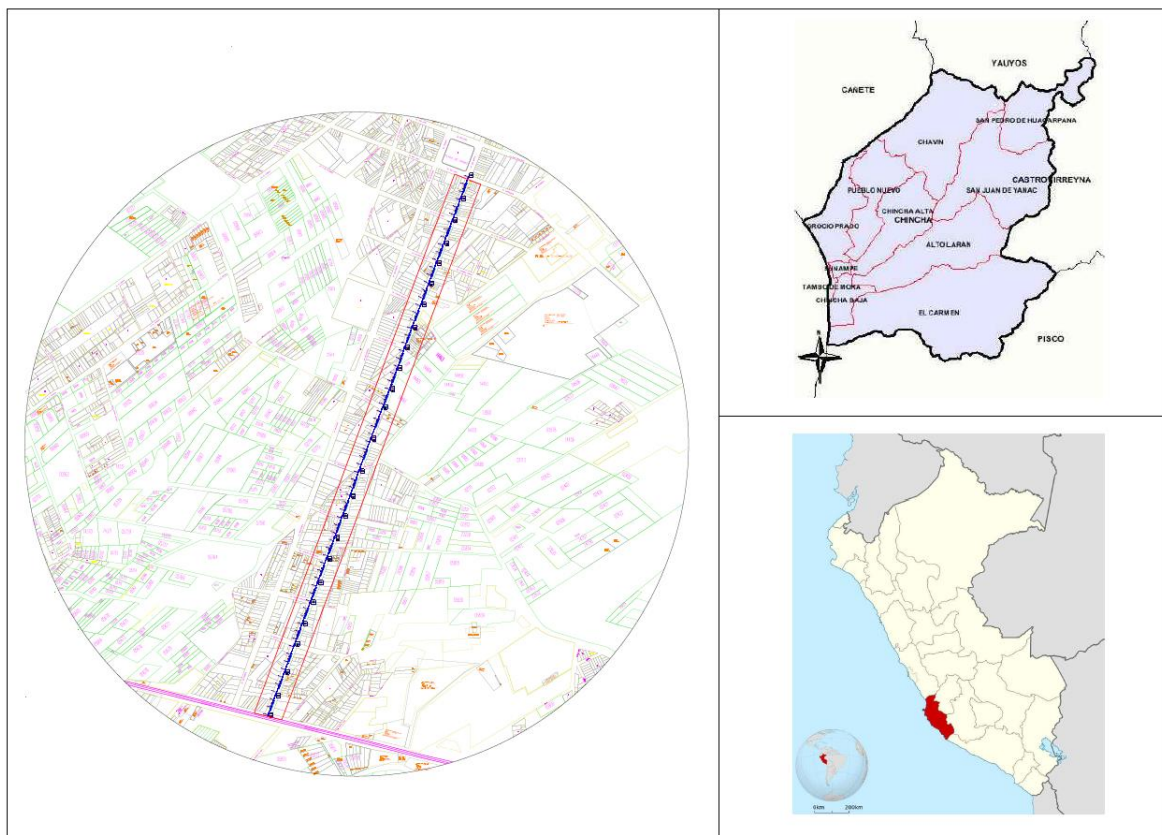


Figura 11: Plano de Ubicación del Área de influencia de la Investigación (Desagüe)

Fuente: Propia

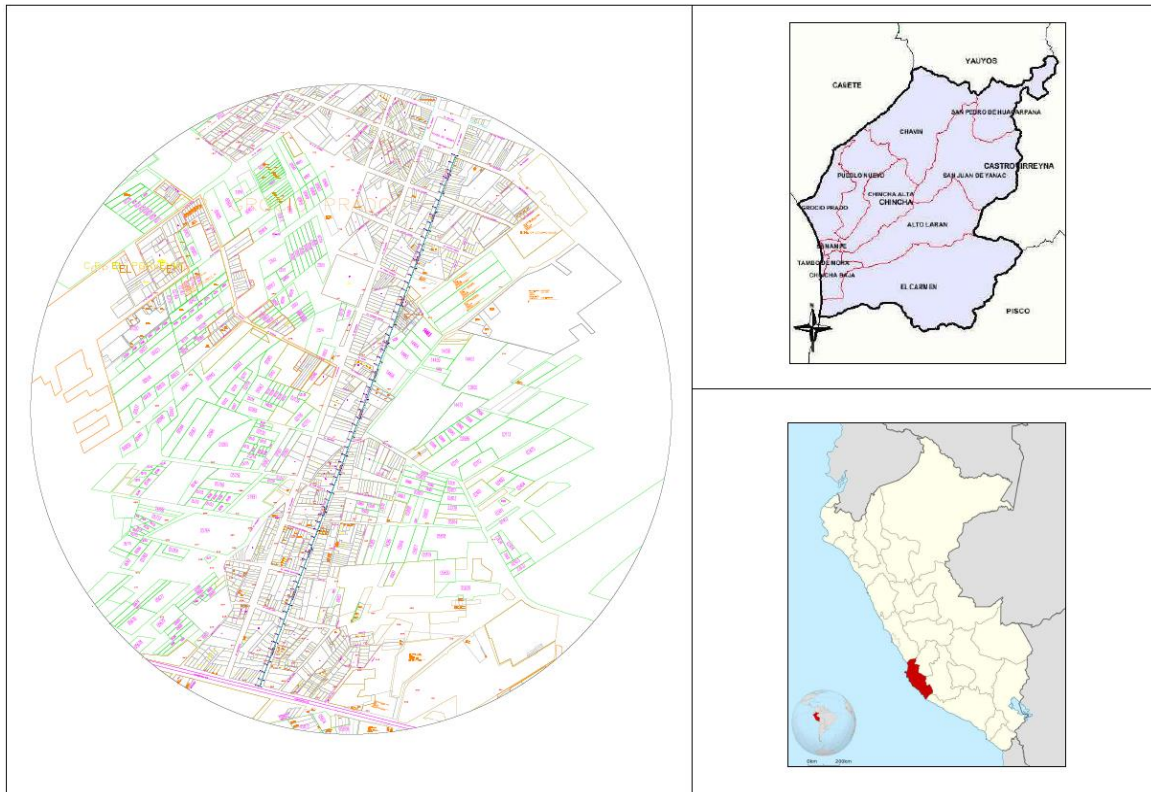


Figura 12: Plano de Ubicación del Área de influencia de la Investigación (Agua)

Fuente: Propia

## Procesos Constructivos del Método Cracking para Desagüe y Agua Potable

### Trabajos Previos

En esta etapa luego de haberse realizado a entrega del terreno a la contratista y bajo la aprobación de la supervisión se realiza en conjunto con el ingeniero residente y topógrafo la verificación de los planos para verificar las redes existentes como agua, gas, teléfono, electricidad.

### Seguridad y Salud en el Trabajo

El área encargada de planificar de manera correcta y optima es la de Seguridad y Salud en el trabajo bajo la dirección del Ingeniero de Seguridad, quien deberá realizar su plan de Trabajo diario para poder desarrollar las actividades de la manera más segura posible, ya que el método cracking se caracteriza por contar con maquinaria pesada y de potencia que se ser mal manipuladas pueden ocasionar accidentes, por ello deben de realizarse charlas diariamente antes de iniciar las labores de trabajo.



## Señalización de la Zona de Trabajo

Los encargados de esta labor son ingenieros especialistas los cuales se basan en la experiencia con la cuentan para poder gestionar y planificar los desvíos y señalizaciones a fin de evitar accidentes o incidentes que conlleven a un retraso o suspensión de la obra. Para la señalización el ingeniero de seguridad es el encargado de velar por el cumplimiento del enmallado, señalizado y colocación de puentes de paso peatonal en los puntos previamente planificados.



Figura 13: Señalización en zona de Trabajo

Fuente: Propia

### **Trazo y replanteo inicial de la Obra**

Se desarrollará conjuntamente con el topógrafo para corroborar si los planos coinciden con la ruta y dirección en campo por donde se realizarán los trabajos ya que de ello depende la correcta ejecución de los trabajos siguientes. Cabe indicar que para el método cracking se dejara marcado las ubicaciones de las ventanas.



Figura 14: Trazo y replanteo durante la Obra (Método Tradicional)

Fuente: Propia

### **Limpieza inicial del tramo a Ejecutar**

En esta etapa se realiza previo al crackeo de las tuberías, ya que dicho tramo debe de encontrarse limpio, para esto se utilizan cámaras dirigidas por control remoto para inspeccionar, así como también para tomar datos como la pendiente, estado real de la tubería y de haber empalmes o dados de concreto que dificulten la correcta ejecución del proceso.

En el caso de obras de agua potable no requiere inspección por cámara dirigida a control remoto.

### **Taponeo de las redes de alcantarillado**

Para la intervención en redes de alcantarillado se realizan los taponeos en buzones aguas arriba, así como también los desvíos correspondientes o by pass para que el flujo pueda continuar ya que se sabe que durante los trabajos las redes de alcantarillado continuarán en servicio.

En los buzones aguas arriba se instalan un sistema de bombeo para que se conecte al by pass y las redes continúen funcionando, también se coordina con la entidad para que informe a la población de los trabajos a realizarse ya que las acometidas también se ven afectadas.

### **Corte, retiro de pavimento, apertura y excavación de ventanas**

En esta etapa de ejecución se realizan los cortes de las ventanas de apertura y salida del cabezal, las dimensiones son variables ya que depende de las características de la maquinaria, aunque lo estándar es de ancho 1 a 1.5m y de largo de 3-5 m, para la profundidad si es determinada por la tubería existente a ser renovada, el proceso de apertura de las ventanas comienza con el corte del pavimento flexible o rígido. Luego, se realiza la demolición y eliminación del material. Cabe indicar que la ubicación de las ventanas de ingreso y salida son determinadas por la empresa ejecutora, ya que se suelen utilizar los buzones como ventanas de entrada y salida respectivamente, pero esto depende del diámetro de las tuberías.

En agua potable, las ventanas pueden coincidir con las válvulas de control, y de no ser el caso, se debe de considerar el corte y taponeo de las válvulas aguas arriba para que no ocurran fugas durante la ejecución de los trabajos.





Figura 15: Apertura de Ventanas (Método Cracking)

Fuente: Godoy Garnica

### **Termino fusión de Tuberías de HDPE**

Una de las diferencias que resaltan del cracking respecto al método tradicional es que las tuberías de HDPE son termo fusionadas previamente a su colocación, obteniendo así mayor resistencia e impermeabilidad en las juntas, claro está que para lograrlo el proceso de termo fusión o soldadura de tuberías debe de realizarse de la manera correcta. Para lograrlo las tuberías tienen que ser del mismo diámetro, ambas se colocan en la máquina, ser alineadas de manera horizontal una seguida de la otra y ser sujetadas por abrazaderas de acero, las tuberías deben de pasar por una previa inspección y limpieza y desgaste en los extremos para lograr la mayor alineación posible.

Siguiendo el proceso, se procede a dar inicio a la termo fusión colocando la placa calentadora y presionando levemente los extremos de las tuberías a temperaturas de 260 °C. cabe indicar que la plancha calentadora es eléctrica y la se controla por un termostato para lograr y mantener una temperatura constante en la junta. Luego de soldar, se procede a retirar la placa calentadora y retirar las abrazaderas. Se debe de esperar un tiempo prudencial para que se enfríen la placa y las abrazaderas.

Las tuberías de HDPE que se utilizan deben de cumplir lo establecido en la norma ISO 8772-2009, para profundidades menores a los 3m se utiliza la serie SDR 33-S16, del mismo modo, para profundidades mayores a 3m se utilizan tuberías de la serie SDR 26-S12.5.



Figura 16: Proceso de Termofusión de Tuberías

Fuente: Godoy Garnica

### **Colocación del Cabezal**

Para garantizar una correcta ejecución del método cracking, se debe de fijar correctamente la tubería de HDPE previamente termo fusionada al cabezal de rotura, para asegurar que la tubería y el cabezal permanezcan fijados se perfora un extremo de la tubería y se colocan pernos; cabe indicar que aun con estas consideraciones no se garantiza que la tubería se salga del cabezal durante la fragmentación.



Figura 17: Colocación de Cabezal

Fuente: Godoy Garnica

### **Fragmentación**

Para el proceso de fragmentación existen múltiples fragmentadoras, pero se tomará como referencia la maquinaria GRUNDOCRACK, el cual, debe estar correctamente instalado y alineado con la tubería a renovar, debe de estar fijo para que la fuerza que se aplique no mueva el equipo, también se coloca una plancha de metálica a la salida el cual servirá como tope y así no ocurra desplazamiento de la maquinaria. Luego de la instalación se procede a colocar el cable de acero guiado que recorrerá la tubería existente hasta la ventana de salida impulsada por aire comprimido. Este proceso debe de ser ejecutado por personal altamente calificado, ya que al menor desvió el cabezal se puede salir de eje de la tubería existente y ocasionar defectos en las pendientes y dirección de la tubería renovada.



Figura 18: Proceso de ejecución GrundoCrack

Fuente: Catalogo Tracto-Tecnik



Para agua potable se tomará como referencia la maquinaria GRUNDOBURST 400G para diámetros de DN50 hasta DN 250, si bien el procedimiento es similar, en este proceso se pasan las varillas de acero por la tubería existente y una vez llegado al extremo se engancha al cabezal y se procede a realizar el proceso de fragmentación, a medida que la nueva tubería va ingresando por la ventana de ingreso del otro lado se van retirando las barras conforme avanza el proceso hasta que el cabezal llegue a la ventana de salida.



Figura 19: Grundo Burst G400

Fuente: Catalogo Tracto-tecnik



Figura 20: Partes del Grundo Burst G400

Fuente: Catalogo Tracto - Teknik

## **Relleno, compactado y reposición de pavimentos**

Una vez culminado el proceso de renovación de tuberías mediante el método cracking, se colocan los dados de anclaje y de haber sido el caso que se utilizaron algunos de los buzones como ventanas de ingreso y salida, reparar los daños de haberse ocasionado. Luego se procede a rellenar y compactar las ventanas de ingreso y salida, el equipo requerido para este proceso es un botcad y un canguro compactador, el proceso es como en el sistema tradicional, colocar capas cada 20cm, luego realizar la prueba de densidad el cual debe de estar en un rango entre 95% y 100% o según se requiera en las ET.

La reposición de pavimentos puede ser rígido, flexible o mixto según sea el caso, en el caso de un pavimento rígido como mínimo un concreto f'c 175 kg/cm<sup>2</sup>. También se deben de considera las bruñas y juntas de dilatación. El pavimento flexible debe de ser compactado de tal forma que se mantenga la uniformidad y estética de la calzada.



Figura 21: Relleno y compactado (Método Tradicional)

Fuente: Propia

## Mano de Obra

La mano de obra para realizar estos trabajos debe de ser altamente calificada para así poder obtener mayores rendimientos por día y como consecuencia menor tiempo de ejecución. Lo recomendable es que los capataces y operarios encargados del manejo de la maquinaria de crackeo o fragmentación tengan una experiencia no menor a 5 años en obras a fin, para oficiales y peones experiencia no menor a 2 años. Siendo así un método donde la experiencia y conocimiento del proceso constructivo es de vital importancia.

Los rendimientos para instalación de tuberías de agua potable y alcantarillado por el método tradicional son de 120-140 ml/d, por otro lado, por el método cracking trabajan con rendimientos que van desde los 150ml/día

## Movimientos de tierra

A continuación, se presentará un comparativo entre el método tradicional y el método cracking respecto al beneficio que representa realizar los trabajos con el método propuesto ya que se refleja la diferencia en volumen y porcentaje la diferencia en movimiento de tierra, eliminación de material y material para cama de apoyo. Cabe indicar que el terreno en la Av. 28 de Julio es un terreno arenoso – arcilloso.

Diámetro nominal de la Tubería (mm)	Diámetro nominal de la tubería en Pulgadas	Ancho de Zanja en cm
100	4	65
150	6	70
200	8	70
250	10	75
300	12	80
350	14	85
400	16	90
450	18	100
500	20	11
600	24	120
750	30	145
900	36	170

Figura 22: Anchos de excavación de zanjas según diámetro de tuberías

Fuente: Propia

## Renovación de Red de Desagüe

### Método Tradicional

Tabla 05: Metrado de Buzones Red de Alcantarillado Av. 28 de Julio

METRADO DE BUZONES			
NOMBRE	DIAMETRO	ALTURA (m)	COORDENADAS
Bz 1	1.20	1.20 m	8518820.088 - 375050.114
Bz 2	1.20	1.20 m	8518767.116 - 375030.820
Bz 4	1.20	1.20 m	8518713.459 - 375010.884
Bz 6	1.20	1.20 m	8518660.226 - 374990.525
Bz 8	1.20	1.20 m	8518609.071 - 374971.102
Bz 10	1.20	1.20 m	8518550.662 - 374951.024
Bz 12	1.20	1.20 m	8518504.291 - 374932.393
Bz 14	1.20	1.20 m	8518449.352 - 374910.718
Bz 16	1.20	1.20 m	8518398.597 - 374892.246
Bz 18	1.20	1.20 m	8518345.674 - 374873.902
Bz 20	1.20	1.20 m	8518293.505 - 374854.202
Bz 22	1.20	1.20 m	8518250.069 - 374837.609
Bz 24	1.20	1.20 m	8518173.936 - 374808.946
Bz 26	1.20	1.20 m	8518092.712 - 374778.977
Bz 28	1.20	1.20 m	8518031.360 - 374757.338
Bz 30	1.20	1.20 m	8517981.365 - 374737.681
Bz 32	1.20	1.20 m	8517928.507 - 374718.940
Bz 34	1.20	1.20 m	8517875.702 - 374698.532
Bz 36	1.20	1.20 m	8517817.986 - 374677.055
Bz 38	1.20	1.20 m	8517768.203 - 374658.650
Bz 40	1.20	1.20 m	8517714.956 - 374638.259
Bz 42	1.20	1.20 m	8517664.717 - 374619.772
Bz 44	1.20	1.20 m	8517594.536 - 374594.493
Bz 46	1.20	1.20 m	8517538.048 - 374572.591
Bz 48	1.20	1.20 m	8517489.241 - 374554.281

Fuente: Propia

### Perfil Longitudinal Desagüe Av. 28 de Julio

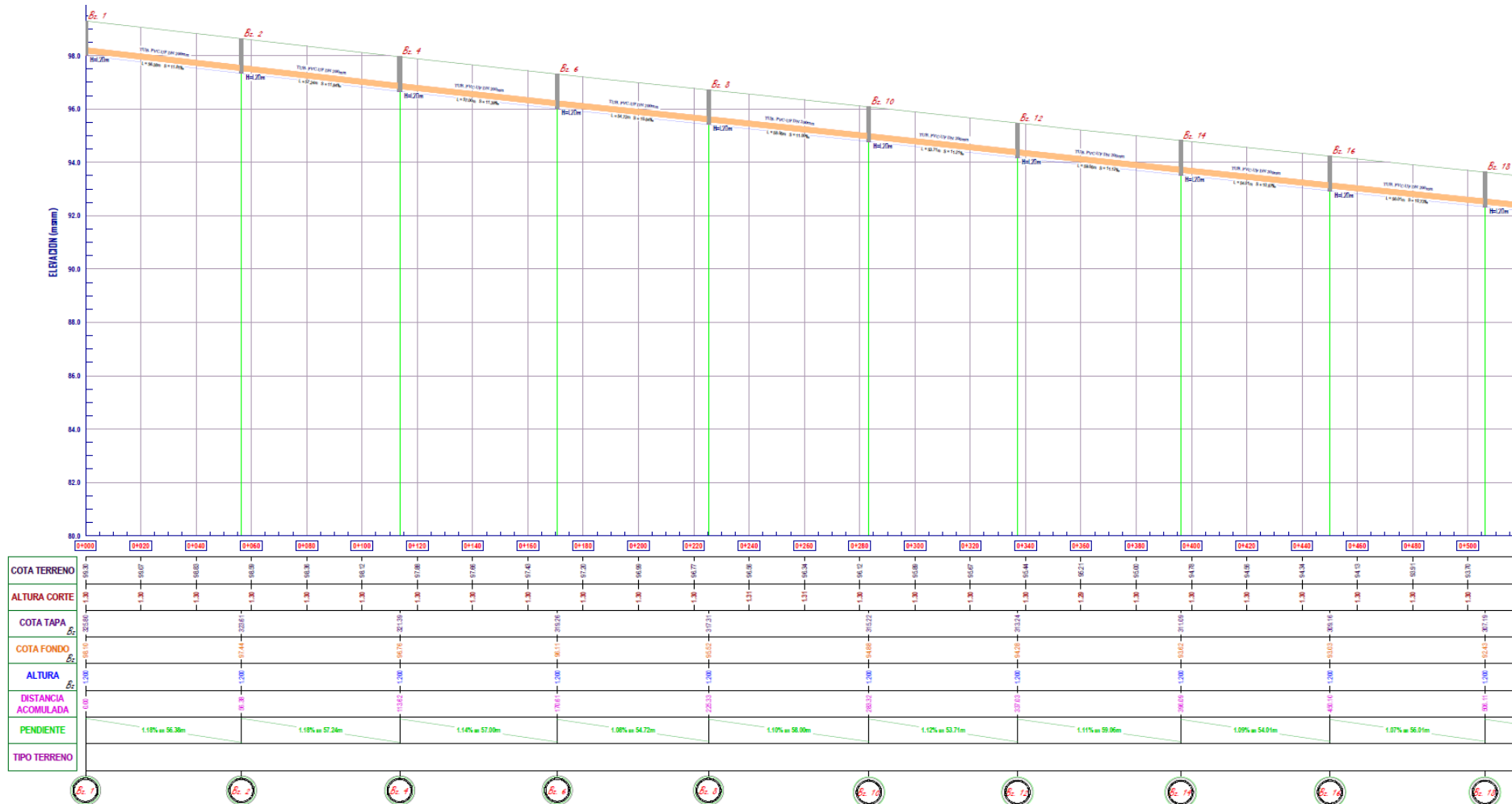


Figura 23: Perfil Longitudinal Red de Desagüe Av. 28 de Julio (Desde Progresiva 0+0.00 hasta 0+500)

