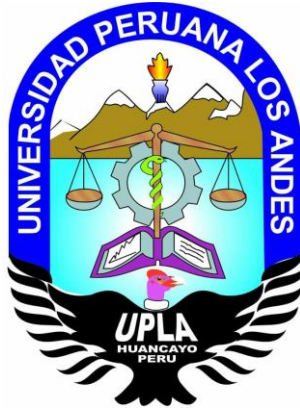


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**DEFICIENCIA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL
PROYECTO LIMA NORTE II Y VENTAJAS DEL SISTEMA “PIPE
BURSTING”**

PRESENTADO POR:

BACH. ESPLANA MATAMOROS, ALEXANDHER MICHAEL

LINEA DE INVESTIGACION

NUEVAS TECNOLOGIAS Y PROCESOS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Lima – Perú

2018

ASESORES:

ING. BENIGNO PEBE, GUIDO RUBEN

ING. ROJAS GUARO, SIU

DEDICATORIA

A Dios y a mi madre, quienes fueron mi apoyo incondicional en todo el camino de esta difícil carrera.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a mi casa de estudios en donde aprendí a forjarme y desarrollarme profesionalmente.

A mis maestros por sus enseñanzas y a mis asesores que permitieron la culminación del actual trabajo, que sin su apoyo nada hubiese sido posible.

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

Dr. CASIO AURELIO, TORRES LOPEZ.

PRESIDENTE

Ing. IVAN ALONSO, ZAPATA ROJAS

JURADO

Ing. FELIPE LUIS, DURAND LOPEZ

JURADO

Mg. GIAN FRANCO, PEREZ GARAVITO

JURADO

Mg. MIGUEL ANGEL, CARLOS CANALES

SECRETARIO DOCENTE

ÍNDICE GENERAL

ASESORES.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTO.....	IV
HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS.....	V
ÍNDICE GENERAL.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	X
INDICE DE FIGURAS.....	XIII
RESUMEN.....	XV
ABSTRACT.....	XVI
INTRODUCCION.....	XVII
CAPITULO I.....	1
PROBLEMA DE INVESTIGACION.....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Formulación y Sistematización del Problema.....	2
1.2.1. Problema General.....	2
1.2.2. Problemas Específicos.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.3.1. Social o Practica.....	3
1.3.2. Metodológica.....	3
1.4. Delimitaciones.....	3

1.4.1.	Espacial	3
1.4.2.	Temporal.....	4
1.4.3.	Económica	5
1.5.	Limitaciones	5
1.5.1.	Temporal.....	5
1.5.2.	Espacial	5
1.5.3.	Económico	5
1.6.	Objetivos.....	6
1.6.1.	Objetivo General	6
1.6.2.	Objetivos Específicos.....	6
CAPITULO II		7
MARCO TEORICO		7
2.1.	Antecedentes	7
2.1.1	Internacionales.....	7
2.1.2	Nacionales.....	8
2.2.	Marco Conceptual	9
2.2.1.	Sistema de Alcantarillado	9
2.2.1.1.	<i>Definición de Sistema de Alcantarillado.....</i>	9
2.2.1.2.	<i>Tipos de Sistemas de Alcantarillado</i>	10
2.2.1.3.	<i>Problemas Frecuentes en las Tuberías de Alcantarillado:.....</i>	11
2.2.1.4.	<i>Tubería de Alcantarillado</i>	14
2.2.1.4.1.	<i>Tubería de Concreto Simple</i>	14

2.2.1.4.2.	<i>Tubería de Poli cloruro de Vinilo (PVC)</i>	16
2.2.1.4.3.	<i>Tubería de Polietileno</i>	17
2.2.2.	<i>Sistema Pipe Bursting</i>	26
2.2.2.1.	<i>Definición de Pipe bursting</i>	26
2.2.2.2.	<i>Tipos de Pipe Bursting</i>	28
2.2.2.2.1.	<i>Pipe Bursting Dinámico</i>	28
2.2.2.2.2.	<i>Pipe Bursting Estático</i>	29
2.2.2.3.	<i>Pipe Bursting en el Perú</i>	30
2.3.	<i>Definición de términos</i>	31
2.4.	<i>Hipótesis</i>	33
2.4.1.	<i>Hipótesis General</i>	33
2.4.2.	<i>Hipótesis Específicas</i>	33
2.5.	<i>Variables</i>	33
2.5.1.	<i>Definición conceptual de variables</i>	33
2.5.2.	<i>Definición operacional de la variable</i>	34
2.5.3.	<i>Operacionalización de la variable</i>	35
CAPITULO III.....		36
METODOLOGIA.....		36
3.1.	<i>Método de Investigación</i>	36
3.2.	<i>Tipo de Investigación</i>	36
3.3.	<i>Nivel de Investigación</i>	37
3.4.	<i>Diseño de la Investigación</i>	37

3.5. Población y Muestra	37
3.6. Técnicas e Instrumentos de la Recolección de Datos	38
3.7. Procesamiento de la Información	39
CAPITULO IV	40
RESULTADOS	40
4.1. Generalidades del Proyecto	40
4.2. Ubicación del Proyecto	40
4.3. Descripción del Proyecto	41
4.4. Resultados Estadísticos	43
4.4.1. Resultados de Fichas de Evaluación	43
4.4.2. Resultados de Encuestas	62
CAPITULO V	83
DISCUSION DE RESULTADOS	83
CONCLUSIONES	86
RECOMENDACIONES	87
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	88
ANEXOS	90

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Tabla de tipos de Uniones De Acuerdo A Sus Usos</i>	21
Tabla 2. <i>Tabla de Operacionalización de Variables</i>	35
Tabla 3. <i>Área de influencia del proyecto Lima Norte II</i>	41
Tabla 4: <i>Resumen longitud de tuberías a rehabilitar por método constructivo, sector 348</i>	42
Tabla 5: <i>Longitud de tuberías a rehabilitar según diámetro y sector, sector 348</i>	42
Tabla 6. <i>Tabulación cruzada ¿Qué tipo de tuberías se utilizó? En el sector 348</i>	43
Tabla 7. <i>Tabulación cruzada ¿Qué diámetro de tuberías se utilizó? En el sector 348</i>	45
Tabla 8. <i>Tabulación cruzada. ¿Qué profundidad de la superficie del terreno y la rasante de la tubería inferior se utilizó? tabulación cruzada</i>	47
Tabla 9. <i>Tabulación cruzada. ¿Existió movimientos de tierra como: ¿excavación, relleno o refino?</i>	49
Tabla 10. <i>Tabulación cruzada. ¿Necesitó disposición de tuberías por suelos contaminados por las aguas servidas?</i>	51
Tabla 11. <i>Tabulación cruzada. ¿Cuántas horas fue el tiempo de ejecución por metro / lineal?</i> 53	53
Tabla 12. <i>Tabulación cruzada. ¿Cuánto es el precio unitario de equipos y materiales del sistema de alcantarillado empleado?</i>	55
Tabla 13. <i>Tabulación cruzada. ¿El sistema de alcantarillado empleado Requiere pruebas adicionales a las de hidráulicas?</i>	57
Tabla 14. <i>¿Los trabajos efectuados son seguros? tabulación cruzada</i>	59
Tabla 15. <i>Resumen de resultados de fichas técnicas-aspecto técnico-económico</i>	61

Tabla 16. <i>Tabulación cruzada: ¿La construcción del proyecto lima norte II generó congestión vehicular?</i>	62
Tabla 17. <i>Tabulación cruzada: ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó que obstruyeran su tránsito peatonal?</i>	64
Tabla 18. <i>Tabulación cruzada: ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó inseguridad en el tránsito peatonal?</i>	66
Tabla 19. <i>Tabulación cruzada ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó cierre de comercios?</i>	68
Tabla 20. <i>Tabulación cruzada: ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó contaminación del suelo?</i>	70
Tabla 21. <i>Tabulación cruzada: ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó contaminación acústica por el uso de sus equipos y herramientas?</i>	72
Tabla 22. <i>Tabulación cruzada: ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó contaminación del aire por el uso de sus equipos y herramientas?</i>	74
Tabla 23. <i>Tabulación cruzada: ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó alteraciones del paisaje de la zona?</i>	76
Tabla 24. <i>Tabulación cruzada: ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó desorden público (peatones y vehicular)?</i>	78
Tabla 25. <i>Tabulación cruzada ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó dificultades con los servicios de agua y desagüe?</i>	80
Tabla 26. <i>Resumen de resultados de encuestas -aspecto socioambiental.</i>	82
Tabla 27. <i>Costo total por metro lineal del método convencional y Pipe Bursting.</i>	84

Tabla 28. *Tiempo de ejecución por metro lineal del método convencional y Pipe Bursting.84*

Tabla 29. *Ventajas en el aspecto socio. Ambiental del método Pipe Bursting85*

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación de Análisis</i>	4
Figura 2. <i>Ilustración de Alcantarillado de Aguas Combinadas</i>	10
Figura 3. <i>Gráfico de acumulación de grasas en la tubería</i>	12
. Figura 4. <i>Gráfico de Obstrucción a causa de trapos, plásticos y vidrio en la tubería</i>	12
Figura 5. <i>Obstrucción a causa de trapos, plásticos y vidrio en la tubería</i>	13
Figura 6. <i>Representación del correcto uso de los tipos de soldaduras</i>	22
Figura 7. <i>Máquina De Electro Fusión PEAD</i>	23
Figura 8. <i>Equipo de Termo fusión</i>	25
Figura 9. <i>Ilustración del Proceso del Pipe Bursting</i>	27
Figura 10. <i>Esquema de Rehabilitación por Pipe Bursting Dinámico.</i>	29
Figura 11. <i>Esquema de Rehabilitación por Pipe Bursting Dinámico.</i>	30
Figura 12 <i>Imágenes de los primeros usos de la maquina Pipe Bursting.en el Peru</i>	31
Figura 13. <i>Variación del tipo de tubería que se utilizó en la rehabilitación del sector 348 del</i> <i>proyecto lima norte II.</i>	44
Figura 14. <i>Variación del diámetro de tubería que se utilizó en la</i>	46
Figura 15. <i>Variación de la profundidad de la superficie del terreno y la Rasante de la tubería</i> <i>inferior se utilizó en la rehabilitación del sector 348 del Proyecto lima norte II.</i>	48
Figura 16. <i>Variación existencia de movimientos de tierra en los métodos de rehabilitación del</i> <i>sector 348 del proyecto Lima Norte II.</i>	50
Figura 17. <i>Variación de disposición de tuberías por suelos contaminados por las aguas servidas</i> <i>en la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.</i>	52

Figura 18. <i>Variación de horas de tiempo de ejecución en los métodos en la</i>	54
Figura 19. <i>Variación precios en los métodos en la Rehabilitación</i>	56
Figura 20. <i>Variación pruebas adicionales en la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.</i>	58
Figura 21. <i>Variación de seguridad en los trabajos de los métodos en la</i>	60
Figura 22. <i>Variación de congestión vehicular de los métodos en la</i>	63
Figura 23. <i>Variación de la obstrucción peatonal que generó la</i>	65
Figura 24. <i>Variación de la Inseguridad en el tránsito peatonal que generó la</i>	67
Figura 25. <i>Variación de cierre de comercios que generó la</i>	69
Figura 26. <i>Variación de contaminación de suelos que generó la</i>	71
Figura 27. <i>Variación de contaminación de suelos que generó la</i>	73
Figura 28. <i>Variación de contaminación del aire que generó la</i>	75
Figura 29. <i>Variación de alteraciones del paisaje que generó la</i>	77
Figura 30. <i>Variación del desorden público que generó la</i>	79
Figura 31. <i>Variación de las dificultades con los servicios de agua y desagüe que generó la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.</i>	81

RESUMEN

La presente investigación responde a la siguiente interrogante ¿Las ventajas del sistema “Pipe Bursting” reducen la deficiencia del Sistema de Alcantarillado del Proyecto Lima Norte II en el distrito de Comas-Lima?, el objetivo general es: Determinar las ventajas del sistema “Pipe Bursting” en la deficiencia del sistema de alcantarillado del Proyecto Lima Norte II en el distrito de Comas-Lima, la hipótesis general a verificarse es: “las ventajas del sistema “Pipe Bursting”, influyen reduciendo la deficiencia del Sistema de Alcantarillado del Proyecto Lima Norte II en el distrito de Comas-Lima”.