Fuente: Propia

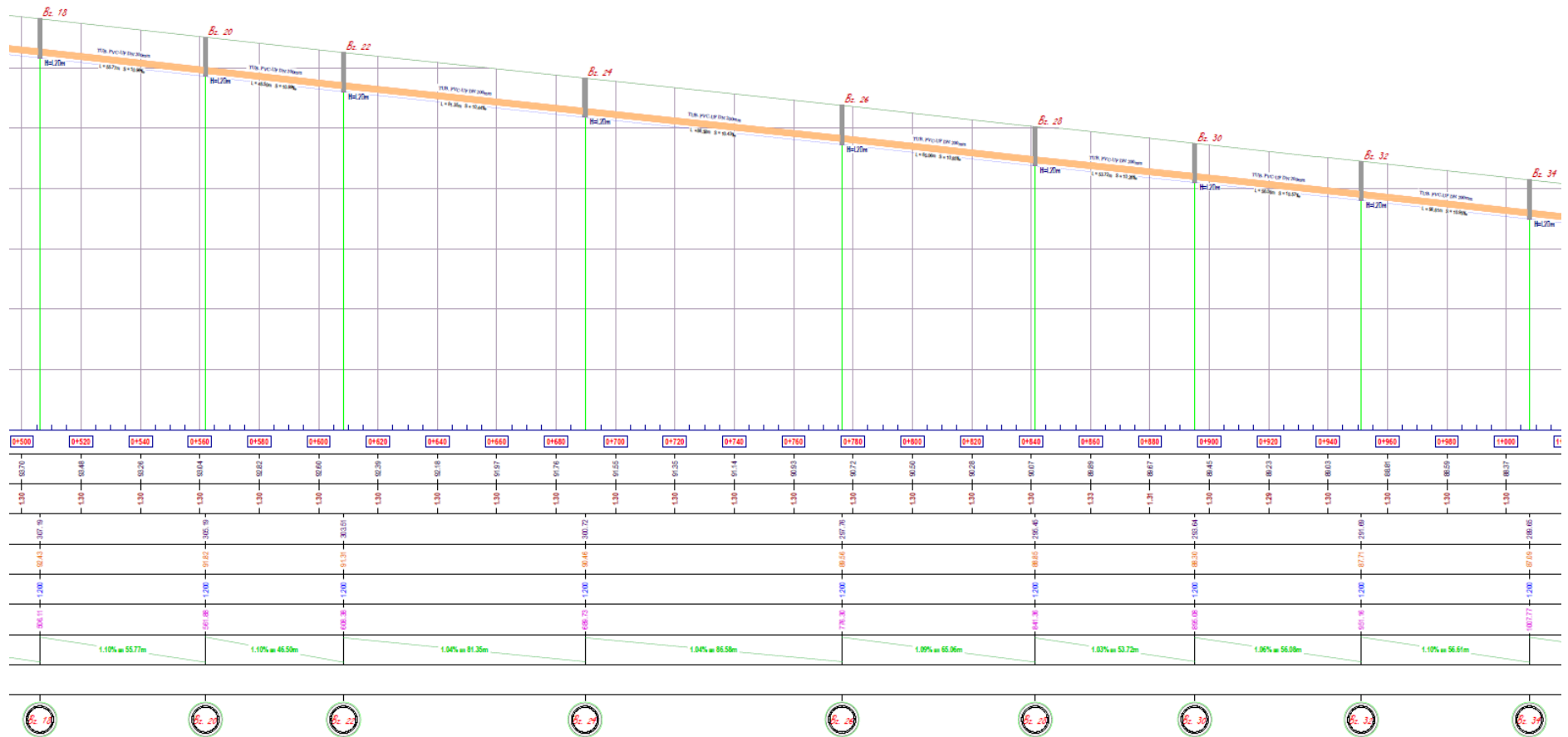


Figura 24: Perfil Longitudinal Red de Desague Av. 28 de Julio (Desde Progresiva 0+500 hasta 1+000)

Fuente: Propia

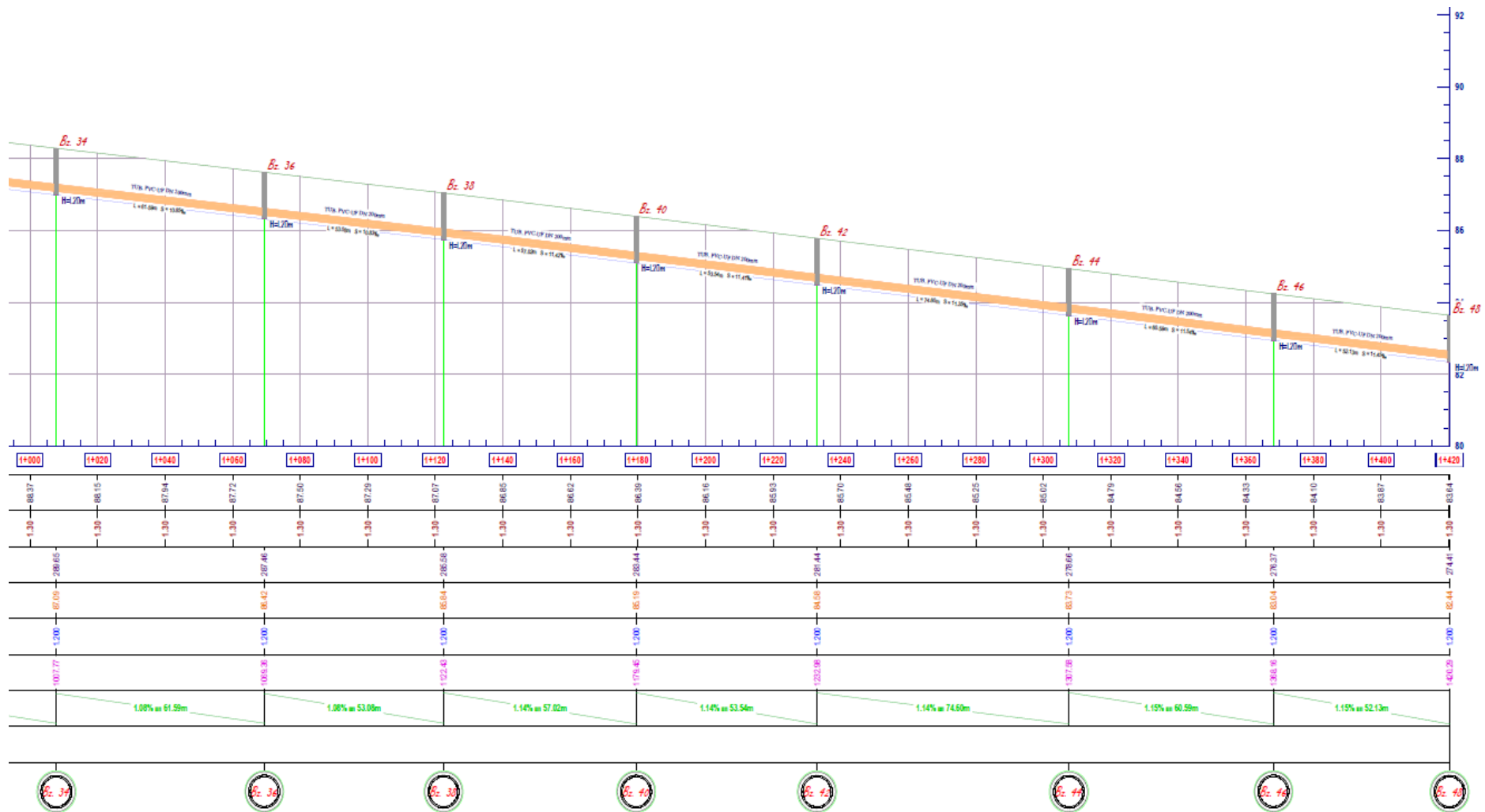


Figura 25: Perfil Longitudinal Red de Desague Av. 28 de Julio (Desde Progresiva 1+000 hasta 1+420)

Fuente: Propia



## Metrado de Movimiento de Tierra de la Red de Desagüe Av. 28 de Julio



Figura 26: Movimiento de Tierra realizada por el método tradicional

Fuente: Propia

Tabla 06: Metrados de Movimiento de tierra Red de Desagüe

CUADRO DE METRADOS				
PROGR.	AREA DE CORTE (m2)	VOLUMEN DE CORTE (m3)	VOLUMEN ACUMULADO (m3)	VOLUMEN TOTAL (m3)
0+000	0.90	0.00	0.00	0.00
0+020	0.90	18.00	18.00	18.00
0+040	0.90	18.00	36.00	36.00
0+060	0.90	18.00	54.00	54.00
0+080	0.90	18.00	72.00	72.00
0+100	0.90	18.00	90.00	90.00
0+120	0.90	18.00	108.00	108.00



0+140	0.90	18.00	126.00	126.00
0+160	0.90	18.00	144.00	144.00
0+180	0.90	18.00	162.00	162.00
0+200	0.90	18.00	180.00	180.00
0+220	0.90	18.00	198.00	198.00
0+240	0.90	18.00	216.00	216.00
0+260	0.90	18.00	234.00	234.00
0+280	0.90	18.00	252.00	252.00
0+300	0.90	18.00	270.00	270.00
0+320	0.90	18.00	288.00	288.00
0+340	0.90	18.00	306.00	306.00
0+360	0.90	18.00	324.00	324.00
0+380	0.90	18.00	342.00	342.00
0+400	0.90	18.00	360.00	360.00
0+420	0.90	18.00	378.00	378.00
0+440	0.90	18.00	396.00	396.00
0+460	0.90	18.00	414.00	414.00
0+480	0.90	18.00	432.00	432.00
0+500	0.90	18.00	450.00	450.00
0+520	0.90	18.00	468.00	468.00
0+540	0.90	18.00	486.00	486.00
0+560	0.90	18.00	504.00	504.00
0+580	0.90	18.00	522.00	522.00
0+600	0.90	18.00	540.00	540.00
0+620	0.90	18.00	558.00	558.00
0+640	0.90	18.00	576.00	576.00
0+660	0.90	18.00	594.00	594.00
0+680	0.90	18.00	612.00	612.00
0+700	0.90	18.00	630.00	630.00
0+720	0.90	18.00	648.00	648.00
0+740	0.90	18.00	666.00	666.00
0+760	0.90	18.00	684.00	684.00
0+780	0.90	18.00	702.00	702.00

0+800	0.90	18.00	720.00	720.00
0+820	0.90	18.00	738.00	738.00
0+840	0.90	18.00	756.00	756.00
0+860	0.90	18.00	774.00	774.00
0+880	0.90	18.00	792.00	792.00
0+900	0.90	18.00	810.00	810.00
0+920	0.90	18.00	828.00	828.00
0+940	0.90	18.00	846.00	846.00
0+960	0.90	18.00	864.00	864.00
0+980	0.90	18.00	882.00	882.00
1+000	0.90	18.00	900.00	900.00
1+020	0.90	18.00	918.00	918.00
1+040	0.90	18.00	936.00	936.00
1+060	0.90	18.00	954.00	954.00
1+080	0.90	18.00	972.00	972.00
1+100	0.90	18.00	990.00	990.00
1+120	0.90	18.00	1008.00	1008.00
1+140	0.90	18.00	1026.00	1026.00
1+160	0.90	18.00	1044.00	1044.00
1+180	0.90	18.00	1062.00	1062.00
1+200	0.90	18.00	1080.00	1080.00
1+220	0.90	18.00	1098.00	1098.00
1+240	0.90	18.00	1116.00	1116.00
1+260	0.90	18.00	1134.00	1134.00
1+280	0.90	18.00	1152.00	1152.00
1+300	0.90	18.00	1170.00	1170.00
1+320	0.90	18.00	1188.00	1188.00
1+340	0.90	18.00	1206.00	1206.00
1+360	0.90	18.00	1224.00	1224.00
1+380	0.90	18.00	1242.00	1242.00
1+400	0.90	18.00	1260.00	1260.00
1+420	0.90	18.00	1278.00	1278.00

Fuente: Propia

## Método Cracking

### Metrado de Movimiento de Tierra de la Red de Desagüe Av. 28 de Julio

Para este método se propone utilizar los buzones como referencia para situar las ventanas de entrada y salida. Luego de analizar el plano de la red de desagüe, se decide que solo se va a aperturar ventana para los ingresos, ya que los buzones serán tomados como ventanas de salida. (Ver fig. 19)

Tabla 07: Metrado de Movimientos de Tierra en Ventanas de ingreso y salida.

METRADO DE VENTANAS					
PROG.	VENTANA DE ENTRADA	AREA DE CORTE (m2)	VOLUMEN DE CORTE (m3)	VOLUMEN ACUMULADO (m3)	VOLUMEN TOTAL (m3)
0+0.00	V-01	9.00	12.60	12.60	12.60
0+056	V-02	9.00	12.60	25.20	25.20
0+113	V-03	9.00	12.60	37.80	37.80
0+170	V-04	9.00	12.60	50.40	50.40
0+225	V-05	9.00	12.60	63.00	63.00
0+283	V-06	9.00	12.60	75.60	75.60
0+337	V-07	9.00	12.60	88.20	88.20
0+396	V-08	9.00	12.60	100.80	100.80
0+450	V-09	9.00	12.60	113.40	113.40
0+506	V-10	9.00	12.60	126.00	126.00
0+561	V-11	9.00	12.60	138.60	138.60
0+608	V-12	9.00	12.60	151.20	151.20
0+689	V-13	9.00	12.60	163.80	163.80
0+776	V-14	9.00	12.60	176.40	176.40
0+841	V-15	9.00	12.60	189.00	189.00
0+895	V-16	9.00	12.60	201.60	201.60
0+951	V-17	9.00	12.60	214.20	214.20
1+007	V-18	9.00	12.60	226.80	226.80
1+069	V-19	9.00	12.60	239.40	239.40

1+122	V-20	9.00	12.60	252.00	252.00
1+179	V-21	9.00	12.60	264.60	264.60
1+232	V-22	9.00	12.60	277.20	277.20
1+307	V-23	9.00	12.60	289.80	289.80
1+368	V-24	9.00	12.60	302.40	302.40
1+420	V-25	9.00	12.60	315.00	315.00

Fuente: Propia

Tabla 08: Comparativo del método cracking vs el método tradicional para desagüe

	COMPARATIVO ENTRE AMBOS MÉTODOS	
	METODO CRACKING	METODO TRADICIONAL
CORTE DE PAVIMENTO (m2)	225.00	1136
MOVIMIENTO DE TIERRA (m3)	315.00	1278.00