El método de investigación es el Científico y como método específico es el analítico - sintético, el tipo de investigación es Aplicada, tiene un nivel descriptivo - explicativo y con un diseño no experimental; la población es el Proyecto Lima Norte II en el distrito de Comas, el tipo de muestreo es probabilístico y aleatorio simple, siendo la muestra compuesta por 109 tramos para una población de 150 tramos en rehabilitación distribuidos en todo el sector 348 y con 364 habitantes para una población de 6865.

La conclusión fundamental a la que se llegó fue que las diferentes ventajas del sistema “Pipe Bursting” reducen la deficiencia del sistema de alcantarillado del Proyecto Lima Norte II en el distrito de Comas-Lima., en los aspectos: económicos, temporal y socio-ambiental.

Palabras Clave: Pipe Bursting, Sistema de Alcantarillado, Deficiencia de Alcantarillado.

ABSTRACT

The present investigation responds to the following question: The advantages of the "Pipe Bursting" system reduce the deficiency of the Sewerage System of the Lima Norte II Project in the district of Comas-Lima ?, the general objective is: To determine the advantages of the "Pipe" system Bursting "in the deficiency of the sewerage system of the Lima Norte II Project in the district of Comas-Lima, the general hypothesis to be verified is:" the advantages of the "Pipe Bursting" system, they influence reducing the deficiency of the Sewerage System of the Lima Project North II in the district of Comas-Lima ".

The research method is the Scientific and as a specific method it is the analytical - synthetic, the type of research is Applied, it has a descriptive - explanatory level and with a non-experimental design; The population is the Lima Norte II Project in the district of Comas, the sampling type is simple random and probabilistic, with the sample consisting of 109 sections for a population of 150 stretches in rehabilitation distributed throughout the sector 348 and with 364 inhabitants for a population of 6865.

The fundamental conclusion reached was that the different advantages of the "Pipe Bursting" system reduce the deficiency of the sewerage system of the Lima Norte II Project in the district of Comas-Lima., In the aspects: economic, temporary and socio-environmental

Keywords: Pipe Bursting, Sewer system, Sewer deficiency.

INTRODUCCION

La presente investigación hace referencia a los problemas que existen en las redes de alcantarillado en la ciudad de Lima, las cuales son afectados por problemas comunes como son: filtración, fracturas y desacoples. Debido a la mala práctica de la población (arrojo de aceite) que daña las tuberías, ya que al ingresar un fluido caliente a un sistema de plástico lo deforma y va sedimentándolo, reduciendo el diámetro de las tuberías y generando problemas.

En el Perú, el procedimiento más utilizado para la recuperación de tuberías de alcantarillado, se conoce con el nombre de sistema convencional de zanja abierta. Estos procedimientos no convencionales de recuperación del sistema de alcantarillado ocasionan perturbaciones en el tráfico, impacto en las actividades comerciales e industriales, afectación a las características naturales en las proximidades de la zona de construcción y el incremento en los costos.

Por lo tanto, con esta investigación se pretende Identificar la influencia de las ventajas del sistema “Pipe Bursting” en la deficiencia del sistema de alcantarillado del Proyecto Lima Norte II. La investigación muestra que el sistema sin zanja “pipe bursting” se presenta como una alternativa viable a los sistemas convencionales de zanja abierta, directamente en el proceso constructivo, tiempo, costos, impactos ambientales y sociales que se generen al realizar las obras de renovación de tuberías.

El desarrollo de esta tesis está conformado por 5 capítulos:

Capítulo I.- Se desarrolló el planteamiento del estudio donde se describe el planteamiento del problema, formulación del problema, objetivos de la investigación y justificación.

Capítulo II.- Es donde se redacta el marco teórico, el cual es el pilar fundamental de una investigación, donde se trata los antecedentes, bases teóricas y bases conceptuales de la influencia de las ventajas del sistema “Pipe Bursting” en la deficiencia del sistema de alcantarillado, hipótesis y variables.

Capítulo III.- Se presenta la metodología de investigación donde se manifiesta el método, nivel, tipo, diseño, población, muestra, técnicas de recopilación de datos, materiales, recursos y procedimientos de investigación.

Capítulo IV.- Presentación de resultados de la influencia de las ventajas del sistema “Pipe Bursting” en la deficiencia del sistema de alcantarillado.

Capítulo V.- Se realiza la discusión y análisis de resultados de la influencia de las ventajas del sistema “Pipe Bursting” en la deficiencia del sistema de alcantarillado.

Finalmente, se formulan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del Problema

Con el paso del tiempo, las redes de alcantarillado se deterioran, la infraestructura supera su vida útil y por lo tanto el estado del servicio va declinando, aumentan las incidencias y los reclamos por parte de los usuarios a la entidad. Esta situación hace necesaria la rehabilitación de las redes para aumentar su durabilidad y mejorar la calidad del servicio.