Fuente: Propia

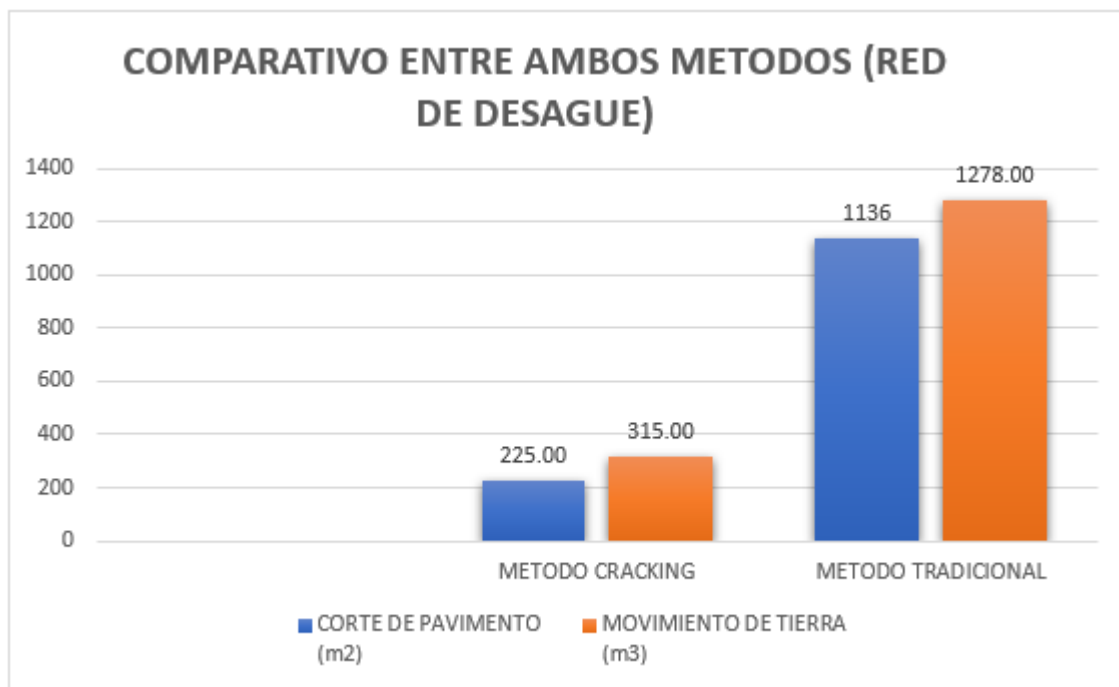


Figura 27: Comparativo Método Cracking vs Método Tradicional-Red de Desagüe

Fuente: Propia

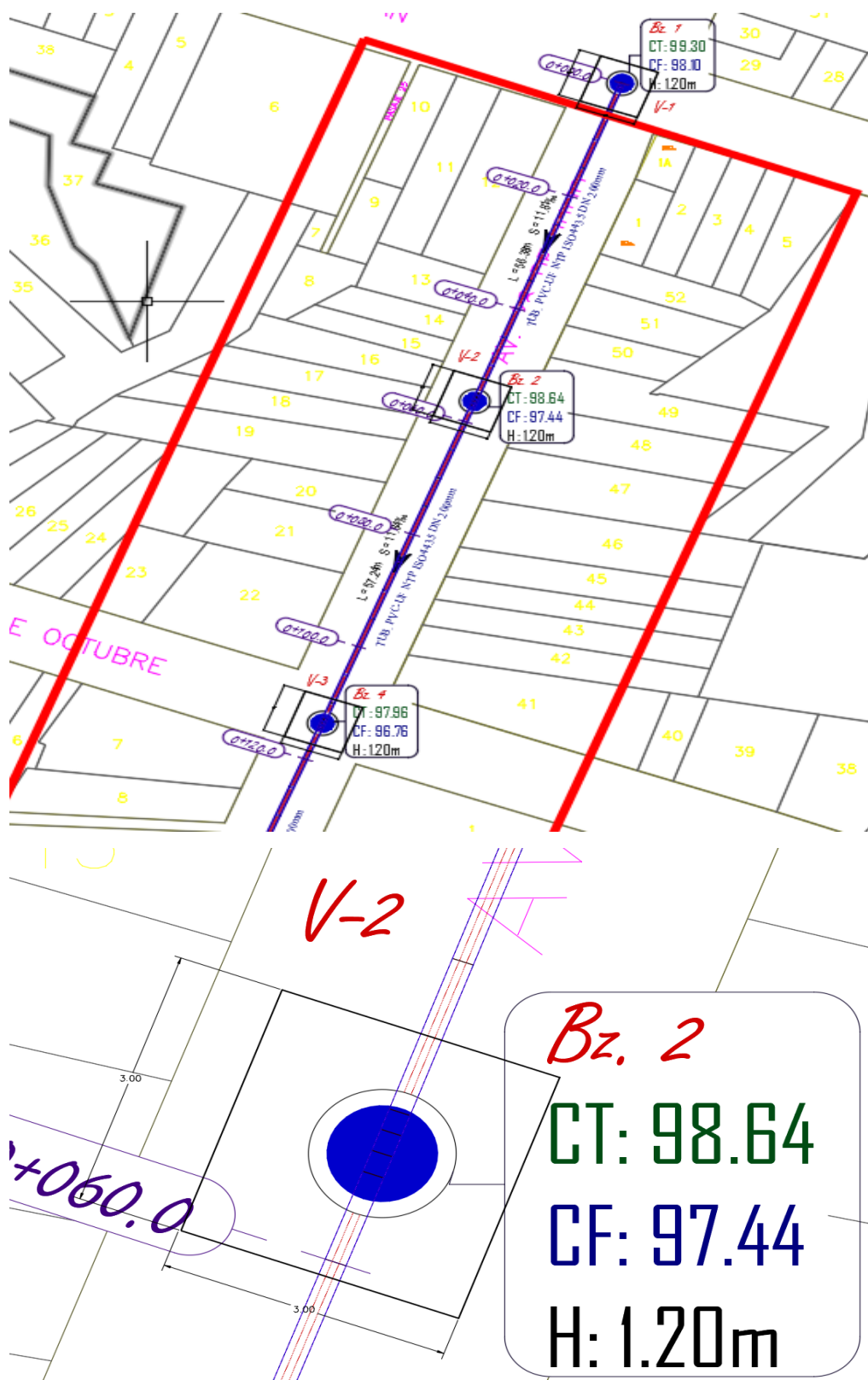


Figura 28: Ubicación de las ventanas de ingreso del cabezal

Fuente: Propia

## 4.4.2 Renovación de Red de Agua Potable

### Método Tradicional

#### Perfil Longitudinal Agua Potable Av. 28 de Julio

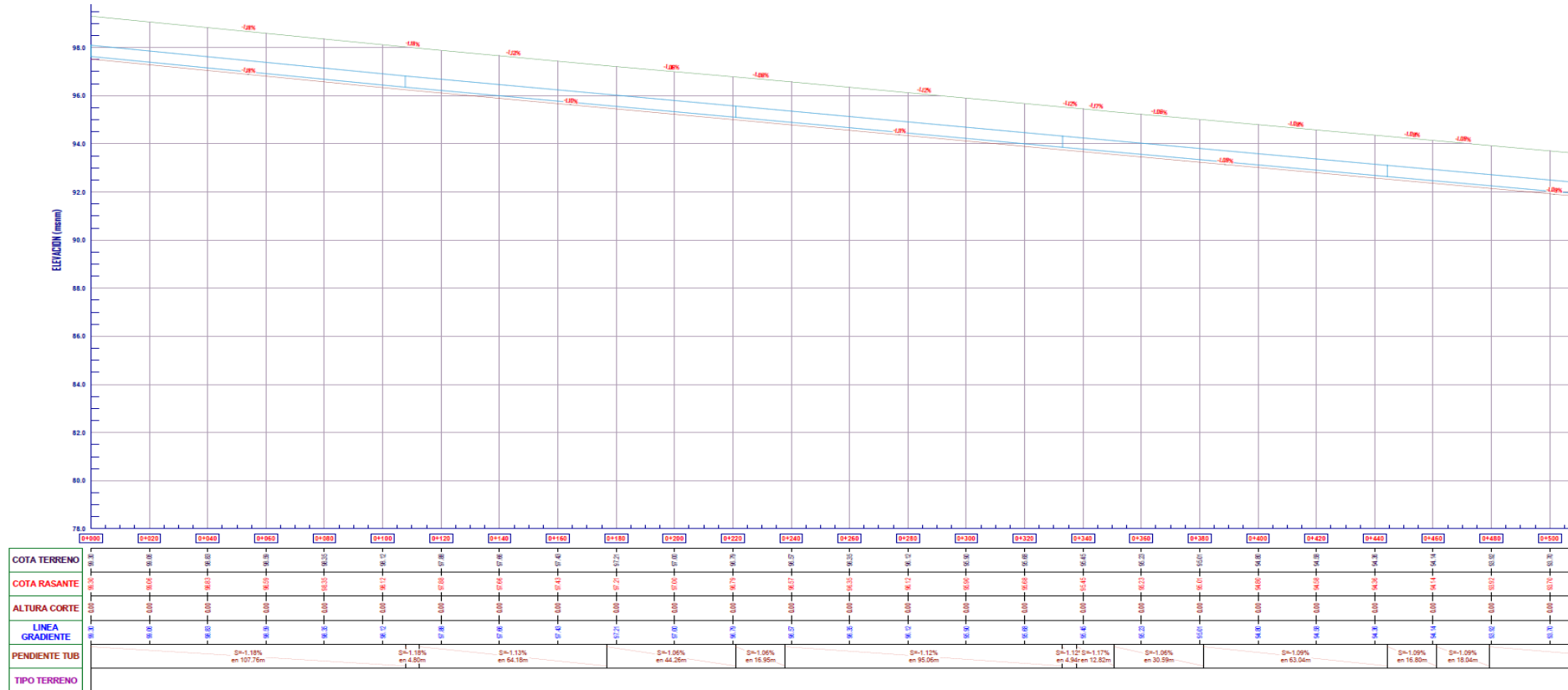


Figura 29: Perfil Longitudinal Red de Agua Potable Av. 28 de Julio (Desde Progresiva 0+0.00 hasta 0+500)

Fuente: Propia

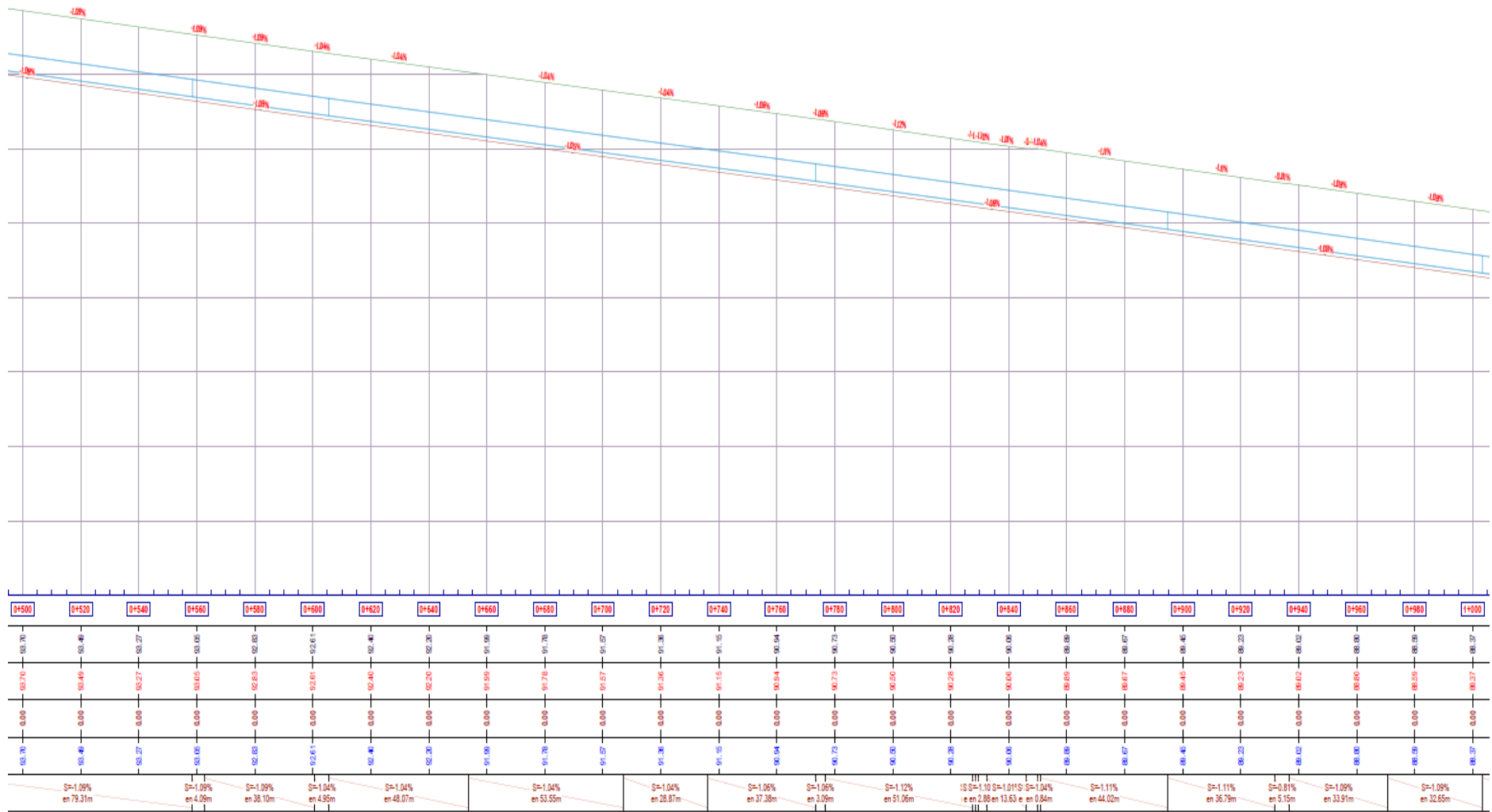


Figura 30: Perfil Longitudinal Red de Agua Potable Av. 28 de Julio (Desde Progresiva 0+501 hasta 1+000)

Fuente: Propia

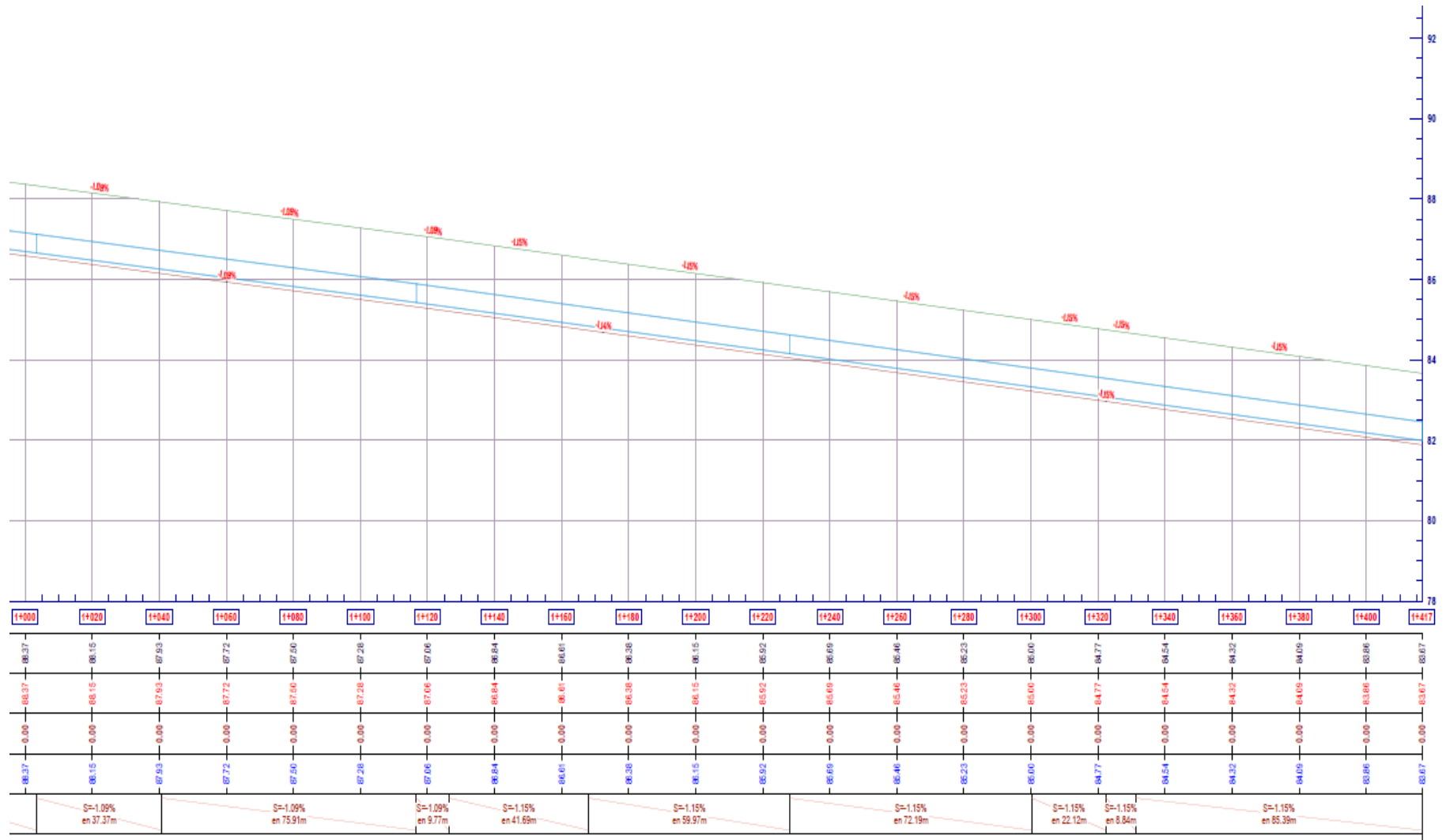


Figura 31: Perfil Longitudinal Red de Agua Potable Av. 28 de Julio (Desde Progresiva 1+001 hasta 1+417)

Fuente: Propia



**Metrado de Movimiento de la Red de Agua Potable Av. 28 de Julio (Método Tradicional)**

Tabla 09: Tabla de Metrados de Movimiento de tierra

CUADRO DE METRADOS				
PROGR.	AREA DE CORTE (m2)	VOLUMEN DE CORTE (m3)	VOLUMEN ACUMULADO (m3)	VOLUMEN TOTAL (m3)
0+000	0.45	0.00	0.00	0.00
0+020	0.45	9.00	9.00	9.00
0+040	0.45	9.00	18.00	18.00
0+060	0.45	9.00	27.00	27.00
0+080	0.45	9.00	36.00	36.00
0+100	0.45	9.00	45.00	45.00
0+120	0.45	9.00	54.00	54.00
0+140	0.45	9.00	63.00	63.00
0+160	0.45	9.00	72.00	72.00
0+180	0.45	9.00	81.00	81.00
0+200	0.45	9.00	90.00	90.00
0+220	0.45	9.00	99.00	99.00
0+240	0.45	9.00	108.00	108.00
0+260	0.45	9.00	117.00	117.00
0+280	0.45	9.00	126.00	126.00
0+300	0.45	9.00	135.00	135.00
0+320	0.45	9.00	144.00	144.00
0+340	0.45	9.00	153.00	153.00
0+360	0.45	9.00	162.00	162.00
0+380	0.45	9.00	171.00	171.00
0+400	0.45	9.00	180.00	180.00
0+420	0.45	9.00	189.00	189.00
0+440	0.45	9.00	198.00	198.00
0+460	0.45	9.00	207.00	207.00
0+480	0.45	9.00	216.00	216.00

0+500	0.45	9.00	225.00	225.00
0+520	0.45	9.00	234.00	234.00
0+540	0.45	9.00	243.00	243.00
0+560	0.45	9.00	252.00	252.00
0+580	0.45	9.00	261.00	261.00
0+600	0.45	9.00	270.00	270.00
0+620	0.45	9.00	279.00	279.00
0+640	0.45	9.00	288.00	288.00
0+660	0.45	9.00	297.00	297.00
0+680	0.45	9.00	306.00	306.00
0+700	0.45	9.00	315.00	315.00
0+720	0.45	9.00	324.00	324.00
0+740	0.45	9.00	333.00	333.00
0+760	0.45	9.00	342.00	342.00
0+780	0.45	9.00	351.00	351.00
0+800	0.45	9.00	360.00	360.00
0+820	0.45	9.00	369.00	369.00
0+840	0.45	9.00	378.00	378.00
0+860	0.45	9.00	387.00	387.00
0+880	0.45	9.00	396.00	396.00
0+900	0.45	9.00	405.00	405.00
0+920	0.45	9.00	414.00	414.00
0+940	0.45	9.00	423.00	423.00
0+960	0.45	9.00	432.00	432.00
0+980	0.45	9.00	441.00	441.00
1+000	0.45	9.00	450.00	450.00
1+020	0.45	9.00	459.00	459.00
1+040	0.45	9.00	468.00	468.00
1+060	0.45	9.00	477.00	477.00
1+080	0.45	9.00	486.00	486.00
1+100	0.45	9.00	495.00	495.00
1+120	0.45	9.00	504.00	504.00
1+140	0.45	9.00	513.00	513.00

1+160	0.45	9.00	522.00	522.00
1+180	0.45	9.00	531.00	531.00
1+200	0.45	9.00	540.00	540.00
1+220	0.45	9.00	549.00	549.00
1+240	0.45	9.00	558.00	558.00
1+260	0.45	9.00	567.00	567.00
1+280	0.45	9.00	576.00	576.00
1+300	0.45	9.00	585.00	585.00
1+320	0.45	9.00	594.00	594.00
1+340	0.45	9.00	603.00	603.00
1+360	0.45	9.00	612.00	612.00
1+380	0.45	9.00	621.00	621.00
1+400	0.45	9.00	630.00	630.00
1+417	0.45	9.00	639.00	639.00

Fuente: Propia

### Método Cracking

#### Metrado de Movimiento de Tierra de la Red de Agua Potable Av. 28 de Julio

Para la red de Agua Potable por este método se propone aperturar ventanas en las válvulas de control, en el caso de que el tramo entre válvulas exceda los 100m, se tendrá que aperturar una ventana adicional en L/2

Tabla 10: Metrado de Movimientos de Tierra en Ventanas de ingreso y salida.

METRADO DE VENTANAS					
PROG.	VENTANA DE ENTRADA	AREA DE CORTE (m2)	VOLUMEN DE CORTE (m3)	VOLUMEN ACUMULADO (m3)	VOLUMEN TOTAL (m3)
0+0.00	V-01	4.50	3.60	3.60	3.60
0+050	V-02	4.50	3.60	7.20	7.20
0+105	V-03	4.50	3.60	10.80	10.80
0+160	V-04	4.50	3.60	14.40	14.40
0+225	V-05	4.50	3.60	18.00	18.00

0+340	V-06	4.50	3.60	21.60	21.60
0+395	V-07	4.50	3.60	25.20	25.20
0+455	V-08	4.50	3.60	28.80	28.80
0+510	V-09	4.50	3.60	32.40	32.40
0+565	V-10	4.50	3.60	36.00	36.00
0+615	V-11	4.50	3.60	39.60	39.60
0+670	V-12	4.50	3.60	43.20	43.20
0+725	V-13	4.50	3.60	46.80	46.80
0+775	V-14	4.50	3.60	50.40	50.40
0+835	V-15	4.50	3.60	54.00	54.00
0+895	V-16	4.50	3.60	57.60	57.60
0+955	V-17	4.50	3.60	61.20	61.20
1+015	V-18	4.50	3.60	64.80	64.80
1+070	V-19	4.50	3.60	68.40	68.40
1+125	V-20	4.50	3.60	72.00	72.00
1+180	V-21	4.50	3.60	75.60	75.60
1+235	V-22	4.50	3.60	79.20	79.20
1+295	V-23	4.50	3.60	82.80	82.80
1+355	V-24	4.50	3.60	86.40	86.40
1+417	V-25	4.50	3.60	90.00	90.00

Fuente: Propia

Tabla 11: Comparativo del método cracking vs el método tradicional para Agua

	COMPARATIVO ENTRE AMBOS MÉTODOS	
	METODO CRACKING	METODO TRADICIONAL
CORTE DE PAVIMENTO (m2)	112.50	850.2
MOVIMIENTO DE TIERRA (m3)	90.00	639.00

Fuente: Propia

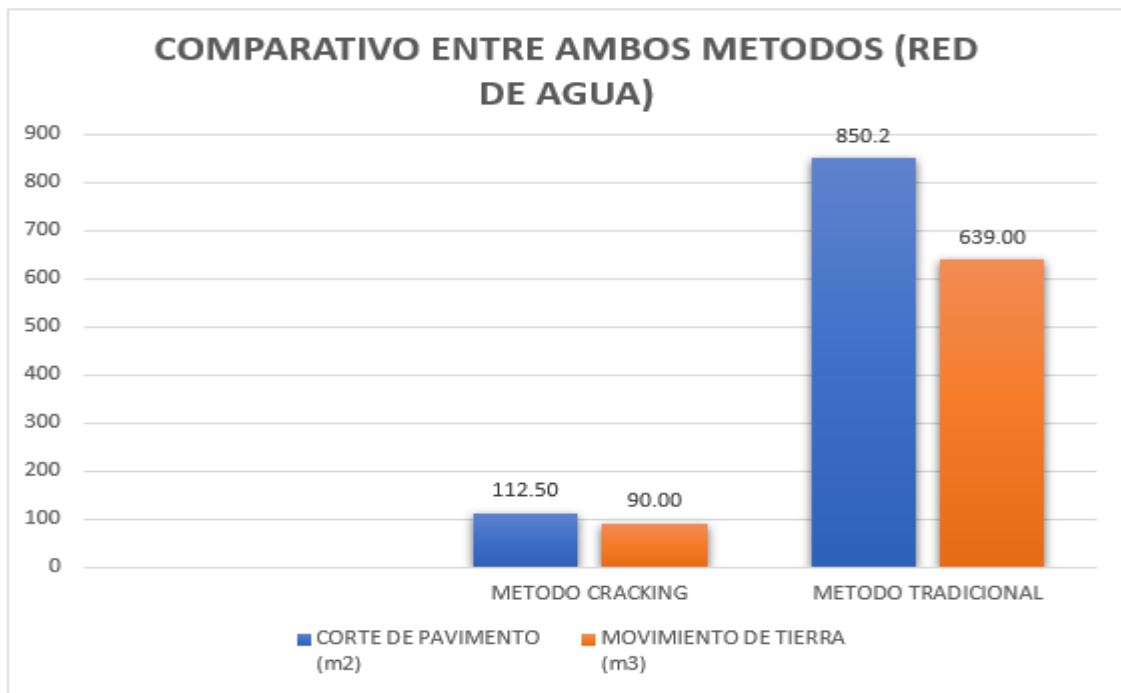


Figura 32: Comparativo Método Cracking vs Método Tradicional Red de Agua

Fuente Propia

#### 4.5 Tipos de Tubería

El material de tubería propuesto en la investigación es el HDPE, el cual es uno de los más indicados ya que, al ofrecer mayor resistencia y durabilidad, su tiempo de servicio es de 50 años aproximadamente y al proponer un método innovador, también se está proponiendo reemplazar las redes de agua potable y alcantarillado por tuberías de HDPE.