A continuación, se menciona los aspectos involucrados con el sistema convencional “zanja”:

- ✓ Impacto en el tráfico ya que cuando se realiza la excavación conlleva a realizarse el cierre de rutas de manera parcial o total, la cual genera la realización de un plan de desvío con el fin de reducir el caos al cual se somete la comunidad.
- ✓ Impacto socio – económico, el cual trasciende más en zonas de tipo comercial e industrial, las cuales adquieren una pérdida sustancial en sus ganancias, debido a que los consumidores tienden a desplazarse forzosamente a lugares limpios y seguros evitando de esta manera verse involucrados en el caos que genera la obra.

- ✓ Impacto ambiental el cual está relacionado con el material particulado en el aire, el manejo de residuos y con la contaminación auditiva y visual, todo esto producto de la excavación.

1.2. Formulación y Sistematización del Problema

1.2.1. Problema General

¿Las ventajas del sistema “Pipe Bursting” reducen la deficiencia del Sistema de Alcantarillado del Proyecto Lima Norte II en el distrito de Comas-Lima?

1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cómo afecta en la reducción de costos el uso de equipos de fragmentación en la rehabilitación del Sistema de Alcantarillado?

- b) ¿Cómo mejora en el tiempo de ejecución el uso de la aplicación de la tecnología sin zanja en la rehabilitación del Sistema de Alcantarillado?

- c) ¿Cómo contribuye en el aspecto socio-ambiental el uso de equipos de fragmentación en la rehabilitación del Sistema de Alcantarillado?

1.3. Justificación

1.3.1. Social o Practica

El presente estudio busca aplicar otros sistemas de recuperación de alcantarillado no convencionales para reducir el impacto negativo a nivel social - comercial, el congestionamiento del tráfico vehicular por el cierre de las vías, molestias a los peatones, afectación a la vía útil de la vía y el impacto del medio ambiente; por lo expuesto, realizar obras en menor tiempo, sin dejar de lado la calidad del trabajo con las ventajas del sistema “Pipe Bursting”

1.3.2. Metodológica

La presente investigación trata del método “Pipe Bursting” en la deficiencia del sistema de alcantarillado, este método busca determinar las diferentes ventajas del sistema con el propósito de optimizar recursos de tiempo, costo y aspectos socio-ambientales en la rehabilitación de futuros proyectos del sistema de alcantarillado.

El método “Pipe Bursting” a nivel mundial ha mostrado grandes ventajas por ende excelentes resultados, es por ello la finalidad de esta investigación desarrollar la investigación de nuevas tecnologías que puedan ser aplicadas en Redes de alcantarillado.

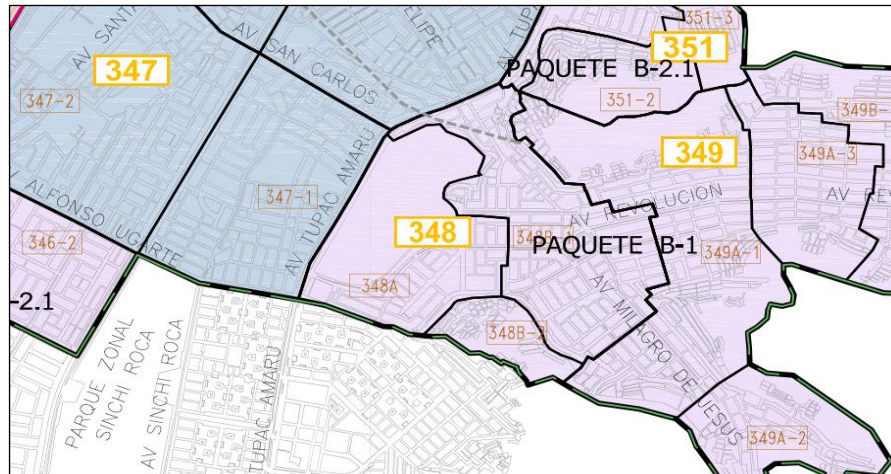
1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

El presente proyecto de investigación tiene una delimitación de espacio que pertenece al Distrito de Comas, sector 348. Con los siguientes linderos. Norte Av. Isabel Chimú Ocho, Sur Av. Los Incas, Este Av. Héroes del Alto Cenepa, Oeste Av. Universitaria.

En la figura N°01 representa el sector donde se realizó la rehabilitación de las redes de alcantarillado.

Figura 1 *Ubicación de Análisis*



Fuente: *Elaboración Propia*

1.4.2. Temporal

La presente tesis tuvo un desarrollo dentro de los meses de enero-junio del 2018.

Los trabajos desarrollados en los diferentes meses son los siguientes:

- Enero: Se desarrolló el problema de investigación (planteamiento del problema, formulación del problema, delimitación, limitación y objetivos) del proyecto de investigación.
- Febrero: Se pasó a desarrollar el marco teórico donde se empezó a la realizar la recopilación de los antecedentes (internacionales y nacionales), marco conceptual con ayuda del mapeo de cada una de las variables, definición de términos, el desarrollo de las posibles hipótesis y para terminar el desarrollo conceptual y operacional de cada una de las variables.

- Abril: Se desarrolló la metodología que se empleó (método, tipo, nivel y diseño de investigación), junto a ello se desarrolló la población, muestra, técnicas de recolección de datos e instrumentos de procesamiento de datos.
- Mayo: Se desarrolló los resultados, discusión de resultados y la elaboración y presentación del informe final.
- Junio: Realización de la sustentación del informe final.

1.4.3. Económica

El presupuesto de la presente investigación es con recursos propios, los cuales son detallados en el Anexo N°03.

1.5. Limitaciones

1.5.1. Temporal

La presente investigación en el tiempo sólo comprende 4 meses, es por ello que el estudio solo comprende el sector 348 del proyecto Lima Norte II, debido a las horas empleadas para la investigación.

1.5.2. Espacial

En espacio tuvo límites, debido a que el proyecto es demasiado grande ya que comprende 8 sectores distribuidos en todos los distritos del norte de lima. Debido a la magnitud del proyecto no se pudo trasladar a los diferentes sectores que se encuentra dividido, por lo cual se tomó un sector accesible que presente todas las características relacionadas al tema.

1.5.3. Económico

El presupuesto se limita a empleo de materiales de escritorio, pasajes, viáticos y asesoramiento profesional, no teniendo financiamiento externo.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Determinar las ventajas del sistema “Pipe Bursting” en la deficiencia del sistema de alcantarillado del Proyecto Lima Norte II en el distrito de Comas-Lima.

1.6.2. Objetivos Específicos

- a) Evaluar el efecto en la reducción de costos que genera el uso de equipos de fragmentación en la rehabilitación del Sistema de Alcantarillado.
- b) Describir la mejora en el tiempo de ejecución que genera el uso de equipos de fragmentación en la rehabilitación del Sistema de Alcantarillado.
- c) Determinar cómo contribuye en el aspecto socio-ambiental que genera el uso de equipos de fragmentación en la rehabilitación del Sistema de Alcantarillado.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

2.1.1 Internacionales

(Barbosa, 2013), en su tesis “Estudio De La Aplicación de la Tecnología Trenchless En Bogotá”. Pretende probar y analizar los instrumentos que el desarrollo tecnológico permite, que es muy usado actualmente en Colombia. La tecnología “sin zanja” es una idea innovadora, que se aplica mediante un conjunto de herramientas para realizar la rehabilitación, renovación o instalación de tuberías, con un mínimo de intervención en el espacio público, evitando los alcances y restricciones que conlleva el sistema convencional “con zanja” de la rehabilitación e instalación.

(Jimmy, 2016), En Su Tesis “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)”, hace reseña de las dificultades que concurren en las redes de alcantarillados sanitarios de la ciudad de Guayaquil,

particularmente en sectores urbanísticos. Desde las 2001 empresas, concesionarias de la operación del sistema de agua potable y alcantarillado de la ciudad, vienen efectuando esta tecnología con el reemplazo de tuberías de redes de agua potable, redes de alcantarillado sanitario y aguas pluviales.

(Ortega, 2015), las Tecnologías Sin Zanja, o ‘Trenchless Technology’ en inglés, reducen el tiempo de ejecución de las obras, las molestias a los habitantes y los costos económicos respecto a los sistemas convencionales que involucra la apertura de zanjas. Las empresas trabajan para conseguir una ‘ciudad sin zanjas’. Hoy día se habla de las Smart Cities, ciudades inteligentes basadas en un desarrollo urbano sostenible. Una de las particularidades de este modelo de ciudad es la realización de inversiones en infraestructuras de energía, telecomunicación y transportes que causen una mejor calidad de vida de los habitantes, un desarrollo económico y ambiental durable y sostenible y un buen aprovechamiento del tiempo de los ciudadanos.

2.1.2 Nacionales

(Ojeda, 2015), En su Proyecto De Investigación “Análisis Comparativo Entre El Método pipe Bursting Y El Método Tradicional En La Renovación De Tuberías De Desagüe.”.

Desarrollo una comparación entre dos métodos de rehabilitación e renovación de tuberías de alcantarillado, el pipe bursting y el método tradicional. El cual el primero corresponde al grupo de tecnologías “sin zanja” y el segundo es el método a “zanja abierta”. Para ello, se dieron a brindar información sobre las características del método “pipe bursting” y de las tuberías de polietileno (PEAD), la cual se maneja en este

método, también se explica los procedimientos constructivos de ambos métodos, y por último, se habla del costo social que representa cada método.

(Arce, 2017), En su proyecto de la “Aplicación Tecnología Sin Zanja para mejorar la productividad en la Rehabilitación de Redes de Alcantarillado, Comas 2016”.

En este trabajo de tesis se realizó un análisis comparativo entre el sistema convencional con zanja y el método sin zanja para la rehabilitación de un sistema de alcantarillado. Hace referencia al método tradicional, que consiste en realizar una zanja abierta, el cual es usualmente empleado en obras de rehabilitación de alcantarillado. Por otro lado, se presenta el método sin zanja como una alternativa moderna, ya que permite rehabilitar las tuberías del alcantarillado sin realizar zanja abierta, permitiendo así reducir tiempo y costo de ejecución. Realizándose un análisis económico por metro lineal de tubería rehabilitada para ambos métodos.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Sistema de Alcantarillado

2.2.1.1. *Definición de Sistema de Alcantarillado*

Los sistemas de alcantarillado han sido considerablemente aplicados, estudiados y estandarizados. Son sistemas con tuberías que permiten una gran flexibilidad en el procedimiento del sistema, donde se calcula el caudal, densidad poblacional y su estimación futura.

Una red de alcantarillado sanitario se compone de varios elementos que deben ser certificados, como: tuberías, conexiones, anillos y obras accesorias, que pueden ser: descargas domiciliarias, pozos de visita, estructuras de caída, cruzamientos

especiales. En los sistemas a presión se utilizan estaciones de bombeo para el desalojo de las aguas residuales.

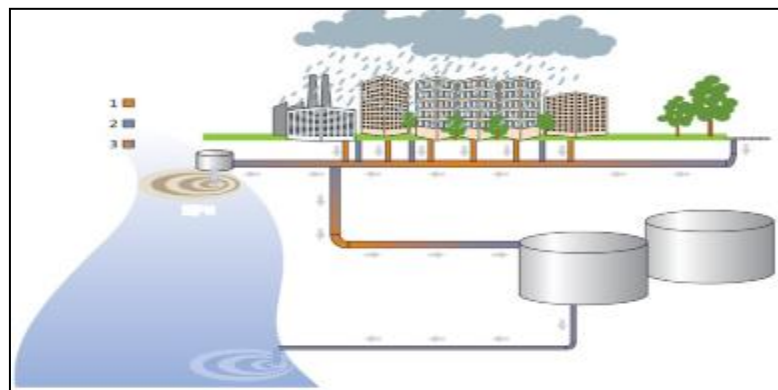
La expectativa de vida útil de los elementos que conforman una red de alcantarillado sanitario es, al menos, 50 años. Todos los elementos que conforman la red de alcantarillado sanitario y su instalación deben cumplir con la normatividad vigente para especificaciones de hermeticidad.