##### Red de Desagüe

##### Método Tradicional

Tubería PVC-UF-S20 DN 200mm

##### Método Cracking

Tubería HDPE serie SDR 33-S16 DN 200mm

Tabla 12: Metrado de Tuberías de Desagüe Av. 28 de Julio

METRADO DE TUBERIAS			
NOMBRE	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PENDIENTE
Tub. 3	200	56.38	11.81‰
Tub. 6	200	57.24	11.84‰
Tub. 7	200	57.00	11.39‰
Tub. 9	200	54.72	10.84‰
Tub. 11	200	58.00	11.00‰
Tub. 13	200	53.71	11.21‰
Tub. 16	200	59.06	11.12‰
Tub. 17	200	54.01	10.87‰
Tub. 19	200	56.01	10.73‰
Tub. 21	200	55.77	10.96‰
Tub. 23	200	46.50	10.99‰
Tub. 26	200	81.35	10.44‰
Tub. 27	200	86.58	10.43‰
Tub. 29	200	65.06	10.85‰
Tub. 31	200	53.72	10.28‰
Tub. 33	200	56.08	10.57‰
Tub. 36	200	56.61	10.95‰
Tub. 37	200	61.59	10.85‰
Tub. 39	200	53.08	10.83‰
Tub. 41	200	57.02	11.42‰
Tub. 43	200	53.54	11.41‰
Tub. 46	200	74.60	11.35‰
Tub. 47	200	60.59	11.54‰
Tub. 49	200	52.13	11.45‰
TOTAL (m) =1420.35			

Fuente: Propia

## Red de Agua Potable

### Método Tradicional

Tubería PVC-U UF S20 DN 100

### Método Cracking

Tubería HDPE PE 100 PN16 SDR-11 DN 110

Tabla 13: Metrado de tuberías de Agua Potable Av. 28 de Julio

METRADO DE TUBERIAS			
NOMBRE	DIAMETRO	LONGITUD (m)	PENDIENTE
Tub. 19	100	107.76	-1.18%
Tub. 20	100	113.24	-1.10%
Tub. 21	100	112.01	-1.11%
Tub. 22	100	111.39	-1.09%
Tub. 23	100	114.16	-1.09%
Tub. 24	100	47.13	-1.09%
Tub. 25	100	167.86	-1.05%
Tub. 26	100	121.41	-1.06%
Tub. 27	100	108.50	-1.08%
Tub. 28	100	113.28	-1.09%
Tub. 29	100	111.42	-1.14%
Tub. 30	100	188.54	-1.15%
TOTAL (m) = 1416.70			

Fuente: Propia

## 4.6 Costos y Rendimientos

Para lograr un desarrollo óptimo de los presupuestos y análisis de los costos unitarios, se debe de considerar los rendimientos, cabe indicar que se recurrió a juicio de profesionales con experiencia en la materia para poder determinar los rendimientos óptimos para el desarrollo de la investigación.

## Método Tradicional

### Evaluación de los Análisis de costos Unitarios por partida del Método Tradicional

Para poder determinar una correcta programación de las partidas y poder realizar un cronograma optimo, se deben de considerar posibles interferencias, contar con profesionales capacitados y personal operativo con experiencia, sin embargo, la organización, control y distribución de las cuadrillas en obra son las acciones que permitirán alcanzar números favorables a la empresa contratista.

### Red de Alcantarillado

Partida	01.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO INICIAL DE OBRA						
Rendimiento	m/DIA	350.0000	EQ.	350.0000	Costo unitario directo por : m	1.79		
	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra							
	PEON		hh	2.0000		0.0457	16.39	0.75
	OPERARIO TOPOGRAFO		hh	1.0000		0.0229	22.94	0.53
								1.28
	Materiales							
	WINCHAS DE 30MTS		und			0.0010	60.00	0.06
	CAL HIDRATADA DE 25KG		bol			0.0030	22.03	0.07
								0.13
	Equipos							
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo			3.0000	1.28	0.04
	NIVEL TOPOGRAFICO INCLUIDO ACCESORIOS		hm	1.0000		0.0229	15.00	0.34
								0.38

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.069

Partida	01.02.01	EXCAVACION C/ RETROEXCAVADORA EN TERRENO NORLAL (PROF. H=1.20m. @ 1.50m.)						
Rendimiento	m/DIA	72.0000	EQ.	72.0000	Costo unitario directo por : m	19.23		
	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra							
	CAPATAZ		hh	0.1000		0.0111	25.23	0.28
	PEON		hh	1.0000		0.1111	16.39	1.82
	OPERADOR DE EQUIPO		hh	1.0000		0.1111	22.94	2.55
								4.65
	Equipos							
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo			3.0000	4.65	0.14
	RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS 58HP 1yd3		hm	1.0000		0.1111	130.00	14.44
								14.58

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.233

Partida	01.02.04	RELLENO Y COMPACTADO C/MATERIAL PROPIO H<1.50m.						
Rendimiento	m/DIA	70.0000	EQ.	40.0000	Costo unitario directo por : m	12.18		
	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra							
	CAPATAZ		hh	0.1000		0.0114	25.23	0.29
	PEON		hh	3.0000		0.3429	16.39	5.62
	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	1.0000		0.1143	22.94	2.62
								8.53
	Materiales							
	AGUA PUESTA EN OBRA		m3			0.1660	7.00	1.16
								1.16
	Equipos							
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo			5.0000	14.92	0.43
	COMPACTADORA VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4HP		hm	0.8500		0.0971	21.24	2.06
								2.49

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.469

Figura 33: Análisis de Costos unitarios previsto (Método Tradicional - Desagüe)

Fuente: Propia



Partida	01.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXEDENTE C/MAQ.Dprom.=5Km					
Rendimiento	m3/DIA	80.0000	EQ.	80.0000	Costo unitario directo por : m3	21.26	
	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	<b>Mano de Obra</b>						
	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0100	25.23	0.25
	PEON		hh	2.0000	0.2000	16.39	3.28
							3.53
	<b>Equipos</b>						
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	3.53	0.18
	RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS 58HP 1yd3		hm	0.5000	0.0500	130.00	6.50
	CAMION VOLQUETE DE 15m3		hm	0.8500	0.0850	130.00	11.05
							17.73

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.210

Partida	01.03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DN=200mm. PVC-UF S20					
Rendimiento	m/DIA	120.0000	EQ.	120.0000	Costo unitario directo por : m	40.22	
	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	<b>Mano de Obra</b>						
	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0067	25.23	0.17
	OPERARIO		hh	1.0000	0.0667	22.94	1.53
	PEON		hh	2.0000	0.1333	16.39	2.18
							3.88
	<b>Materiales</b>						
	TUBERIA DN 200mm. PVC-UF S20		m		1.0300	33.90	34.92
	LUBRICANTE PARA TUBERIA PVC-UF S20		gal		0.0050	35.00	0.18
	ANILLO DE JEBE 200mm. PARA DESAGUE		und		0.1750	6.00	1.05
							36.15
	<b>Equipos</b>						
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	3.88	0.19
							0.19

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.207

Partida	01.03.02	PRUEBA HIDRAULICA A ZANJA ABIERTA PARA TUBERIA DN=200mm. PVC-UF S20					
Rendimiento	m/DIA	230.0000	EQ.	230.0000	Costo unitario directo por : m	2.53	
	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	<b>Mano de Obra</b>						
	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0035	25.23	0.09
	OPERARIO		hh	1.0000	0.0348	22.94	0.80
	PEON		hh	1.0000	0.0348	16.39	0.57
							1.46
	<b>Materiales</b>						
	ARENA GRUESA		m3		0.0050	25.00	0.13
	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0100	7.00	0.07
	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		0.0400	19.49	0.78
	YESO BOLSA 25kg		bol		0.0022	8.00	0.02
							1.00
	<b>Equipos</b>						
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	1.46	0.07
							0.07

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.073

Figura 34: Análisis de Costos unitarios previsto (Método Tradicional -Desagüe)

Fuente: Propia

## Presupuesto

El presente presupuesto considera partidas para la renovación de la red secundaria, considerando solo el costo directo.

Presupuesto					
Presupuesto	RED DE ALCANTARILLADO				
Subpresupuesto	METODO TRADICIONAL				Costo al 04/06/2021
Lugar	GROCIO PRADO - CHINCHA-JCA				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
<b>01</b>	<b>RED MATRIZ DE ALCANTARILLADO</b>				
<b>01.01</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>31,086.44</b>
01.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO INICIAL DE OBRA)	m	1,420.00	1.79	2,541.80
01.01.02	REPLANTEO FINAL DE OBRA	m	1,420.00	1.44	2,044.80
01.01.03	SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD EN ZONA DE TRABAJO	m	2,840.00	2.82	8,008.80
01.01.05	TRANQUERAS DE MADERA DE 1.20 x 1.10 m. PARA DESVÍO DE TRÁNSITO VEHICULAR	und	4.00	45.00	180.00
01.01.06	PUENTE DE MADERA P/PASE PEATONAL SIZANJA (PROV. DURANTE LA OBRA)	und	4.00	45.00	180.00
01.01.04	CORTE + ROTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE E=2"	m2	1,136.00	14.64	16,631.04
01.01.07	PROTECCIÓN Y/O REPARACIÓN DE LÍNEAS DE GAS, ENERGÍA ELÉCTRICA Y TELEFONÍA	glb	1.00	1,500.00	1,500.00
<b>01.02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>60,409.80</b>
01.02.01	EXCAVACION C/ RETROEXCAVADORA EN TERRENO NORLAL (PROF. H=1.20m. @ 1.50m.)	m	1,420.00	19.23	27,306.60
01.02.02	REFINE Y NIVELACION DE ZANJAS P/TUBERIA DN=200mm. PVC-UF	m	1,420.00	2.47	3,507.40
01.02.03	CAMA DE APOYO PARA TUBERIAS C/ARENA Hprom=0.10m.	m	1,420.00	4.47	6,347.40
01.02.04	RELLENO Y COMPACTADO C/MATERIAL PROPIO H<1.50m.	m	1,420.00	12.18	17,295.60
01.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXEDENTE C/MAQ. Dprom.=5Km	m3	280.00	21.26	5,952.80
<b>01.03</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS</b>				<b>63,974.70</b>
01.03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DN=200mm. PVC-UF S20	m	1,390.00	40.22	55,905.80
01.03.02	PRUEBA HIDRAULICA A ZANJA ABIERTA PARA TUBERIA DN=200mm. PVC-UF S20	m	1,390.00	2.53	3,516.70
01.03.03	DADOS DE CONCRETO PARA EMPALME A TUBERIA-BUZÓN	und	60.00	75.87	4,552.20
<b>01.04</b>	<b>BUZONES</b>				<b>42,991.75</b>
01.04.01	CONSTRUCCION DE BUZÓN TIPO I H= 1.50m. @ 2.00m.	und	25.00	1,648.42	41,210.50
01.04.02	TARRAJEO EN INTERIOR DE BUZONES	und	25.00	71.25	1,781.25
<b>01.05</b>	<b>REPOSICIÓN DE PAVIMENTO</b>				<b>79,305.47</b>
01.05.01	RELLENO CON AFIRMADO Y/O MATERIAL GRANULAR E=0.20m INCL. COMPACTADO C/EQUIPO LMANO.	m2	1,361.00	13.59	18,495.99
01.05.02	IMPRIMACIÓN ASFALTICA A PULSO	m2	1,361.00	9.40	12,793.40
01.05.03	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=2"	m2	1,361.00	35.28	48,016.08
<b>01.06</b>	<b>OTROS</b>				<b>25,207.20</b>
01.06.01	DEMOLICION DE BUZÓN EN MAL ESTADO DE H=1.50 @ 2.00m DE PROF.	und	25.00	466.72	11,668.00
01.06.02	RETIRO DE TUBERIAS EN MAL ESTADO	m	1,390.00	4.04	5,615.60
01.06.03	DESVÍO DE AGUAS SERVIDAS INCL. BOMBEO Y ALQUILER DE TUBO P/MANTENIMIENTO Y SERVICIO	m	1,390.00	4.64	6,449.60
01.06.04	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE (INC. TUBERÍAS) Y DE BUZONES EN MAL ESTADO	m3	50.00	29.48	1,474.00
	<b>Costo Directo</b>				<b>302,975.36</b>

Figura 35: Presupuesto Método Tradicional – Renovación red de desagüe

Fuente: Propia

## Recursos en hh/hm

### Mano de Obra

Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Precio S/.
<b>MANO DE OBRA</b>				
CAPATAZ	hh	154.6706	25.23	3902.34
OPERARIO	hh	679.1726	22.94	15580.22
OFICIAL	hh	256.4575	18.15	4654.70
PEON	hh	3,786.4930	16.39	62060.62
OPERARIO TOPOGRAFO	hh	59.4980	22.94	1364.88
OPERADOR DE EQUIPO	hh	384.9620	22.94	8831.03
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	196.6032	22.94	4510.08
				<b>S/100,903.87</b>

Figura 36: Costo de mano de obra (Renovación Desagüe)– Método Tradicional

Fuente: Propia

### Maquinarias

Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Precio S/.
<b>MAQUINARIAS</b>				
NIVEL TOPOGRAFICO INCLUIDO ACCESORIOS	hm	59.4980	15.00	892.47
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS 58HP 1yd3	hm	182.8670	130.00	23772.71
COMPACTADORA VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4HP	hm	241.0458	21.24	5119.81
CAMION VOLQUETE DE 15m3	hm	28.6550	130.00	3725.15
CORTADORA DE PAVIMENTO	hm	227.2000	21.00	4771.20
COMPRESORA NEUMÁTICA 350 PCM, 150 HP	hm	15.5154	88.50	1373.11
COCINA DE ASFALTO 320 gl	hm	31.1669	63.27	1971.93
MOTOBOMBA 4" INCLUYE MANGUERA Y	hm	92.7130	26.60	2466.17
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2"	hm	142.8575	7.32	1045.72
MEZCLADORA DE CONCRETO 9-11 P3	hm	142.8575	18.00	2571.44
				<b>S/47,709.70</b>

Figura 37: Costo de maquinarias (Renovación Desagüe) – Método Tradicional

Fuente: Propia

## Red de Agua Potable

### Análisis de Costos Unitarios

Partida	01.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO INICIAL DE OBRA)						
Rendimiento	m/DIA	350.0000	EQ.	350.0000	Costo unitario directo por : m		1.79	
		Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		<b>Mano de Obra</b>						
		PEON	hh	2.0000	0.0457	16.39	0.75	
		OPERARIO TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0229	22.94	0.53	
							<b>1.28</b>	
		<b>Materiales</b>						
		WINCHAS DE 30MTS	und		0.0010	60.00	0.06	
		CAL HIDRATADA DE 25KG	bol		0.0030	22.03	0.07	
							<b>0.13</b>	
		<b>Equipos</b>						
		HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.28	0.04	
		NIVEL TOPOGRAFICO INCLUIDO ACCESORIOS	hm	1.0000	0.0229	15.00	0.34	
							<b>0.38</b>	

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.069

Partida	01.01.06	CORTE + ROTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE E=2"						
Rendimiento	m2/DIA	80.0000	EQ.	28.0000	Costo unitario directo por : m2		14.64	
		Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		<b>Mano de Obra</b>						
		CAPATAZ	hh	0.1000	0.0100	25.23	0.25	
		OFICIAL	hh	1.0000	0.1000	18.15	1.82	
		PEON	hh	2.0000	0.2000	16.39	3.28	
		OPERADOR DE EQUIPO	hh	2.0000	0.2000	22.94	4.59	
							<b>9.94</b>	
		<b>Equipos</b>						
		HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	15.28	0.50	
		CORTADORA DE PAVIMENTO	hm	1.0000	0.2000	21.00	4.20	
							<b>4.70</b>	

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.510

Partida	01.02.04	RELLENO Y COMPACTADO C/MATERIAL PROPIO H<1.50m.						
Rendimiento	m/DIA	70.0000	EQ.	40.0000	Costo unitario directo por : m		12.18	
		Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
		<b>Mano de Obra</b>						
		CAPATAZ	hh	0.1000	0.0114	25.23	0.29	
		PEON	hh	3.0000	0.3429	16.39	5.62	
		OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.1143	22.94	2.62	
							<b>8.53</b>	
		<b>Materiales</b>						
		AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.1660	7.00	1.16	
							<b>1.16</b>	
		<b>Equipos</b>						
		HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	14.92	0.43	
		COMPACTADORA VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4HP	hm	0.8500	0.0971	21.24	2.06	
							<b>2.49</b>	

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.469

Figura 38: Análisis de Costos unitarios previsto (Método Tradicional-Agua)

Fuente: Propia

Partida	01.03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DN=100mm. PVC-U						
Rendimiento	m/DIA	120.0000	EQ.	120.0000	Costo unitario directo por : m	27.22		
	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	<b>Mano de Obra</b>							
	CAPATAZ			hh	0.1000	0.0067	25.23	0.17
	OPERARIO			hh	1.0000	0.0667	22.94	1.53
	PEON			hh	2.0000	0.1333	16.39	2.18
								3.88
	<b>Materiales</b>							
	LUBRICANTE PARA TUBERIA PVC-U			gal		0.0050	35.00	0.18
	TUBERIA DN 100mm. PVC-U			m		1.0300	21.37	22.01
	ANILLO DE JEBE 100mm. PARA AGUA			und		0.1750	5.50	0.96
								23.15
	<b>Equipos</b>							
	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		5.0000	3.88	0.19
								0.19

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.073

Partida	01.03.02	PRUEBA HIDRAULICA A ZANJA ABIERTA PARA TUBERIA (INCL. DESINFECCIÓN) DN=100mm. PVC-U						
Rendimiento	m/DIA	230.0000	EQ.	230.0000	Costo unitario directo por : m	2.84		
	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	<b>Mano de Obra</b>							
	CAPATAZ			hh	0.1000	0.0035	25.23	0.09
	OPERARIO			hh	1.0000	0.0348	22.94	0.80
	PEON			hh	1.0000	0.0348	16.39	0.57
								1.46
	<b>Materiales</b>							
	AGUA PUESTA EN OBRA			m3		0.0100	7.00	0.07
	HIPOCLORITO DE CLACIO AL 70%			kg		0.0010	7.99	0.01
	TAPÓN DE ACERO DN 100			und		0.0020	80.98	0.16
								0.24
	<b>Equipos</b>							
	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		3.0000	1.46	0.04
	MOTOBOMBA 4" INCLUYE MANGUERA Y ACCESORIOS			hm	1.0000	0.0348	26.60	0.93
	BALDE PARA PRUEBA HIDROSTATICO INC. ACCESORIOS			hm	1.0000	0.0348	5.00	0.17
								1.14

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.073

Partida	01.05.02	CONCRETO F' C=175 KG/CM2 PARA ANCLAJES DE ACCESORIOS DN 100						
Rendimiento	m3/DIA	24.0000	EQ.	24.0000	Costo unitario directo por : m3	37.09		
	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	<b>Mano de Obra</b>							
	CAPATAZ			hh	0.1000	0.0333	25.23	0.84
	OPERARIO			hh	1.0000	0.3333	22.94	7.65
	OFICIAL			hh	1.0000	0.3333	18.15	6.05
	PEON			hh	1.0000	0.3333	16.39	5.46
								20.00
	<b>Materiales</b>							
	ALAMBRE NEGRO N° 8			kg		0.4000	4.24	1.70
	ALAMBRE NEGRO N°16			kg		0.4000	4.24	1.70
	PIEDRA CHANCADA 1/2"			m3		0.0250	43.00	1.08
	ARENA GRUESA			m3		0.0250	25.00	0.63
	AGUA PUESTA EN OBRA			m3		0.0100	7.00	0.07
	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)			bol		0.1700	19.49	3.31
	MADERA TORNILLO			p2		0.4000	5.00	2.00
								10.49
	<b>Equipos</b>							
	HERRAMIENTAS MANUALES			%mo		3.0000	20.00	0.60
	MEZCLADORA DE CONCRETO 9-11 P3			hm	1.0000	0.3333	18.00	6.00
								6.60

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	1.033

Figura 39: Análisis de Costos unitarios previsto (Método Tradicional-Agua)

Fuente: Propia

## Presupuesto

El presente presupuesto considera partidas para la renovación de la matriz de agua potable, considerando solo el costo directo.

Presupuesto					
Presupuesto	RED DE AGUA POTABLE				
Subpresupuesto	METODO TRADICIONAL				Costo al 04/06/2021
Lugar	GROCIO PRADO - CHINCHA-ICA				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>01</b>	<b>RED MATRIZ DE AGUA POTABLE</b>				
<b>01.01</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				27,914.74
01.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO INICIAL DE OBRA)	m	1,417.20	1.79	2,536.79
01.01.02	REPLANTEO FINAL DE OBRA	m	1,417.20	1.44	2,040.77
01.01.03	SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD EN ZONA DE TRABAJO	m	2,834.40	2.82	7,993.01
01.01.05	TRANQUERAS DE MADERA DE 1.20 x 1.10 m. PARA DESVÍO DE TRÁNSITO VEHICULAR	und	4.00	45.00	180.00
01.01.06	PUENTE DE MADERA P/PASE PEATONAL S/ZANJA (PROV. DURANTE LA OBRA)	und	4.00	45.00	180.00
01.01.04	CORTE + ROTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE E=2"	m2	921.05	14.64	13,484.17
01.01.07	PROTECCIÓN Y/O REPARACIÓN DE LÍNEAS DE GAS, ENERGÍA ELÉCTRICA Y TELEFONÍA	glb	1.00	1,500.00	1,500.00
<b>01.02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				53,655.65
01.02.01	EXCAVACION C/ RETROEXCAVADORA EN TERRENO NORLAL (PROF. H=0.80m. @ 1.20m.)	m	1,417.20	16.29	23,086.19
01.02.02	REFINE Y NIVELACION DE ZANJAS P/TUBERIA DN=100mm. PVC-U	m	1,417.20	1.97	2,791.88
01.02.03	CAMA DE APOYO PARA TUBERIAS C/ARENA Hprom=0.10m.	m	1,417.20	3.97	5,626.28
01.02.04	RELLENO Y COMPACTADO C/MATERIAL PROPIO H<1.50m.	m	1,417.20	12.18	17,261.50
01.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXEDENTE C/MAQ.Dprom.=5Km	m3	230.00	21.26	4,889.80
<b>01.03</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS</b>				42,601.03
01.03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA DN=100mm. PVC-U S-20	m	1,417.20	27.22	38,576.18
01.03.02	PRUEBA HIDRAULICA A ZANJA ABIERTA PARA TUBERIA (INC. DESINFECCIÓN) DN=100mm. PVC-U	m	1,417.20	2.84	4,024.85
<b>01.04</b>	<b>REPOSICIÓN DE PAVIMENTO</b>				53,669.58
01.04.01	RELLENO CON AFIRMADO Y/O MATERIAL GRANULAR E=0.20m INCL. COMPACTADO C/EQUIPO LIVIANO.	m2	921.05	13.59	12,517.07
01.04.02	IMPRIMACIÓN ASFALTICA A PULSO	m2	921.05	9.40	8,657.87
01.04.03	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=2"	m2	921.05	35.28	32,494.64
<b>01.05</b>	<b>OTROS</b>				21,936.96
01.05.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VALVULA COMPUERTA HD CIERRE ELAST. VASTAGO ACERO INOXIDABLE DN 100	und	8.00	703.91	5,631.28
01.05.02	CONCRETO F' C=175 KG/CM2 PARA ANCLAJES DE ACCESORIOS DN 100	und	8.00	37.09	296.72
01.05.03	RETIRO DE TUBERIAS EN MAL ESTADO	m	1,417.20	4.16	5,895.55
01.05.04	DESVÍO DE AGUAS SERVIDAS INCL. BOMBEO Y ALQUILER DE TUBO P/MANTENIMIENTO Y SERVICIO	m	1,417.20	4.64	6,575.81
01.05.05	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE (INC. TUBERÍAS)	m3	120.00	29.48	3,537.60
	<b>Costo Directo</b>				<b>199,777.96</b>

Figura 34: Presupuesto Método Tradicional – Renovación red Agua Potable

Fuente: Propia



## Recursos hh/hm

### Mano de Obra

Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>MANO DE OBRA</b>				
CAPATAZ	hh	101.7079	25.23	2,566.09
OPERARIO	hh	378.6888	22.94	8,687.12
OFICIAL	hh	94.7719	18.15	1,720.11
PEON	hh	2,277.8847	16.39	37,334.53
OPERARIO TOPOGRAFO	hh	59.3807	22.94	1,362.19
OPERADOR DE EQUIPO	hh	317.5685	22.94	7,285.02
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	185.1965	22.94	4,248.41
				<b>63,203.47</b>

Figura 41: Costo de mano de obra (Renovación Agua P.)– Método Tradicional

Fuente: Propia

### Maquinarias

Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>MAQUINARIAS</b>				
NIVEL TOPOGRAFICO INCLUIDO ACCESORIOS	hm	59.3807	15.00	890.71
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS 58HP 1yd3	hm	156.5105	130.00	20,346.37
COMPACTADORA VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4HP	hm	207.4257	21.24	4,405.72
CAMION VOLQUETE DE 15m3	hm	31.0220	130.00	4,032.86
CORTADORA DE PAVIMENTO	hm	184.2100	21.00	3,868.41
COMPRESORA NEUMÁTICA 350 PCM, 150 HP	hm	10.5000	88.50	929.25
COCINA DE ASFALTO 320 gl	hm	21.0920	63.27	1,334.49
MOTOBOMBA 4" INCLUYE MANGUERA Y ACCESORIOS	hm	143.8455	26.60	3,826.29
BALDE PARA PRUEBA HIDROSTATICO INC. ACCESORIOS	hm	49.3186	5.00	246.59
MEZCLADORA DE CONCRETO 9-11 P3	hm	2.6664	18.00	48.00
				<b>39,928.69</b>

Figura 42: Costo de maquinaria (Renovación Agua P.)– Método Tradicional

Fuente: Propia

## Método Cracking

### Evaluación de los Análisis de costos Unitarios por partida del Método Cracking

#### Red de Alcantarillado

#### Análisis de Costos Unitarios

Partida	01.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO INICIAL DE OBRA)					
Rendimiento	m/DIA	350.0000	EQ.	350.0000	Costo unitario directo por : m		1.79
	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
		PEON	hh	2.0000	0.0457	16.39	0.75
		OPERARIO TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0229	22.94	0.53
							1.28
	Materiales						
		WINCHAS DE 30MTS	und		0.0010	60.00	0.06
		CAL HIDRATADA DE 25KG	bol		0.0030	22.03	0.07
							0.13
	Equipos						
		HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.28	0.04
		NIVEL TOPOGRAFICO INCLUIDO ACCESORIOS	hm	1.0000	0.0229	15.00	0.34
							0.38

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.069

Partida	01.01.02	REPLANTEO FINAL DE OBRA					
Rendimiento	m/DIA	420.0000	EQ.	420.0000	Costo unitario directo por : m		1.44
	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
		PEON	hh	2.0000	0.0381	16.39	0.62
		OPERARIO TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0190	22.94	0.44
							1.06
	Materiales						
		WINCHAS DE 30MTS	und		0.0010	60.00	0.06
							0.06
	Equipos						
		HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.06	0.03
		NIVEL TOPOGRAFICO INCLUIDO ACCESORIOS	hm	1.0000	0.0190	15.00	0.29
							0.32

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.057

Partida	01.01.06	CORTE + ROTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE E=2"					
Rendimiento	m2/DIA	80.0000	EQ.	28.0000	Costo unitario directo por : m2		14.64
	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
		CAPATAZ	hh	0.1000	0.0286	25.23	0.25
		OFICIAL	hh	1.0000	0.2857	18.15	1.82
		PEON	hh	2.0000	0.5714	16.39	3.28
		OPERADOR DE EQUIPO	hh	2.0000	0.2000	22.94	4.59
							9.94
	Equipos						
		HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	15.28	0.50
		CORTADORA DE PAVIMENTO	hm	2.0000	0.2000	21.00	4.20
							4.70

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	1.086

Figura 43: Análisis de Costos unitarios previsto (Método Cracking-Desagüe)

Fuente: Propia



Partida	01.02.01	EXCAVACION C/ RETROEXCAVADORA EN TERRENO NORLAL (PROF. H=1.20m. @ 1.50m.)					
Rendimiento	m/DIA	72.0000	EQ.	72.0000	Costo unitario directo por : m	19.23	
	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0111	25.23	0.28
	PEON		hh	1.0000	0.1111	16.39	1.82
	OPERADOR DE EQUIPO		hh	1.0000	0.1111	22.94	2.55
							4.65
	Equipos						
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	4.65	0.14
	RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS 58HP 1yd3		hm	1.0000	0.1111	130.00	14.44
							14.58

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.233

Partida	01.03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE SERIESDR 33-S16 DN 200mm					
Rendimiento	m/DIA	150.0000	EQ.	150.0000	Costo unitario directo por : m	104.33	
	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
	CAPATAZ		hh	0.4000	0.0213	25.23	0.54
	OPERARIO		hh	1.0000	0.0533	22.94	1.22
	OFICIAL		hh	2.0000	0.1067	18.15	1.94
	PEON		hh	2.0000	0.1067	16.39	1.75
	OPERADOR DE EQUIPO		hh	1.0000	0.0533	22.94	1.22
							6.67
	Materiales						
	TUBERIA HDPE PE100 SERIE SDR 33-S16 DN 200mm		m		1.0200	60.95	62.17
							62.17
	Equipos						
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	6.67	0.33
	SERVICIO DE SOLDADURA POR TERMOFUSION DE TUBERIA		hm	3.1256	0.1667	54.85	9.14
	EQUIPO PARA PERFORACION/FRAGMENTACION P/INSTAL. T		hm	1.0000	0.0533	287.00	15.30
	GRUPO ELECTROGENO PARA MANTENIMIENTO Y SERVICIO		hm	1.0000	0.0533	21.50	1.15
	CAMION GRUA TIPO PLUMA CON BRAZO MECANICO		hm	1.0000	0.0533	172.50	9.19
	FLETE-TRANSPORTE DE ACCESORIOS (PVC, HDPE, GRP O		kg		4.7600	0.08	0.38
							35.49

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.341

Partida	01.03.02	PRUEBA HIDRAULICA A ZANJA ABIERTA PARA TUBERIA HDPE SERIE SDR 33-S16 DN 200mm					
Rendimiento	m/DIA	230.0000	EQ.	230.0000	Costo unitario directo por : m	2.53	
	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
	Mano de Obra						
	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0035	25.23	0.09
	OPERARIO		hh	1.0000	0.0348	22.94	0.80
	PEON		hh	1.0000	0.0348	16.39	0.57
							1.46
	Materiales						
	ARENA GRUESA		m3		0.0050	25.00	0.13
	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0100	7.00	0.07
	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		0.0400	19.49	0.78
	YESO BOLSA 25kg		bol		0.0022	8.00	0.02
							1.00
	Equipos						
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	1.46	0.07
							0.07

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.073

Figura 44: Análisis de Costos unitarios previsto (Método Cracking-Desagüe)

Fuente: Propia

## Presupuesto

El presente presupuesto considera partidas para la renovación de la red secundaria, considerando solo el costo directo.

Presupuesto						
Presupuesto	RED DE ALCANTARILLADO					
Subpresupuesto	METODO CRACKING				Costo al	04/06/2021
Lugar	GROCIO PRADO - CHINCHA-ICA					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>01</b>	<b>RED MATRIZ DE ALCANTARILLADO</b>					
<b>01.01</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>17,749.40</b>	
01.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO INICIAL DE OBRA)	m	1,420.00	1.79	2,541.80	
01.01.02	REPLANTEO FINAL DE OBRA	m	1,420.00	1.44	2,044.80	
01.01.03	SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD EN ZONA DE TRABAJO	m	2,840.00	2.82	8,008.80	
01.01.05	TRANQUERAS DE MADERA DE 1.20 x 1.10 m. PARA DESVÍO DE TRÁNSITO VEHICULAR	und	4.00	45.00	180.00	
01.01.06	PUENTE DE MADERA P/PASE PEATONAL S/ZANJA (PROV. DURANTE LA OBRA)	und	4.00	45.00	180.00	
01.01.04	CORTE + ROTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE E=2"	m2	225.00	14.64	3,294.00	
01.01.07	PROTECCIÓN Y/O REPARACIÓN DE LÍNEAS DE GAS, ENERGÍA ELÉCTRICA Y TELEFONÍA	glb	1.00	1,500.00	1,500.00	
<b>01.02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				<b>3,939.25</b>	
01.02.01	EXCAVACION C/ RETROEXCAVADORA EN TERRENO NORLAL (PROF. H=1.20m. @ 1.50m.)	m	75.00	19.23	1,442.25	
01.02.02	REFINE Y NIVELACION DE ZANJAS P/TUBERIA HDPE SERIE SDR 33-S16 DN 200mm	m	75.00	2.47	185.25	
01.02.03	CAMA DE APOYO PARA TUBERIAS C/ARENA Hprom=0.10m.	m	75.00	4.47	335.25	
01.02.04	RELLENO Y COMPACTADO C/MATERIAL PROPIO H<1.50m.	m	75.00	12.18	913.50	
01.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXEDENTE C/MAQ.Dprom.=5Km	m3	50.00	21.26	1,063.00	
<b>01.03</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS</b>				<b>153,087.60</b>	
01.03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE SERIE SDR 33-S16 DN 200mm	m	1,390.00	104.33	145,018.70	
01.03.02	PRUEBA HIDRAULICA A ZANJA ABIERTA PARA TUBERIA HDPE SERIE SDR 33-S16 DN 200mm	m	1,390.00	2.53	3,516.70	
01.03.03	DADOS DE CONCRETO PARA EMPALME A TUBERÍA-BUZÓN	und	60.00	75.87	4,552.20	
<b>01.04</b>	<b>BUZONES</b>				<b>42,991.75</b>	
01.04.01	CONSTRUCCION DE BUZÓN TIPO I H= 1.50m. @ 2.00m.	und	25.00	1,648.42	41,210.50	
01.04.02	TARRAJEO EN INTERIOR DE BUZONES	und	25.00	71.25	1,781.25	
<b>01.05</b>	<b>REPOSICIÓN DE PAVIMENTO</b>				<b>13,110.75</b>	
01.05.01	RELLENO CON AFIRMADO Y/O MATERIAL GRANULAR E=0.20m INCL. COMPACTADO C/EQUIPO LIVIANO.	m2	225.00	13.59	3,057.75	
01.05.02	IMPRIMACIÓN ASFALTICA A PULSO	m2	225.00	9.40	2,115.00	
01.05.03	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=2"	m2	225.00	35.28	7,938.00	
<b>01.06</b>	<b>OTROS</b>				<b>19,296.80</b>	
01.06.01	DEMOLICION DE BUZÓN EN MAL ESTADO DE H=1.50 @ 2.00m DE PROF.	und	25.00	466.72	11,668.00	
01.06.02	DESVÍO DE AGUAS SERVIDAS INCL. BOMBEO Y ALQUILER DE TUBO P/MANTENIMIENTO Y SERVICIO	m	1,390.00	4.64	6,449.60	
01.06.03	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE (INC. TUBERÍAS) Y DE BUZONES EN MAL ESTADO	m	40.00	29.48	1,179.20	
				<b>Costo Directo</b>	<b>250,175.55</b>	

Figura 45: Presupuesto Método Cracking – Renovación red Desagüe

Fuente: Propia

## Recursos hh/hm

### Mano de Obra

Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Precio S/.
<b>MANO DE OBRA</b>				
CAPATAZ	hh	95.6365	25.23	2,412.91
OPERARIO	hh	498.6660	22.94	11,439.40
OFICIAL	hh	313.6705	18.15	5,693.12
PEON	hh	1,874.2672	16.39	30,719.24
OPERARIO TOPOGRAFO	hh	59.4980	22.94	1,364.88
OPERADOR DE EQUIPO	hh	127.4198	22.94	2,923.01
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	14.2425	22.94	326.72
				<b>S/54,879.28</b>

Figura 46: Costo de mano de obra (Renovación Desagüe)– Método Cracking

Fuente: Propia

### Maquinarias

Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Precio S/.
<b>MAQUINARIAS</b>				
NIVEL TOPOGRAFICO INCLUIDO ACCESORIOS	hm	59.4980	15.00	892.47
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS 58HP 1yd3	hm	20.9665	130.00	2,725.65
COMPACTADORA VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4HP	hm	24.3375	21.24	516.93
CAMION VOLQUETE DE 15m3	hm	8.1340	130.00	1,057.42
CORTADORA DE PAVIMENTO	hm	45.0000	21.00	945.00
COMPRESORA NEUMÁTICA 350 PCM, 150 HP	hm	2.5650	88.50	227.00
COCINA DE ASFALTO 320 gl	hm	5.1525	63.27	326.00
MOTOBOMBA 4" INCLUYE MANGUERA Y ACCESORIOS	hm	92.7130	26.60	2,466.17
SERVICIO DE SOLDADURA POR TERMOFUSION DE TUBERIA DHPE DN 200mm	hm	231.7130	54.85	12,709.46
EQUIPO DE PERFORACION/FRAGMENTACIÓN P/INSTAL. TUBERIA HDPE DN	hm	74.0870	287.00	21,262.97
GRUPO ELECTROGENO PARA MANTENIMIENTO Y SERVICIO INC.	hm	74.0870	21.50	1,592.87
CAMION GRUA TIPO PLUMA CON BRAZO MECANICO	hm	74.0870	172.50	12,780.01
FLETE-TRANSPORTE DE ACCESORIOS (PVC, HDPE GRP O SIMILAR)	kg	6,616.4000	0.08	529.31
VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2"	hm	142.8575	7.32	1,045.72
MEZCLADORA DE CONCRETO 9-11 P3	hm	142.8575	18.00	2,571.44
				<b>S/61,648.40</b>

Figura 47: Costo de maquinaria (Renovación Desagüe)– Método Cracking

Fuente: Propia

## Comparativo entre ambos métodos para Renovación de Red de Desagüe

Presupuesto				
Presupuesto	RED DE ALCANTARILLADO			
Subpresupuesto	RESUMEN DEL METODO TRADICIONAL/METODO CRACKING RED DE DESAGUE	Costo al 04/06/2021		
Lugar	GROCIO PRADO - CHINCHA-ICA			
Item	Descripción	MÉTODO TRADICIONAL	MÉTODO CRACKING	DIFERENCIA ESTIMADA (AJUSTABLE)
<b>01</b>	<b>RED MATRIZ DE ALCANTARILLADO</b>			
01.01	OBRAS PRELIMINARES	31,086.44	17,749.40	13,337.04
01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS	60,409.80	3,939.25	56,470.55
01.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS	63,974.70	153,087.60	89,112.90
01.04	BUZONES	42,991.75	42,991.75	0.00
01.05	REPOSICIÓN DE PAVIMENTO	79,305.47	13,110.75	66,194.72
01.06	OTROS	25,207.20	19,296.80	5,910.40
	<b>TOTAL</b>	<b>S/302,975.36</b>	<b>S/250,175.55</b>	<b>S/52,799.81</b>