2.2.1.2. *Tipos de Sistemas de Alcantarillado*

a. *Sistemas Convencionales de Alcantarillado*

- Alcantarillado de Agua Combinadas. - Es un sistema de estructuras y tuberías destinadas a la recolección y transporte, tanto de las aguas residuales como de las aguas pluviales. La figura 2 muestra un sistema de alcantarillado combinado (1. Pluvial, 2. Sanitario, 3. Combinado).

Figura 2. *Ilustración de Alcantarillado de Aguas Combinadas*



Fuente: Revista Grundfos Pag.76

- Alcantarillado de Aguas Residuales. - Sistema de estructuras y tuberías para la recolección y transporte de las aguas domésticas y/o industriales.

- Alcantarillado pluvial. - Es un sistema para la evacuación de la escorrentía superficial producida por la precipitación.
- Separado: Sistema Constituido por un alcantarillado de aguas residuales y otro de aguas

b. Sistemas de Alcantarillado No Convencionales

- Alcantarillado simplificado. - Es un sistema de alcantarillado que se diseña con los mismos lineamientos de un alcantarillado convencional, pero teniendo en cuenta la posibilidad de reducir diámetros y disminuir distancias entre pozos al disponer de mejores equipos de mantenimiento.
- Alcantarillado condominal. - Recogen las aguas residuales de un pequeño grupo de viviendas o manzana de viviendas, y las conduce a un sistema de alcantarillado convencional.

2.2.1.3. Problemas Frecuentes en las Tuberías de Alcantarillado:

- Obstrucciones: Generalmente se presentan a consecuencia de desechos como grasas, trapos, plásticos, vidrios, arenas y piedras los cuales son transportados a través de la tubería hasta ir formando un cuerpo que obstruye la circulación del agua que lleva dicha tubería.
- Grasa: Se presenta generalmente en zonas cercanas a mercados y restaurantes lo cual origina obstrucciones por esta causa. Las grasas cuando llegan a las tuberías de las redes de alcantarillado se comienzan a endurecer y posteriormente se empieza a formar tacos de sebo que obstruyen la tubería. Estos casos se presentan con mayor incidencia en

tramos de baja pendiente y en tuberías rugosas como las de asbesto cemento.

Figura 3. *Gráfico de acumulación de grasas en la tubería*



Fuente Elaboración Propia (fotografía de obra)

- **Trapos, Plásticos y Vidrios:** Se encuentra frecuentemente obstruyendo las tuberías y su incidencia es mayor por el mal uso del servicio de alcantarillado o en donde vierten la basura a las cámaras de inspección.

. Figura 4. *Gráfico de Obstrucción a causa de trapos, plásticos y vidrio en la tubería*



Fuente Elaboración Propia (fotografía de obra)

- Piedras y arenas: Tiene mayor incidencia en las calles con superficie en tierra o lastre, donde por causa de tuberías rotas o buzones sin tapa estás penetran al alcantarillado.

Figura 5. *Obstrucción a causa de trapos, plásticos y vidrio en la tubería*



Fuente Elaboración Propia (fotografía de obra)

- Disminución de la capacidad hidráulica: Usualmente se produce por la formación de capas de sedimentos en el interior de la tubería que se da con mayor incidencia en aquellos tramos de baja pendiente o en tramos de baja velocidad del flujo por un bajo caudal de aguas servidas.
- Roturas: Las roturas y fallas que se presentan en las redes de alcantarillado frecuentemente pueden ser el resultado de alguna de las siguientes causas:
- Soporte inapropiado de la tubería: Cuando la tubería de alcantarillado se coloca en una zanja de fondo rocoso, o con piedras en el fondo de la zanja, con toda seguridad la tubería fallara por falta de uniformidad en la cama de apoyo de la tubería.
- Fallas a causa de cargas vivas: Las tuberías colocadas en zonas de tráfico pesado aun con un adecuado recubrimiento, tiene la probabilidad de colapsar a causa de la sobrecarga a la que está sometida.

- Movimientos del Suelo: Se presenta durante un sismo e implica la reconstrucción total del tramo fallado.
- Teniendo en consideración los problemas anteriormente explicados y en caso de que alguno de estos se presente en una tubería de alcantarillado existente, es necesario a recuperar dicha tubería, ya que, de no ser así, se pueden empezar a presentar inundaciones, enfermedades, corte del servicio de alcantarillado lo que ocasionaría una problemática aún mayor.

2.2.1.4. Tubería de Alcantarillado

La tubería de alcantarillado se compone de dos o más tubos acoplados mediante un sistema de unión. Los parámetros de selección del material de la tubería de alcantarillado son: hermeticidad, resistencia mecánica, durabilidad, resistencia a la corrosión, capacidad de conducción, economía, facilidad y flexibilidad de manejo, instalación y reparación.

Las tuberías de las redes de alcantarillado se fabrican de diversos materiales; los más utilizados son: concreto simple, plástico policloruro de vinilo, polietileno de alta densidad (PEAD), y acero.

A continuación, se detalla las características de las tuberías de alcantarillado mencionada y de los sistemas de unión entre tuberías de los diversos materiales utilizados.

2.2.1.4.1. Tubería de Concreto Simple

Las tuberías de concreto radican en su facilidad de instalación, resistencia, desempeño, durabilidad, seguridad y economía, siendo la opción más viable y probada para solventarla conducción de fluidos.