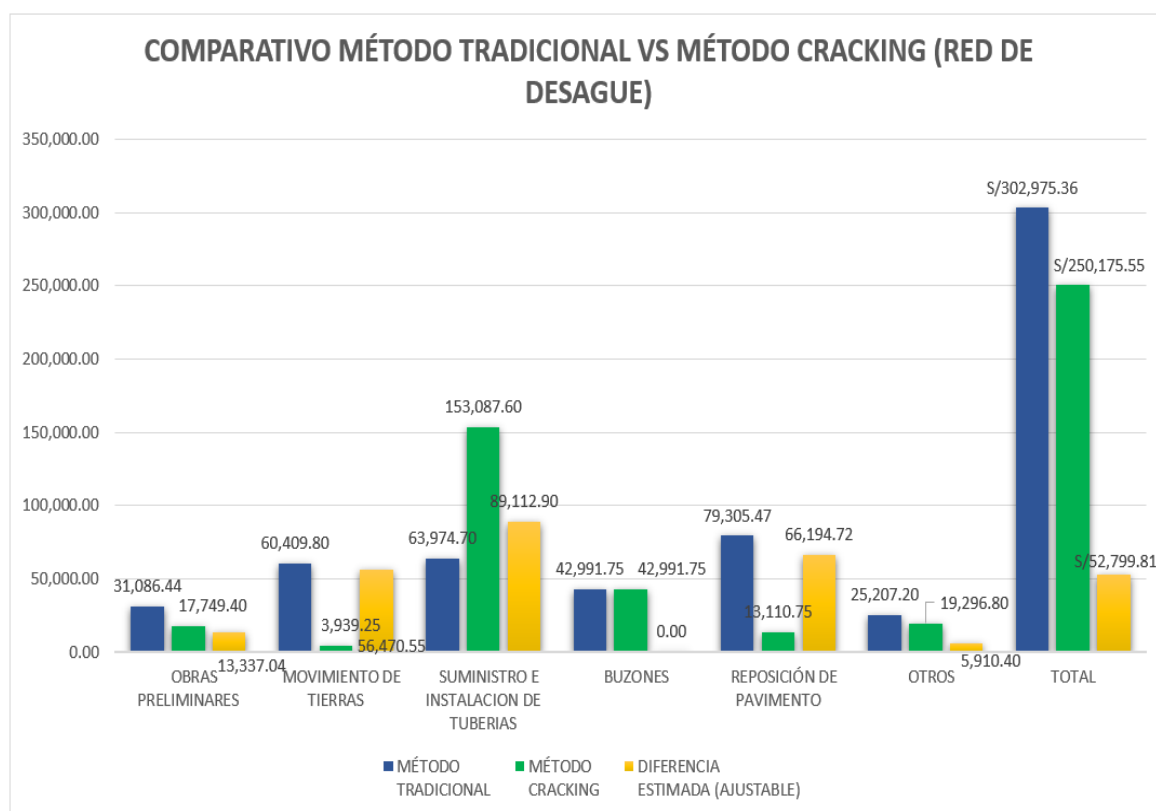


Figura 48: Comparativo costos Método Tradicional vs Método Cracking

Fuente: Propia

## Red de Agua Potable

### Análisis de Costos Unitarios

Partida	01.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO INICIAL DE OBRA)					
Rendimiento	m/DIA	350.0000	EQ.	350.0000	Costo unitario directo por : m	1.79	
	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
	PEON		hh	2.0000	0.0457	16.39	0.75
	OPERARIO TOPOGRAFO		hh	1.0000	0.0229	22.94	0.53
							1.28
	Materiales						
	WINCHAS DE 30MTS		und		0.0010	60.00	0.06
	CAL HIDRATADA DE 25KG		bol		0.0030	22.03	0.07
							0.13
	Equipos						
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	1.28	0.04
	NIVEL TOPOGRAFICO INCLUIDO ACCESORIOS		hm	1.0000	0.0229	15.00	0.34
							0.38

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.069

Partida	01.01.06	CORTE + ROTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE E=2"					
Rendimiento	m2/DIA	80.0000	EQ.	28.0000	Costo unitario directo por : m2	14.64	
	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0100	25.23	0.25
	OFICIAL		hh	1.0000	0.1000	18.15	1.82
	PEON		hh	2.0000	0.2000	16.39	3.28
	OPERADOR DE EQUIPO		hh	2.0000	0.2000	22.94	4.59
							9.94
	Equipos						
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	15.28	0.50
	CORTADORA DE PAVIMENTO		hm	1.0000	0.2000	21.00	4.20
							4.70

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.510

Partida	01.02.01	EXCAVACION C/ RETROEXCAVADORA EN TERRENO NORMAL. (PROF. H=0.80m. @ 1.20m.)					
Rendimiento	m/DIA	85.0000	EQ.	85.0000	Costo unitario directo por : m	16.29	
	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra						
	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0094	25.23	0.24
	PEON		hh	1.0000	0.0941	16.39	1.54
	OPERADOR DE EQUIPO		hh	1.0000	0.0941	22.94	2.16
							3.94
	Equipos						
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	3.94	0.12
	RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS 58HP 1yd3		hm	1.0000	0.0941	130.00	12.23
							12.35

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.198

Figura 49: Análisis de Costos unitarios previsto (Método Cracking-Agua P.)

Fuente: Propia

Partida	01.02.04	RELLENO Y COMPACTADO C/MATERIAL PROPIO H<1.50m.					
Rendimiento	m/DIA	70.0000	EQ.	40.0000	Costo unitario directo por : m	12.18	
	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Mano de Obra</b>						
	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0114	25.23	0.29
	PEON		hh	3.0000	0.3429	16.39	5.62
	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		hh	1.0000	0.1143	22.94	2.62
							<b>8.53</b>
	<b>Materiales</b>						
	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.1660	7.00	1.16
							<b>1.16</b>
	<b>Equipos</b>						
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	14.92	0.43
	COMPACTADORA VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4HP		hm	0.8500	0.0971	21.24	2.06
							<b>2.49</b>

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.469

Partida	01.03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE PE 100 PN16 SDR 11 DN 110mm					
Rendimiento	m/DIA	150.0000	EQ.	150.0000	Costo unitario directo por : m	67.00	
	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Mano de Obra</b>						
	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0053	25.23	0.13
	OPERARIO		hh	1.0000	0.0533	22.94	1.22
	OFICIAL		hh	1.0000	0.0533	18.15	0.97
	PEON		hh	2.0000	0.1067	16.39	1.75
							<b>4.07</b>
	<b>Materiales</b>						
	TUBERIA HDPE PE100 PN16 SDR 11 DN 110mm		m		1.0200	29.80	30.40
							<b>30.40</b>
	<b>Equipos</b>						
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		5.0000	4.07	0.20
	EQUIPO PARA PERFORACIÓN/FRAGMENTACION P/INSTAL. TUBERIA HDPE D		hm	1.0000	0.0533	285.45	15.21
	GRUPO ELECTROGENO PARA MANTENIMIENTO Y SERVICIO INCL. ACCESOR		hm	1.0000	0.0533	19.50	1.04
	CAMION GRUA TIPO PLUMA CON BRAZO MECANICO		hm	1.0000	0.0533	168.00	8.95
	SERVICIO DE ELECTROFUSIÓN DE TUBERIA HDPE DN 110mm (INC. EQUIPO		und		0.0833	28.45	2.37
	UNION (ENLACE) HDPE DN 110mm ELECTROFUSION PN 10		und		0.0833	54.30	4.52
	FLETE-TRANSPORTE DE ACCESORIOS (PVC, HDPE, GRP O SIMILAR)		kg		3.0447	0.08	0.24
							<b>32.53</b>

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.219

Partida	01.03.02	PRUEBA HIDRAULICA A ZANJA ABIERTA PARA TUBERIA (INCL. DESINFECCIÓN) DN=100mm. PVC-U					
Rendimiento	m/DIA	230.0000	EQ.	230.0000	Costo unitario directo por : m	2.84	
	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Mano de Obra</b>						
	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0035	25.23	0.09
	OPERARIO		hh	1.0000	0.0348	22.94	0.80
	PEON		hh	1.0000	0.0348	16.39	0.57
							<b>1.46</b>
	<b>Materiales</b>						
	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0100	7.00	0.07
	HIPOCLORITO DE CLACIO AL 70%		kg		0.0010	7.99	0.01
	TAPÓN DE ACERO DN 100		und		0.0020	80.98	0.16
							<b>0.24</b>
	<b>Equipos</b>						
	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	1.46	0.04
	MOTOBOMBA 4" INCLUYE MANGUERA Y ACCESORIOS		hm	1.0000	0.0348	26.60	0.93
	BALDE PARA PRUEBA HIDROSTATICO INC. ACCESORIOS		hm	1.0000	0.0348	5.00	0.17
							<b>1.14</b>

RATIO HH	
RATIO ESPERADO	0.073

Figura 50: Análisis de Costos unitarios previsto (Método Cracking-Agua P.)

Fuente: Propia

## Presupuesto

El presente presupuesto considera partidas para la renovación de la matriz de agua potable, considerando solo el costo directo.

Presupuesto					
Presupuesto	RED DE AGUA POTABLE				
Subpresupuesto	METODO CRACKING				Costo al 04/06/2021
Lugar	GROCIO PRADO - CHINCHA-ICA				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>01</b>	<b>RED MATRIZ DE AGUA POTABLE</b>				
<b>01.01</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				16,077.56
01.01.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO INICIAL DE OBRA)	m	1,417.20	1.79	2,536.79
01.01.02	REPLANTEO FINAL DE OBRA	m	1,417.20	1.44	2,040.77
01.01.03	SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD EN ZONA DE TRABAJO	m	2,834.40	2.82	7,993.01
01.01.05	TRANQUERAS DE MADERA DE 1.20 x 1.10 m. PARA DESVÍO DE TRÁNSITO VEHICULAR	und	4.00	45.00	180.00
01.01.06	PUENTE DE MADERA P/PASE PEATONAL SIZANJA (PROV. DURANTE LA OBRA)	und	4.00	45.00	180.00
01.01.04	CORTE + ROTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE E=2"	m2	112.50	14.64	1,647.00
01.01.07	PROTECCIÓN Y/O REPARACIÓN DE LÍNEAS DE GAS, ENERGÍA ELÉCTRICA Y TELEFONÍA	glb	1.00	1,500.00	1,500.00
<b>01.02</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				3,537.45
01.02.01	EXCAVACION C/ RETROEXCAVADORA EN TERRENO NORLAL. (PROF. H=0.80m. @ 1.20m.)	m	75.00	16.29	1,221.75
01.02.02	REFINE Y NIVELACION DE ZANJAS P/TUBERIA HDPE PE 100 PN 16 SDR 11 DN 110	m	75.00	1.97	147.75
01.02.03	CAMA DE APOYO PARA TUBERIAS C/ARENA Hprom=0.10m.	m	75.00	3.97	297.75
01.02.04	RELLENO Y COMPACTADO C/MATERIAL PROPIO H<1.50m.	m	75.00	12.18	913.50
01.02.05	ELIMINACION DE MATERIAL EXEDENTE C/MAQ.Dprom.=5Km	m3	45.00	21.26	956.70
<b>01.03</b>	<b>SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS</b>				98,977.25
01.03.01	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIA HDPE PE 100 PN 16 SDR 11 DN 110	m	1,417.20	67.00	94,952.40
01.03.02	PRUEBA HIDRAULICA A ZANJA ABIERTA PARA TUBERIA (INC. DESINFECCIÓN) HDPE DN 110	m	1,417.20	2.84	4,024.85
<b>01.04</b>	<b>REPOSICIÓN DE PAVIMENTO</b>				6,555.38
01.04.01	RELLENO CON AFIRMADO Y/O MATERIAL GRANULAR E=0.20m INCL. COMPACTADO C/EQUIPO LIVIANO.	m2	112.50	13.59	1,528.88
01.04.02	IMPRIMACIÓN ASFALTICA A PULSO	m2	112.50	9.40	1,057.50
01.04.03	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E=2"	m2	112.50	35.28	3,969.00
<b>01.05</b>	<b>OTROS</b>				18,399.36
01.05.01	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VALVULA COMPUERTA HD CIERRE ELAST. VASTAGO ACERO INOXIDABLE DN 100	und	8.00	703.91	5,631.28
01.05.02	CONCRETO F'C=175 KG/CM2 PARA ANCLAJES DE ACCESORIOS DN 100	und	8.00	37.09	296.72
01.05.03	RETIRO DE TUBERIAS EN MAL ESTADO	m	1,417.20	4.16	5,895.55
01.05.04	DESVÍO DE AGUAS SERVIDAS INCL. BOMBEO Y ALQUILER DE TUBO P/MANTENIMIENTO Y SERVICIO	m	1,417.20	4.64	6,575.81
					<b>Costo Directo</b>
					<b>143,547.00</b>

Figura 51: Presupuesto Método Cracking – Renovación red Agua Potable

Fuente: Propia



## Recursos hh/hm

### Mano de Obra

Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Precio S/.
<b>MANO DE OBRA</b>				
CAPATAZ	hh	46.1023	25.23	1163.16
OPERARIO	hh	244.4802	22.94	5608.38
OFICIAL	hh	110.3444	18.15	2002.75
PEON	hh	941.1422	16.39	15425.32
OPERARIO TOPOGRAFO	hh	59.3807	22.94	1362.19
OPERADOR DE EQUIPO	hh	7.0575	22.94	161.90
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	17.8350	22.94	409.13
				<b>S/26,132.84</b>

Figura 52: Costo de mano de obra (Renovación Agua P.)– Método Cracking

Fuente: Propia

### Maquinarias

Recurso	Unidad	Cantidad	Precio S/.	Precio S/.
<b>MAQUINARIAS</b>				
NIVEL TOPOGRAFICO INCLUIDO ACCESORIOS	hm	59.3807	15.00	890.71
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS 58HP 1yd3	hm	9.3075	130.00	1209.98
COMPACTADORA VIBRATORIO TIPO PLANCHA 4HP	hm	21.2778	21.24	451.94
CAMION VOLQUETE DE 15m3	hm	3.8250	130.00	497.25
CORTADORA DE PAVIMENTO	hm	32.1412	21.00	674.97
COMPRESORA NEUMÁTICA 350 PCM, 150 HP	hm	1.2825	88.50	113.50
COCINA DE ASFALTO 320 gl	hm	2.5762	63.27	163.00
MOTOBOMBA 4" INCLUYE MANGUERA Y ACCESORIOS	hm	143.8455	26.60	3826.29
BALDE PARA PRUEBA HIDROSTATICO INC. ACCESORIOS	hm	49.3186	5.00	246.59
EQUIPO PARA PERFORACIÓN/FRAGMENTACION P/INSTAL.	hm	75.5368	285.45	21561.98
GRUPO ELECTROGENO PARA MANTENIMIENTO Y	hm	75.5368	19.50	1472.97
CAMION GRUA TIPO PLUMA CON BRAZO MECANICO	hm	75.5368	168.00	12690.18
SERVICIO DE ELECTROFUSIÓN DE TUBERÍA HDPE DN	und	118.0528	28.45	3358.60
UNION (ENLACE) HDPE DN 110mm ELECTROFUSION PN	und	118.0528	54.30	6410.27
FLETE-TRANSPORTE DE ACCESORIOS (PVC, HDPE, GRP	kg	4,314.9488	0.08	345.20
MEZCLADORA DE CONCRETO 9-11 P3	hm	2.6664	18.00	48.00
				<b>S/53,961.41</b>

Figura 53: Costo de maquinaria (Renovación Agua P.)– Método Cracking

Fuente: Propia



## Comparativo entre ambos métodos

Presupuesto				
Presupuesto	RED DE ALCANTARILLADO			
Subpresupuesto	RESUMEN DEL METODO TRADICIONAL/METODO CRACKING RED DE AGUA POTABLE	Costo al 04/06/2021		
Lugar	GROCIO PRADO - CHINCHA-JCA			
Item	Descripción	MÉTODO TRADICIONAL	MÉTODO CRACKING	DIFERENCIA ESTIMADA (AJUSTABLE)
<b>01</b>	<b>RED MATRIZ DE ALCANTARILLADO</b>			
01.01	OBRAS PRELIMINARES	27,914.74	16,077.56	11,837.17
01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS	53,655.65	3,537.45	50,118.20
01.03	SUMINISTRO E INSTALACION DE TUBERIAS	42,601.03	98,977.25	56,376.22
01.04	REPOSICIÓN DE PAVIMENTO	53,669.58	6,555.38	47,114.21
01.05	OTROS	21,936.96	18,399.36	3,537.60
	<b>TOTAL</b>	<b>S/199,777.96</b>	<b>S/143,547.00</b>	<b>S/56,230.97</b>

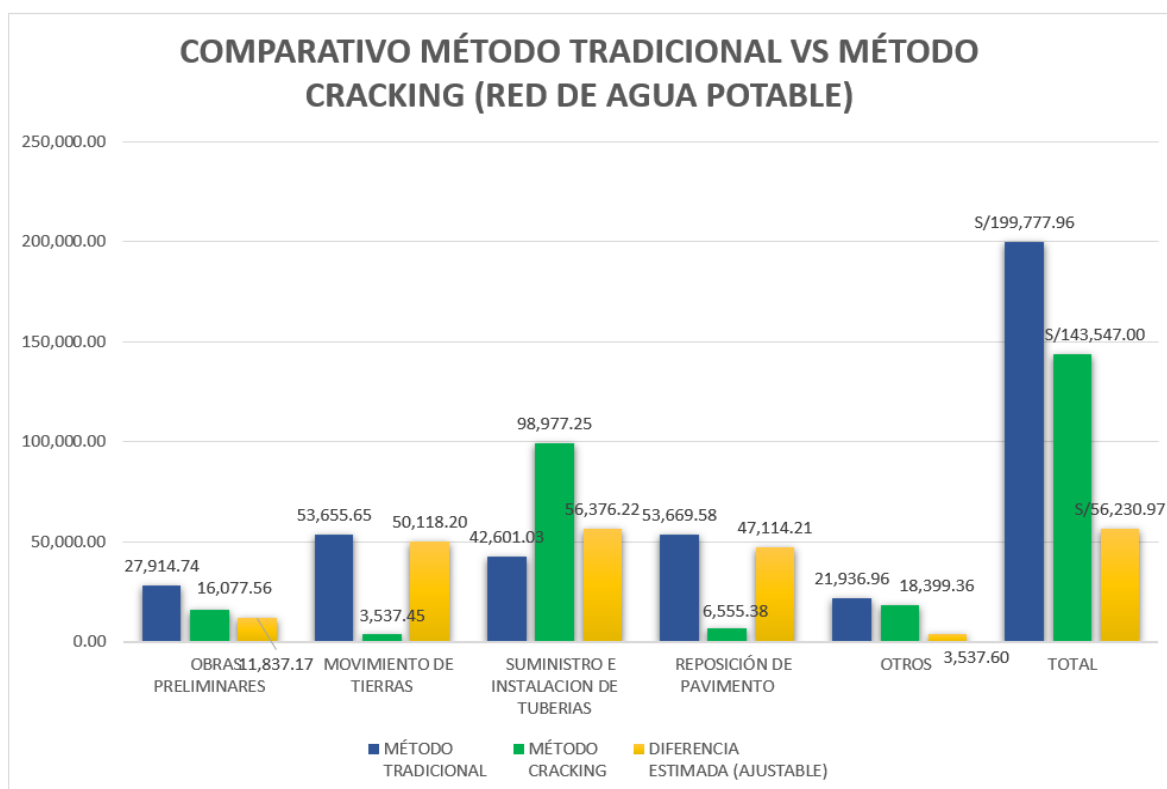


Figura 54: Comparativo costos Método Tradicional vs Método Cracking

Fuente: Propia

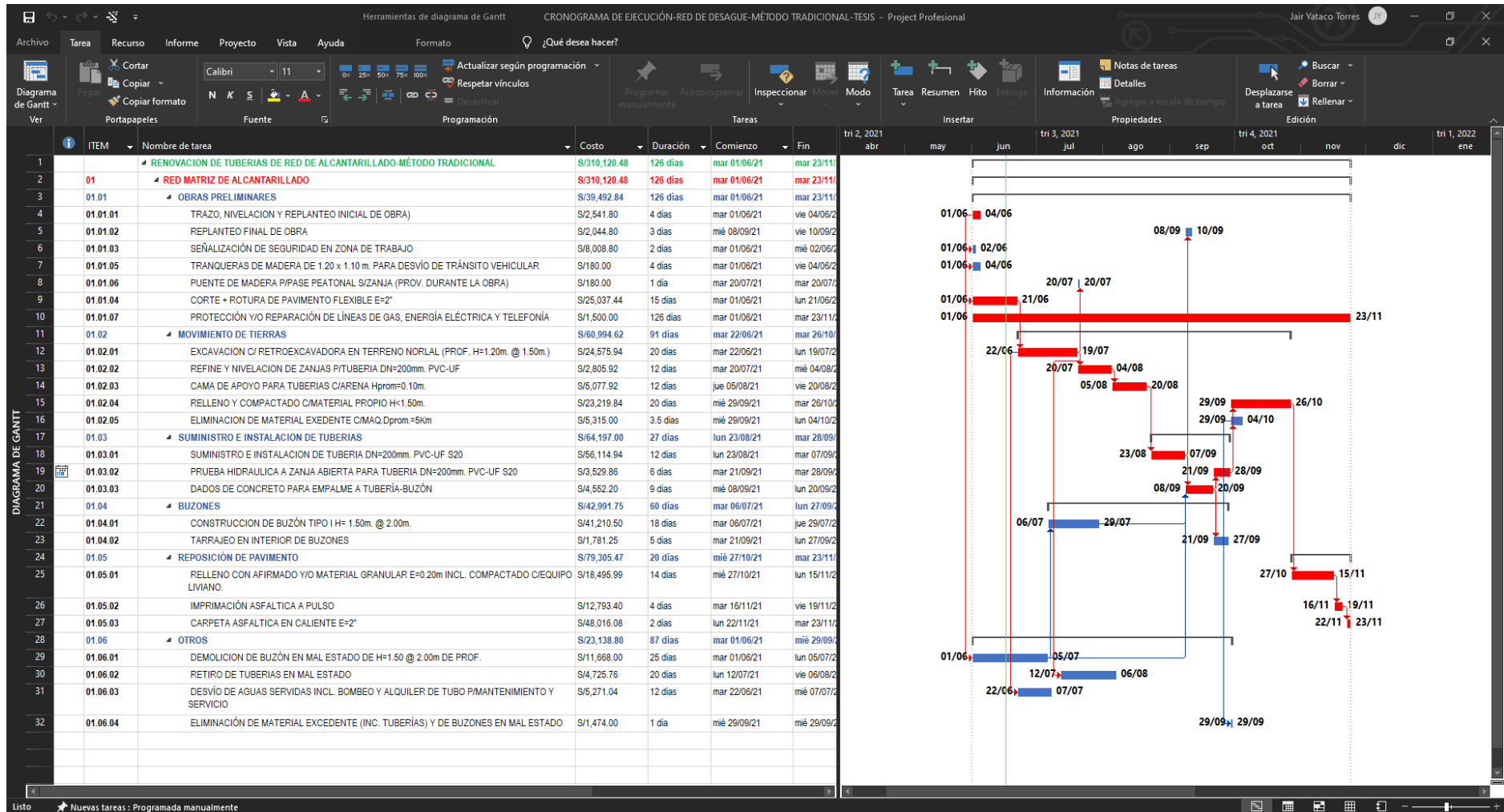


Figura 54: Diagrama de Gantt – Renovación de Redes de Alcantarillado Método Tradicional

Fuente: Propia

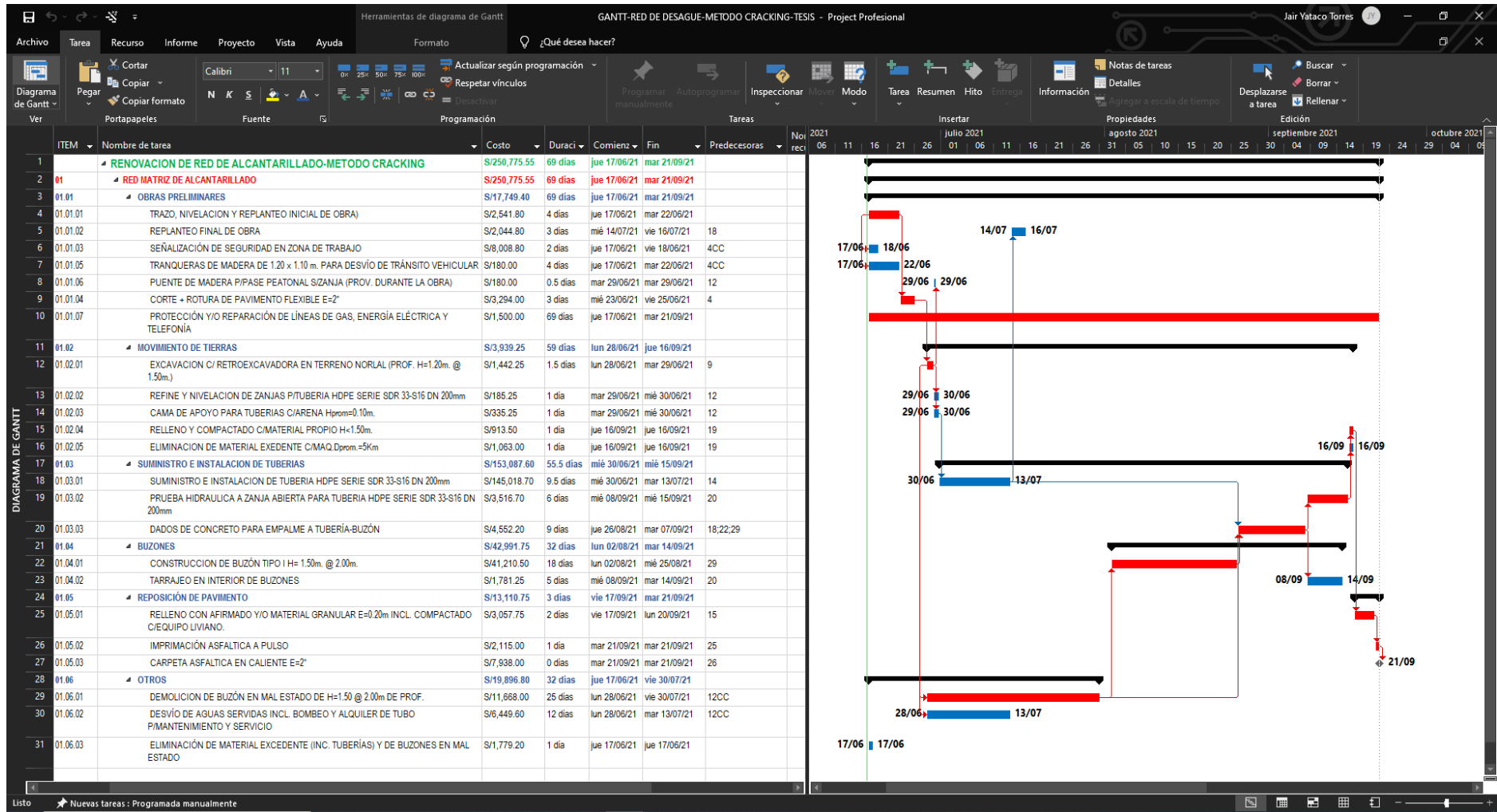


Figura 55: Diagrama de Gantt – Renovación de Redes de Alcantarillado Método Cracking

Fuente: Propia

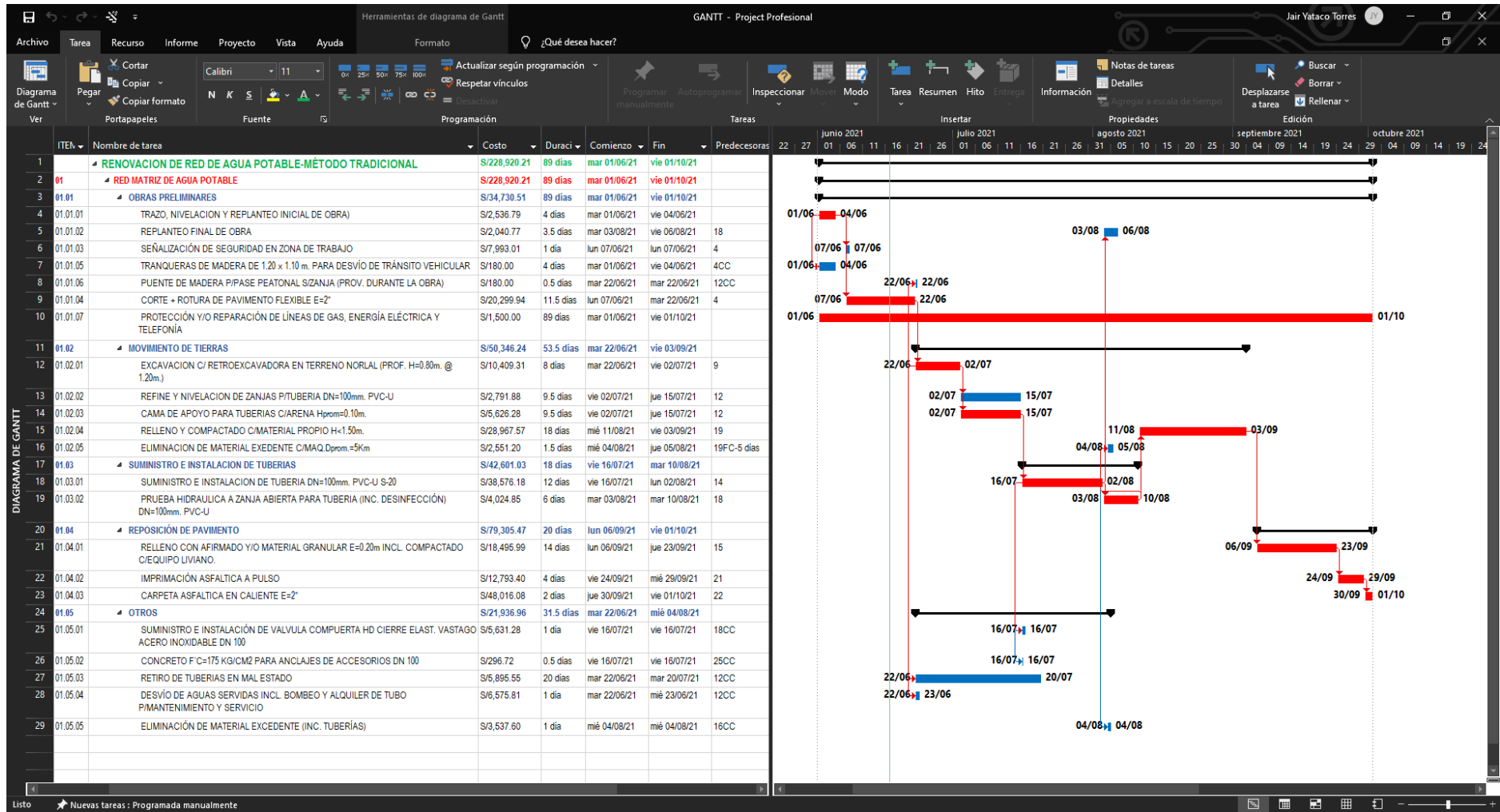


Figura 56: Diagrama de Gantt – Renovación de Redes de Agua Potable Método Tradicional

Fuente: Propia

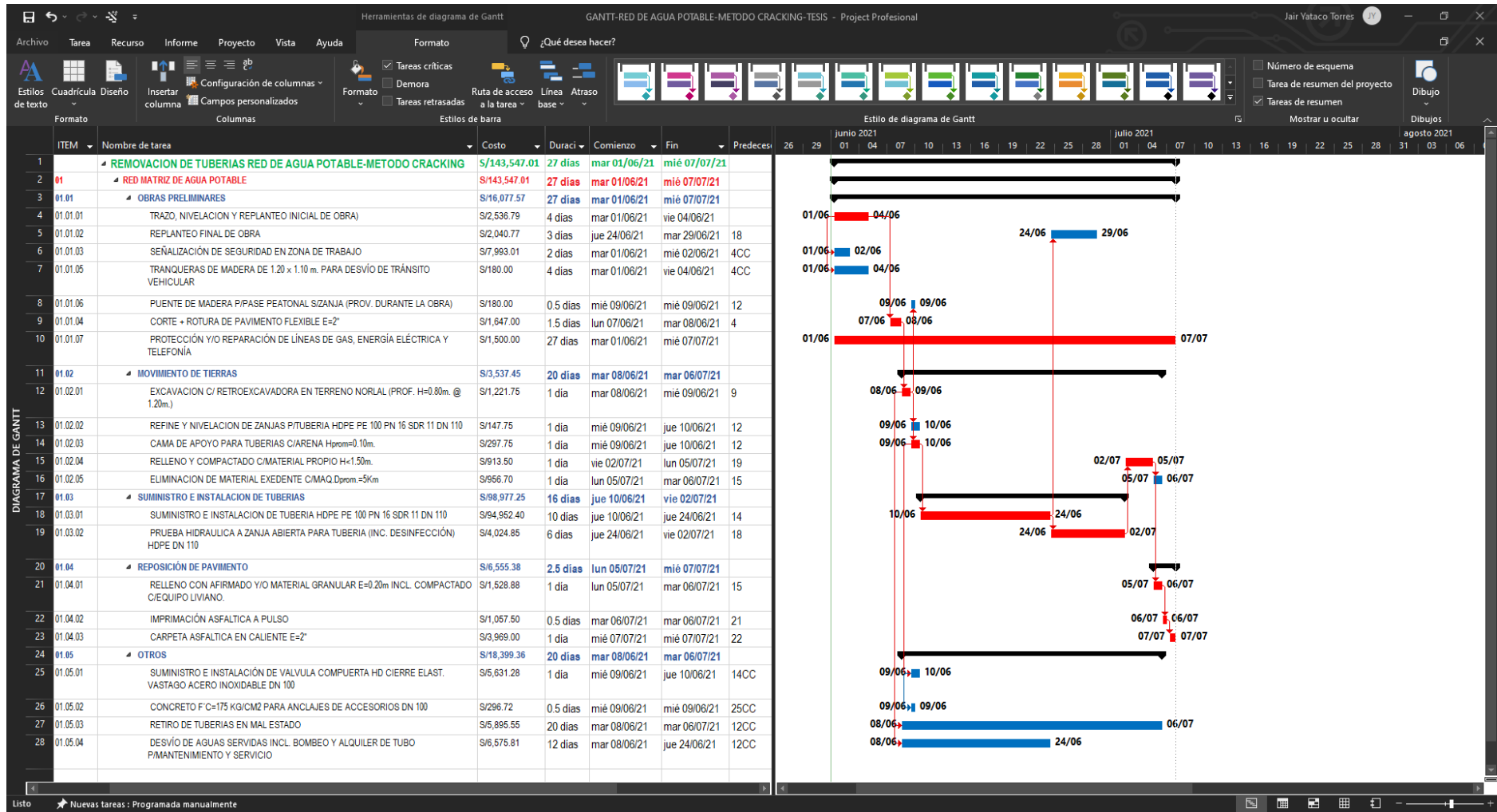


Figura 57: Diagrama de Gantt – Renovación de Redes de Agua Potable Método Cracking

Fuente: Propia

## V. Discusión

Durante el desarrollo de la investigación se detectaron diversos factores o inconvenientes que pueden interferir y afectar el correcto desarrollo de los procesos constructivos tanto para el método tradicional como el método cracking, uno de los principales aspectos afectados por las posibles interferencias son los rendimientos con los cuales se ha programado el proyecto. Para la programación se utilizaron conceptos de la metodología lean Construction y así establecer los tiempos productivos o trabajos productivos e ir reduciendo los tiempos o trabajos no contributorios.

Para poder hacer una correcta evaluación de ambos métodos se tiene que considerar algunos factores que tienen mayor influencia en la ejecución de los métodos antes mencionados.

El factor mano de obra. Personal no obrero y técnico sin la experiencia requerida para el desarrollo de ambos métodos. Una consecuencia que se presenta en algunos casos por contar con personal capacitado son los retrasos en la ejecución de las actividades de cada partida y que como consecuencia trae consigo las ampliaciones de plazo.

El factor materiales y equipos. Materiales de baja calidad que no pasan el control previo a su instalación como pueden ser tuberías, accesorios, agregados. Retrasos en la adquisición de los materiales o en los subcontratos cuando se requiere maquinaria especial con la que la contratista no cuenta. Equipo con desperfectos y que no cumplen el 100% del rendimiento calculado.

El factor equipo técnico. Interferencias que no fueron detectadas en los estudios del ante proyecto, vicios ocultos o diferencias notorias entre los considerado en el Expediente Técnico y lo encontrado en campo.

Si bien el método tradicional es conocido y aplicado a nivel nacional por otra parte el método cracking aún no se conoce en gran parte del territorio nacional. Sin embargo, para poder cumplir con lo programado se debe de considerar lo mencionado en el párrafo anterior para así evitar retrasos e incremento en los costos del proyecto.

Godoy (2018) en su investigación: Estudio del sistema de fragmentación neumática de tuberías de alcantarillado o cracking; como mejora del proceso constructivo en el Perú, 2018

Concluyó que:

El método cracking tiene un beneficio del 33% en el tiempo de ejecución en comparación al método tradicional lo cual lo califica como una buena alternativa para la ejecución de proyectos de saneamiento.

Existe un beneficio del 23.73% en el costo directo del método cracking a comparación del método tradicional, concluyendo que existe un ahorro de presupuesto el cual es beneficioso para la sociedad.

De este mismo modo en mi investigación se obtuvo que el método cracking para ejecución de renovaciones de tuberías de agua potable y alcantarillado tuvieron un beneficio del 45.24% y 69.66% respectivamente en tiempos de ejecución, cabe indicar que los datos son para la zona de estudio donde las condiciones son favorables ya que posee un terreno normal, la topografía es favorable y la profundidad de las tuberías es mínimo permitido

También se determinó que existe beneficio en los costos directos para la renovación de tuberías de alcantarillado y agua potable obteniendo 17.43% y 28.15% respectivamente, cabe indicar que en los costos de instalación también se incluyó los costos de transporte hasta la zona de proyecto lo cual significó una reducción en la diferencia de los costos del método tradicional y el método cracking que se ve reflejado en el porcentaje obtenido.

Martínez (2019) en su investigación: Análisis técnico y factibilidad económica, sistema pipe bursting vs sistema a zanja abierta para la renovación de redes de alcantarillado y acueducto.

Concluyó que:

Se puede establecer que en el sistema a zanja abierta se requiere el 45% del presupuesto total solo a obras preliminares, demolición y recuperación de espacios públicos afectados, mientras que en el método pipe bursting solo se requiere el 13% del presupuesto para las mismas actividades.

Para las actividades de obras preliminares, demolición y recuperación de espacios públicos en renovación de agua potable se obtuvo 30.20% para el método tradicional frente a un 7.16% para el método cracking. En alcantarillado se obtuvo 40.83% para el método tradicional y 9.82% para el método cracking lo que refleja los beneficios que se obtiene al aplicar esta tecnología en proyectos de saneamiento.

Ojeda (2015) en su investigación: Análisis comparativo entre el método pipe bursting y el método tradicional en la renovación de tuberías de desagüe.

Concluyó que:

El método pipe bursting en cuanto a costos tiene una amplia ventaja frente al método tradicional que se ve reflejada en una diferencia de 47.21 soles por metro lineal de tubería renovada a comparación del método tradicional es decir el cual su costo representa un 65% más por metro lineal de tubería renovada.

Del mismo modo se pudo determinar el costo por metro lineal para la renovación de tuberías de agua potable y alcantarillado obteniendo una diferencia para agua potable de S/. 39.68 soles y S/.37.18 soles para agua potable y alcantarillado respectivamente representando un costo menor del 28.15% y 17.43% en comparación del método tradicional.



## VI. Conclusiones

- **Objetivo General:** Evaluar el efecto de del uso del Método Cracking como propuesta para la renovación de tuberías de Agua Potable y Alcantarillado, Grocio Prado – Chincha, 2021.

Se concluye que la aplicación del método cracking tiene un efecto favorable como propuesta para la renovación de tuberías de agua potable y alcantarillado debido a los beneficios que éste método ofrece, que van desde los menores tiempos de ejecución, menor costo directo del presupuesto, mayores rendimientos en las instalaciones y también es una tecnología que se puede considerar como beneficiosa para el medio ambiente ya que el impacto ambiental negativo es menor, el impacto social se reduce drásticamente ya que no es necesario cerrar tramos completos de una vía si no puntos específicos para el caso de un colector y en el caso de las instalaciones domiciliarias el tiempo de cierre se ve reducido pero el tránsito peatonal puede permanecer abierto evitando así accidentes y permitiendo salidas en caso ocurra una emergencia.

- **Objetivo Específico 1:** Determinar el efecto de la aplicación del Método Cracking en los movimientos de tierra en la renovación de tuberías de Agua Potable y Alcantarillado, Grocio Prado – Chincha, 2021.

Se concluye que el método cracking posee efectos favorables en los movimientos de tierra ya que representan solo el 14.08% y 24.65% de un 100% representado por el método tradicional tanto para agua potable y alcantarillado. Para el método propuesto en el caso de agua potable se tomó como referencia las válvulas de control para ubicar las ventanas de ingreso y salida y para alcantarillado se plantea la renovación de buzones por lo cual solo se requieren hacer ventanas de ingreso y salida, para la maquinaria que estarían ubicadas en los buzones que no tienen una distancia >100 m.

- **Objetivo Específico 2:** Determinar el efecto de la aplicación del Método Cracking en los tipos de tuberías en la renovación de tuberías de Agua Potable y Alcantarillado, Grocio Prado – Chincha, 2021.

Se concluye que el método cracking tiene efectos favorables en los tipos de tuberías ya se propuso utilizar tuberías de HDPE en lugar del PVC-UF convencional, si bien el suministro e instalación de tuberías de HDPE resulta más costo con un 56.96% (para agua potable) y 41.79% (para alcantarillado) más que el método tradicional, hay que recalcar que el periodo de servicio de las tuberías de HDPE es de 50 años y PVC-UF de 20 años con mantenimientos periódicos, tomando en consideración los tiempos de vida útil de cada tipo de tubería se obtiene un costo menor de 7.07% (para agua potable) y 4.28% (para alcantarillado) que pueden ser variables a favor del método cracking y las tuberías de HDPE ya que para una nueva renovación de las tuberías de PVC-UF se tienen que considerar nuevamente todos los costos lo que elevaría aun más el porcentaje a favor de las tuberías de HDPE.

- **Objetivo Específico 3:** Determinar el efecto de la aplicación del Método Cracking en los costos y rendimientos en la renovación de tuberías de Agua Potable y Alcantarillado, Grocio Prado – Chincha, 2021.x|

Se concluye que existe efectos favorables ya que método cracking presenta beneficios en los costos y rendimientos con un margen de diferencia del método tradicional. Para el método cracking se tiene un rendimiento esperado de un 20% más tanto para agua potable y alcantarillado en comparación al método tradicional, rendimiento que es variable y depende de factores externos.