Las tuberías de Concreto presentan diferentes características que las hacen idóneas para la conducción de fluidos sean estos desechos industriales, aguas pluviales, aguas negras o agua potable en situaciones diversas de suelo, rellenos o cargas externas, tales como:

a. Instalación de Tubería de Concreto Simple

- Fácil instalación.
- Las tuberías de concreto son un sistema rígido donde un 85% de la resistencia es aportada por la tubería y solo un 15% es aportado por el material de relleno. Por lo cual se puede garantizar un 85% de la resistencia del sistema desde antes de que la misma llega al sitio de construcción.
- Mayor seguridad del personal en el proceso constructivo.
- Flexibilidad para acomodar deflexiones laterales o movimientos longitudinales.
- La instalación depende de la excavación que de la colocación de la tubería. Si bien la tubería de concreto es más pesada que el de otros materiales, ambos requieren maquinaria especializada para su instalación cuando se trata de los diámetros más comunes.

b. Calidad de Tuberías de Concreto

- Resistente a esfuerzos cortantes o movimientos verticales.
- Resistentes a la infiltración o movimientos verticales.
- El concreto es uno de los materiales de construcción más estudiado y analizado, ya que sus componentes y su funcionamiento en conjunto puede ser con precisión.

c. Versatilidad de Tubería de Concreto

- Pueden tener otras formas aparte de las circulares dependiendo de las necesidades.
- Se adapta a distintos requerimientos de operación o instalación.

2.2.1.4.2. *Tubería de Poli cloruro de Vinilo (PVC)*

Las tuberías de PVC se fabrican en diámetros de 100 a 600 mm, en dos tipos de serie y cada y cada serie con tres tipos de tubería, de acuerdo con su espesor: la serie métrica se fabrica en consonancia con las normas en los tipos de serie 16.5, 20 y 25; por su parte, la serie inglesa se fabrica según las normas.

Además de estos tipos de tubería, existen las tuberías de PVC de pared estructurada con celdas longitudinales que actualmente se fabrica en diámetros de 160 a 315 mm.

La selección de tipos de tuberías a utilizar dependerá de las circunstancias en que se instalaran, con el peso específico del suelo, la profundidad de instalación y la magnitud de las cargas vivas. Las tuberías se unen entre si mediante dos tipos de sistema de unión: por un lado, el cementado, y por otro, la unión espiga-campana con anillo elastómero integrado de fábrica.

- a. **Hermeticidad de Tubería.** - Son impermeables y herméticas, debido, por un lado, a la naturaleza impermeable del material, y por otro lado, a que se logra acoplar los tubos mediante juntas con anillos de material elastomérico.
- b. **Ligereza de Tubería.** - Las tuberías de PVC son de fácil manejo en cuanto al transporte e instalación, lo que se manifiesta, que es más ligera que la tubería plástica de pared solida tradicional.
- c. **Resistencia a la corrosión.** - Las tuberías de PVC son inmunes a los tipos de corrosión (química o electroquímica) que normalmente afectan a los sistemas de tubería enterrada. Puesto que el PVC se comporta como un dieléctrico, no se producen efectos electroquímicos o galvánicos en los sistemas integrados por estas tuberías, ni estas son afectadas

- d. Flexibilidad de Tubería.** - El bajo módulo de elasticidad de las tuberías las hace flexibles y, por lo tanto, adaptables a movimientos o asentamiento por diferenciales del terreno, ocasionados por sismos o cargas externas

2.2.1.4.3. *Tubería de Polietileno*

Es un producto plástico, incoloro, translúcido, termoplástico, graso al tacto y blando en pequeños espesores, siempre flexible, no tóxico, que se descompone a una temperatura alrededor de los 300°C y menos denso que el agua.

Las características del polietileno varían según el procedimiento empleado para su producción. Se obtiene por la polimerización del gas ETILENO, $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$, producto resultante del craqueo de la nafta del petróleo.

Inicialmente se consiguió a base de someter el Etileno a altas presiones entre 1000 y 1500 atmósferas, y temperaturas entre 80 y 300°C, resultando el polietileno denominado de alta presión o Baja Densidad (PEBD, PE32 o s/CEN PE40).

Las tuberías de HDPE están diseñadas para trabajar enterradas a 20° C durante una vida útil de 50 años, con coeficiente de seguridad mínimo de 1,25 para conducciones de agua. Se debe tener en cuenta que a partir de los 0,8 m. de profundidad de instalación dejan de influir sobre las tuberías las condiciones de temperatura ambiental, podemos decir que su duración total todavía es mucho más.

La tubería de polietileno no conduce la electricidad, ya que es un excelente aislante eléctrico, lo que evita que un sistema eléctrico pueda ser conectado a tierra por la instalación de tuberías.

Las tuberías de Polietileno presentan singulares ventajas frente con otros materiales tradicionales.

De forma general, pueden especificarse como:

- Aislante Térmico: Disminuye el peligro de heladas de los líquidos en las canalizaciones. En caso de helarse el agua de su interior, el aumento de volumen provoca un incremento de diámetro, sin llegar a romperse, recuperando después del deshielo el diámetro original.
- Inalterables: a la acción de terrenos agresivos, incluso de suelos con alto contenido de yeso o zonas de infiltraciones peligrosas.
- Resistentes: a la mayor parte de agentes químicos, tales como álcalis, aceites, alcoholes, detergentes, lejías, etc., excepto disolventes. No obstante, en aplicaciones para conducción de estos agentes comprobar su comportamiento en las Normas UNE 53.390 y 53.405.
- Duraderas: Vida útil superior a 50 años, con un coeficiente residual de seguridad al alcanzar este tiempo.
- Mantenimiento: Prácticamente inexistente.
- Flexibles: Permiten variaciones de dirección con curvaturas en frío sin necesidad de accesorios, adaptándose a trazados sinuosos. Pueden fabricarse en bobinas en diámetros hasta 90mm, en grandes longitudes.
- Ligeras: Fáciles de transportar y montar, lo que se traduce en economía de medios para su instalación.