En los costos, el método cracking para la ejecución de renovaciones de tuberías de agua potable y alcantarillado tienen un beneficio del 45.24% y 69.66% respectivamente en tiempos de ejecución y en costos se obtuvo que el costo directo es favorable en un 17.43% para agua potable y 25.15% para alcantarillado a comparación del método tradicional.

El costo por metro lineal para renovación de agua potable es de S./39.68 soles y para alcantarillado S/.37.18 soles, los cuales representan 28.15 % y 17.43% a favor del método cracking en comparación al método tradicional

## **VII. Recomendaciones**

Se debe de implementar y aplicar este método ya que resulta beneficioso para la población, no solo en lo económico, sino también en lo ambiental y en lo social. En la actualidad se buscan que se implementen tecnologías ecológicas y el método cracking se puede considerar parte de ese grupo ya que reduce considerablemente los desperdicios ocasionados por el método tradicional.

Para la correcta planificación y ejecución del método se recomienda la implementación de la metodología lean construction, para poder generar un flujo de trabajo continuo y reducir las actividades no contributorias para cumplir con los objetivos de un periodo menor de duración de los proyectos.

La utilización del HDPE y el método cracking para vías concurridas es una buena alternativa, si bien es cierto que en la actualidad el costo de las tuberías de HDPE es mayor al PVC-UF, al utilizar el método propuesto compensa los costos y resulta más beneficioso sin olvidar que el tiempo de servicio es mayor.

La logística que se maneja en este método es fundamental, por ello se recomienda realizar subcontratos para el suministro de termofusión; por otro lado, los materiales deben de estar en la zona de trabajo a disposición, por lo que se recomienda adquirir lo esencial como tuberías y accesorios previamente al inicio de las actividades.

## REFERENCIAS

Gerasimova, Vera. Ingeniería subterránea y tecnologías sin zanjas en defensa del medio ambiente. Rev. Int. Procedia Engineering [En línea]. Septiembre, 2016. Vol. 165. [Fecha de consulta: 2 de octubre del 2020]

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187770581634231X>

Moeini, Ramtin, Zare, M.R, Karimian, F. Reducir el costo de reparación de las tuberías de agua residuales por el uso de tecnología sin zanjas y de corte abierto. Rev. Int. Ain Shams Engineering Journal [En línea]. Abril, 2020. Vol. 11. [Fecha de Consulta: 30 de septiembre del 2020]

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447920301003>

ISSN: 2090-4479

Kumar, Rishav, Patel, Jigneshkumar. Using decision-making criteria approach for the selection of trenchless construction method: A review study. Journal of civil and construction engineering [En línea]. Mayo, 2019. Vol. 5. núm. 2 [Fecha de Consulta: 20 de octubre del 2020].

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/332766841\\_Using\\_Decision-making\\_Criteria\\_Approach\\_for\\_the\\_Selection\\_of\\_Trenchless\\_Construction\\_Method\\_A\\_Review\\_Study](https://www.researchgate.net/publication/332766841_Using_Decision-making_Criteria_Approach_for_the_Selection_of_Trenchless_Construction_Method_A_Review_Study)

ISSN: 2457-001X

Tomczak, Elwira, Zielinska, Aleksandra. Example of sewerage system rehabilitation using trenchless technology. De Gruyter Open [En línea]. Marzo, 2017. Vol. 24. núm. 3. [Fecha de Consulta: 15 de abril del 2021]

Disponible en:

<https://search.proquest.com/docview/1953985408/32339DDA72C040DDPQ/1>

ISSN: 10-1515

Gonzales, Marly. Propuesta de renovación de redes de agua potable mediante el método pipe bursting urb. San Diego distrito SMP, Lima-2018. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018.

Disponible en:

<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27668?locale-attribute=en>

Bajaña, Luis. Ventajas y desventajas entre el método tradicional (con zanja) y el método moderno (sin zanja) en la Rehabilitación del alcantarillado en la ciudad de Guayaquil (casco comercial). Tesis (Ingeniero Sanitario). Ecuador: Universidad De Guayaquil, 2016.

Disponible en:

<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/19678>

Echeverria, Clever, Mantilla, Uriel. Proceso constructivo del sistema de agua potable utilizando el método pipe bursting para la sustitución de tuberías en el centro cívico de la ciudad de Trujillo. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad privada Antenor Orrego, 2019.

Disponible en:

<http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/4627>

Ojeda, Julio. Análisis Comparativo entre el método pipe bursting y el método tradicional en la renovación de tuberías de desagüe. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2015.

Disponible en:

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/556449>

Yepes, Víctor. Aspectos generales de la perforación horizontal dirigida. Curso de posgrado especialistas en tecnologías sin zanja. Núm. Ref. M7-2. España, 2015.

Disponible en:

<https://victoryepes.blogs.upv.es/files/2015/11/M7-2Resumen-Ref-M7-2-Yepes.pdf>

Godoy, Roger. Estudio del sistema de fragmentación neumática de tuberías de alcantarillado o Cracking; como mejora en el proceso constructivo en el Perú 2018. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018.

Disponible en:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/39258>

Martínez, Javier. Análisis técnico y factibilidad económica, sistema Pipe Bursting vs sistema a Zanja Abierta para la renovación de redes de alcantarillado y acueducto. Tesis Maestría [Gerencia de Obras]. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2019.

Disponible en:

<https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/24111>

Luna, Jair, Gonzales, Christian. Descripción, análisis comparativo y evaluación de las tecnologías: Sin Zanja y convencional para la renovación del sistema de alcantarillado en el sector de bajo Miraflores – Distrito de Miraflores. Tesis [Ingeniero Civil]. Arequipa: Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2018.

Disponible en:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6730>

Mohanraj, Manoj. Developed pipe bursting specifications using high density poly Ethylene (HDPE). Tesis (Maestría en proyectos de Posgrado de Plan de Gestión de Tecnología II). Ohio: Bowling Green State University, 2015.

Disponible en:

[https://scholarworks.bgsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1014&context=ms\\_tech\\_mngmt](https://scholarworks.bgsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1014&context=ms_tech_mngmt)

Sinna, Tie. Application of trenchless construction technology in construction of water supply and drainage in urban road construction. Urban Transportation & Construction [En línea]. Agosto, 2017. Vol. 3. [Fecha de Consulta: 15 de octubre del 2020].

Disponible en:

<https://www.sciencegate.app/journal/297177>

ISSN: 2424-8452

International Pipe Bursting Association. Guideline for Pipe Bursting. Maryland: 2012, 37pp.

Disponible en:

<https://www.pucc.org/images/ipba-sewer-lateral-guidelines-rev2015-03-16.pdf>

Cracking, Renovación subterránea en de tuberías en Chile [En línea]. Revista EMB Construcción, 2004 [Fecha de consulta: 5 de octubre del 2020].

Disponible en:

<http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=2000&edi=93&xit=cracking-renovacion-subterranea-de-tuberias-en-chile>

U.S. Army corps of engineers. Engineering research and development center (ERDC). Guidelines for Pipe Bursting. Mississippi: 2001, 55pp.

Disponible en:

<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.128.485&rep=rep1&type=pdf>

Saminathan, Mohanapriya, Kumar, Sanjay, Vardhini, Sindhu. Application of Trenchless technology in urban infrastructure. Int. Journal of innovative research in engineering & management (IJIREM) [En línea]. Abril, 2015. Vol. 3. Núm. 1. [Fecha de consulta: 20 de octubre del 2020]

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/profile/Sindhu\\_Vaardini/publication/282003570\\_Application\\_of\\_Trenchless\\_Technology\\_In\\_Urban\\_Infrastructure/links/560111db08aefc8ac8c7f7b.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sindhu_Vaardini/publication/282003570_Application_of_Trenchless_Technology_In_Urban_Infrastructure/links/560111db08aefc8ac8c7f7b.pdf)

ISSN: 2350-0557

Chothe, Onkar y Kadam, Vs. Comparative study of traditional method and innovative method for trenchless technology: A review. Int. Research journal of engineering and technology [En línea]. Mayo, 2016. Vol. 3. Núm. 5. [Fecha de consulta: 20 de octubre del 2020].

Disponible en:

<https://www.irjet.net/archives/V3/i5/IRJET-V3I5224.pdf>

ISSN: 2395-0056

Arias, Fideas. El proyecto de la investigación: Introducción a la metodología científica. Caracas: Editorial Episteme, C.A., 2012. 146 pp.

Disponible en:

[https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=W5n0BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&ots=kYiLdmyon5&sig=L-pVYWMYAdMeZmcMNuyx0cgJg9E&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=W5n0BgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&ots=kYiLdmyon5&sig=L-pVYWMYAdMeZmcMNuyx0cgJg9E&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)

ISBN: 9800785299

Rodríguez, Ernesto. Metodología de la Investigación [En línea]. 2ª ed. México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, 2005. 186 pp.

[Fecha de consulta: 25 de octubre del 2019]

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=r4yrEW9Jhe0C&pg=PA23&dq=investigacion+de+tipo+aplicada&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj6zuLltebIAhUDvVkKHd3pBToQ6AEIMDAB#v=onepage&q=investigacion%20de%20tipo%20aplicada&f=false>

ISBN: 9685748667

Yuni, José y Urbano, Claudio. Técnicas para investigar: recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación [En línea]. 2ª ed. Córdova: Brujas, 2006. 112 pp.

[Fecha de consulta: 5 de noviembre del 2019]

Disponible en:

<https://books.google.com.pe/books?id=XWIkBfrJ9SoC&pg=PA31&dq=t%C3%A9cnicas+e+instrumento+de+recolecci%C3%B3n+de+datos+validez+y+confiabilidad&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwju8cfi8vnlAhUSxVvKHZDPDX8Q6AEIMDAB#v=onepage&q=t%C3%A9cnicas%20e%20instrumento%20de%20recolecci%C3%B3n%20de%20datos%20validez%20y%20confiabilidad&f=false>

ISBN: 9875910201

Patela, Santa y Martins, Feliberto. Metodología de la investigación cuantitativa [En línea]. 3ª ed. Caracas: Fedupel, 2012. 280pp.



[Fecha de consulta: 5 de noviembre del 2020]

Disponible en:

<https://es.calameo.com/read/000628576f51732890350>

ISBN: 980-273-445-4

Castaño, Isabel, Arango, María, Cárdenas, Diana. Factores que determinan la sostenibilidad del servicio de saneamiento básico en Manizales. Ingeniería y Competitividad [En Línea]. Septiembre, 2020, Vol. 23. Núm. 1. [Fecha de consulta: 15 de mayo del 2020].

<http://www.scielo.org.co/pdf/inco/v23n1/2027-8284-inco-23-01-e8415.pdf>

ISSN: 0123-3033

Valderrama, Santiago. Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica. Lima: San Marcos, 2013. 495pp.

ISBN: 9786123028787

García, Juan. Radiografía de las tecnologías sin zanja en España. Ingeopres: Actualidad técnica de ingeniería civil, minería, geológica y medio ambiente [En Línea]. Abril, 2020, Núm. 281. [Fecha de consulta :1 de junio del 2021]

Disponible en:

<https://www.interempresas.net/Flipbooks/IG/281/html5forpc.html>

ISSN: 1136-4785

Salazar, Alejandro, Lutz América. Factores Asociados al desempeño de organismos operadores de agua potable en México. Región y Sociedad [En línea]. Enero/Abril, 2015, Vol. 27. Núm. 62. [Fecha de consulta: 1 de junio del 2021]

Disponible en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-39252015000100001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252015000100001)

ISSN: 1870-3925

Andía, Walter, Velásquez, Juan, Villena, Ricardo. La evaluación de proyectos de inversión en el sector saneamiento del Perú: análisis metodológico. Dominio de las Ciencias [En Línea]. Septiembre, 2020. Vol. 6. Núm. 3. [Fecha de consulta: 1 de junio]

Disponible en:

<https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/issue/view/47>

ISSN: 2477-8818

Gómez-Gutierrez, Anna. Et.al. La calidad sanitaria del agua de consumo. Gaceta Sanitaria: Sociedad Española de salud pública y administración sanitaria [En Línea]. Noviembre, 2016. Vol. 30. Núm. S.1. [Fecha de consulta: 1 de junio]

ISSN: 0213-9111

Disponible en:

<https://gacetasanitaria.org/es-la-calidad-sanitaria-del-agua-articulo-S0213911116300589>

Arriagada, Félix. Renovación de tuberías de alcantarillado mediante sistema de fragmentación neumática o cracking. Tesis para optar título de ingeniero en la Universidad Austral de Chile, 2005. 128 pp.

Alarcón, Jonathan y PACHECO, José. Comparación tecnológica y costos del método de instalación de tuberías sin zanja (trenchless) más eficiente para los suelos encontrados en un proyecto de Bogotá. Tesis para obtener título de ingeniero civil Presentado en la Universidad Pontificia Javeriana, 2014. 173 pp.

Sedapal. Tecnología sin zanja. Lima: web servicios de agua potable y alcantarillado de lima. [Fecha de consulta: 06 de mayo de 2018]. Disponible en

<http://www.sedapal.com.pe/tecnologia-sin-zanja>

MÍNGUEZ, Felicidad. Métodos de excavación sin zanjas. Tesis (Master). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2015. 82 pp.

Pavco, 2017. Renovación sin Zanja. Disponible en:  
<https://pavco.com.co/2/renovacion-zinzanja/4-192/i/192#sthash.McvoiUmn.dpuf>

Moral, J Y Duran, J. Sistemas de rehabilitación de tubería sin zanja. Córdoba:  
Emacsa, 2015. 10 pp.

ANEXOS:

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TÍTULO Método Cracking como propuesta para la renovación de tuberías de Agua Potable y Alcantarillado, Grocio Prado, Chinchá - 2020						
AUTOR Yataco Torres, Jair Orlando						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL				
¿De qué manera influye el Método Cracking como propuesta para la renovación de tuberías de Agua potable y Alcantarillado, Grocio Prado, Chinchá - 2021?	Evaluar el efecto del uso del Método Cracking como propuesta para la renovación de tuberías de Agua potable y Alcantarillado, Grocio Prado, Chinchá - 2021.	La aplicación del Método Cracking influye favorablemente como propuesta para la renovación de tuberías de Agua potable y Alcantarillado, Grocio Prado, Chinchá - 2021.	VARIABLE INDEPENDIENTE (X) MÉTODO CRACKING	PROCESOS CONSTRUCTIVOS	EQUIPOS Y MANO DE OBRA	GrundoCrack Grundo Burst G400
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS				
¿De qué manera influye la aplicación del Método Cracking en los Movimientos de tierra en la renovación de tuberías en Grocio Prado, Chinchá - 2021?	Determinar el efecto de la aplicación del Método Cracking en los Movimientos de tierra en la renovación de tuberías en Grocio Prado, Chinchá - 2021.	La aplicación del Método Cracking influye favorablemente en los Movimientos de tierra en la renovación de tuberías en Grocio Prado, Chinchá - 2021.		MOVIMIENTOS DE TIERRA	TIPOS DE TERRENO  MAQUINARIAS	Softwares: S10, Excel y Civil 3d
¿De qué manera influye la aplicación del Método Cracking en los Tipos de tuberías en la renovación de tuberías en Grocio Prado, Chinchá - 2021?	Determinar el efecto de la aplicación del Método Cracking en los Tipos de tuberías en la renovación de tuberías en Grocio Prado, Chinchá - 2021.	La aplicación del Método Cracking influye favorablemente en los Tipos de tuberías en la renovación de tuberías en Grocio Prado, Chinchá - 2021.	VARIABLE DEPENDIENTE (Y) RENOVACIÓN DE TUBERÍAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO	TIPOS DE TUBERÍAS	TUBERÍAS DE HDPE	Softwares: S10, Excel y Ms project
¿De qué manera influye la aplicación del Método Cracking en los Costos y Rendimientos en la renovación de tuberías en Grocio Prado, Chinchá - 2021?	Determinar el efecto de la aplicación del Método Cracking en los costos y Rendimientos en la renovación de tuberías en Grocio Prado, Chinchá - 2021.	La aplicación del Método Cracking influye favorablemente en los Costos y Rendimientos en la renovación de tuberías en Grocio Prado, Chinchá - 2021.		COSTOS Y RENDIMIENTOS	ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS  TIEMPO DE EJECUCION	Softwares: S10, Excel y Ms project  Manual de Costos y Presupuestos de Obras Hidráulicas y Saneamiento

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES					
Método Cracking como propuesta para la renovación de tuberías de Agua Potable y Alcantarillado, Grocio Prado, Chíncha - 2020					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE (X) METODO CRACKING</b>	Para el IPBA (International Pipe Bursting Association) el método cracking es: "Un método de reemplazo sin zanja en la que la tubería existente se rompe, ya sea por fractura frágil o por división utilizando una fuerza interna aplicada mecánicamente por una herramienta de ruptura (p. 3)	Este método es aplicable para la mayoría de proyectos, habiendo limitaciones, para poder realizarse por distintos aspectos, por ello se hará un estudio minucioso para poder dar respuesta al problema presentado. Esta variable será medida mediante los procesos constructivos y por los tipos de método cracking aplicado.	<b>PROCESOS CONSTRUCTIVOS</b>	<b>EQUIPOS Y MANO DE OBRA</b>	<b>Nominal</b>
			<b>MOVIMIENTOS DE TIERRA</b>	<b>TIPOS DE TERRENO</b> <b>MAQUINARIAS</b>	<b>Nominal</b>
<b>VARIABLE DEPENDIENTE (Y) RENOVACION DE TUBERIAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO</b>	Respecto a las renovaciones de tuberías de agua potable y alcantarillado Simicevic y Sterling mencionan: "El pipe bursting o método cracking" es actualmente más popular en el mercado de alcantarillado sanitario [...] que, en el mercado de agua potable, donde se espera eventualmente se vuelva más común (2001, p.18)	Para poder realizar las renovaciones de tuberías de agua potable y alcantarillado, se examinará el procedimiento, de tal modo que se pueda dar solución al problema presentado, a través de sus 3 dimensiones las cuales son basadas en los antecedentes presentados y que para poder ser medido cada dimensión presenta sus indicadores.	<b>TIPOS DE TUBERÍAS</b>	<b>Tuberías de HDPE</b>	<b>Nominal</b>
			<b>COSTOS Y RENDIMIENTOS</b>	<b>ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS</b> <b>TIEMPO DE EJECUCION</b>	<b>Razon</b>

MATRIZ DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE OBTENCIÓN DE DATOS

<b>Título de la investigación:</b> "Método Cracking como propuesta para la renovación de Tuberías de Agua Potable y Alcantarillado, Grocio Prado, Chíncha - 2021"							
<b>Apellidos y nombres del investigador:</b> Yataco Torres, Jair Orlando							
<b>Apellidos y nombres del experto:</b> Joseph Eduardo Levano Sanchez							
ASPECTO POR EVALUAR					OPINIÓN DEL EXPERTO		
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEM /PREGUNTA	ESCALA	SI CUMPLE	NO CUMPLE	OBSEACIONES / SUGERENCIAS
Método Cracking	Procesos Constructivos	I1: Procesos Constructivos	¿De qué manera influye el <b>Método Cracking como propuesta para la renovación de tuberías de Agua Potable y Alcantarillado</b> , Grocio Prado, Chíncha - 2021?	Nominal	X		
Renovación de Tuberías de Agua Potable y Alcantarillado	Movimientos de Tierra	I2: Tipos de Terreno	¿De qué manera influye la aplicación del <b>Método Cracking</b> en los <b>Movimientos de Tierra</b> en la renovación de tuberías de Agua Potable y Alcantarillado, Grocio Prado, Chíncha - 2021?	Nominal	X		
		I3: Maquinarias					
	Tipos de Tubería	I4: Tuberías de HDPE	¿De qué manera influye la aplicación del <b>Método Cracking</b> en los <b>Tipos de Tubería</b> en la renovación de tuberías de Agua Potable y Alcantarillado, Grocio Prado, Chíncha - 2021?	Nominal	X		
	Costos y Rendimientos	I5: Análisis de Costos Unitarios	¿De qué manera influye la aplicación del <b>Método Cracking</b> en los <b>Costos y Rendimientos</b> en la renovación de tuberías de Agua Potable y Alcantarillado, Grocio Prado, Chíncha - 2021?	Razón	X		
	I6: Tiempo de Ejecución						
Firma del experto			Fecha 23 / 05 / 2021				

**Nota:** Las DIMENSIONES e INDICADORES, solo si proceden, en dependencia de la naturaleza de la investigación y de las variables.



JOSEPH EDUARDO  
LEVANO SANCHEZ  
Ingeniero Civil  
CIP/N 213105





Fuente: Propia



Fuente: Propia





Fuente: Propia



Fuente: Propia





Fuente: Propia



Fuente: Propia





Fuente: Propia



Fuente: Propia