Tipos de Tubería de Polietileno

a) Tubería de Polietileno de Alta Densidad (PEAD). - Utilizados para la conducción de agua a presión. Las tuberías de polietileno PE100 tienen la capacidad de conducir grandes volúmenes de agua sobre todo tipo de terrenos.

La tubería de polietileno de alta densidad es un polímero que se caracteriza por:

- Excelente resistencia térmica y química
- Muy buena resistencia al impacto
- Es sólido, incoloro, translucido, casi opaco.
- Muy buena procesabilidad, es decir, se puede procesar por los métodos de conformados empleados para los termoplásticos como inyección y extrusión
- Es flexible, aun a bajas temperaturas.
- Es tenaz.
- Es más, rígido que el polietileno de baja densidad.
- Presenta dificultades para imprimir, pintar o pegar sobre él.
- Es muy ligero.
- Su densidad es igual o menor a 0.952 g/cm³
- No es atacado por los ácidos, resistente al agua a 100°C y a la mayoría de los disolventes ordinarios.

b) Tubería de polietileno de Baja densidad. - se obtiene por polimerización del etileno a altas presiones. Es un polímero con una densidad comprendida entre 0.91 y 0.93 gr/cm³. Las tuberías PE40 son de polietileno de baja densidad, las cuales las características son:

- Buena resistencia térmica y química
- Buena resistencia al impacto

- Es translucido, poco cristalino
- Muy buena procesabilidad, es decir, se puede procesar por los métodos de conformados para los termoplásticos, como inyección y extrusión.
- Es más flexible que el polietileno de alta densidad.
- Presenta dificultades para imprimir, pintar o pegar sobre él.

Tipos de Soldadura

Para la unión de los tubos existen varios métodos entre los cuales los más frecuentes son:

- Soldadura por electro fusión
- Soldadura a tope por termo fusión
- Unión mediante accesorios mecánicos
- Unión mediante bridas
- Unión por juntas elásticas (tubos estructurados)

Las uniones térmicas ya sean por electro fusión o Termo fusión son las que más se emplean actualmente, debido a que garantizan una unión resistente a la tracción, además de ser uniones económicas.

Tabla 1. *Tabla de tipos de Uniones De Acuerdo A Sus Usos*

	Uniones mediante accesorios mecánicos	Uniones por electro fusión	uniones por soldadura a tope	uniones mediante brida
Usos Habituales	<ul style="list-style-type: none"> • Conducciones de agua y gas de diámetro pequeño y bajas presiones • Acometidas • Domiciliarias 	<ul style="list-style-type: none"> • Conducciones de agua y gas de diámetro medio y cualquier presión • Los tubos a unir pueden ser de PE80 a PE100 y de distinto espesor • Reparaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Conducciones de agua y gas de diámetro medio y grande y cualquier presión • Los tubos a unir pueden ser de PE80 o PE100, pero siempre del mismo material y espesor • Emisarios submarinos • Rehabilitación 	<ul style="list-style-type: none"> • Conducciones de agua y gas de diámetro medio y grande y cualquier presión • Uniones especiales con válvulas, tuberías de otros materiales, etc. • Reparaciones

Fuente: Elaboración Propia

Solamente se pueden unir mediante soldadura térmica los tubos PE 80 y PE 100, los tubos PE 40 se unen mediante accesorios mecánicos.

La calidad de cualquiera de las uniones térmicas depende del correcto procedimiento, de la cualificación del operario y de la calidad de la maquinaria empleada. Ambas técnicas son relativamente simples de realizar, pero si no se cumplen los procedimientos de soldadura, puede ocurrir que uniones aparentemente buenas sean puntos débiles que puedan generar fracasos a la hora de entrar en servicio

Tipos de Uniones

a. Uniones de Tuberías de PEAD (Electro fusión)

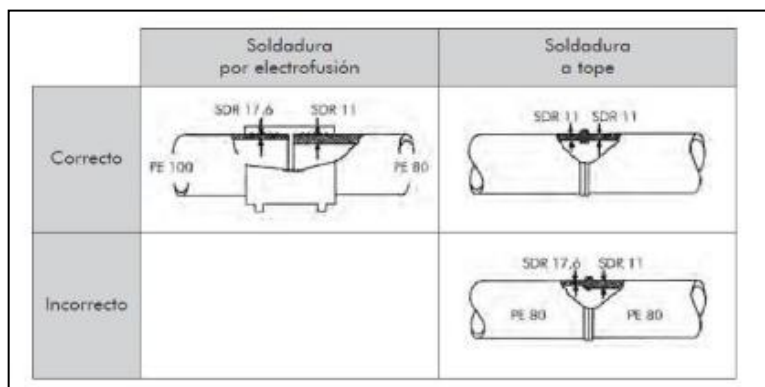
La electro fusión es la unión de las tuberías al hacer pasar una corriente a baja tensión a través de las espiras metálicas que tienen los accesorios, originando un calentamiento por efecto joule y generando la soldadura. Este tipo de soldadura se utiliza para unir tubos de PE de mediana y alta densidad, PE 80 y PE 100. Resisten una presión nominal de 16 bar en conducciones de agua.

La electro fusión en las tuberías de PE asegura una unión homogénea del mismo material, Segura, económica y eficaz. El área de soldadura del tubo es muy amplia, lo que asegura que el tubo pueda resistir grandes presiones internas y fuerzas de tracción, mayores que las puede resistir el propio tubo.

Una de las principales ventajas del electro fusión, es que durante el proceso no se requiere movimiento longitudinal del tubo, por lo que es ideal para efectuar instalaciones difíciles, reparaciones e instalaciones de acometidas.

La soldadura por electro fusión permite unir tubos de PE 80 con tubos de PE 100, incluso tubos de diferentes espesores, ventaja que con la soldadura a termo fusión no se puede hacer. La siguiente figura muestra lo explicado.

Figura 6. Representación del correcto uso de los tipos de soldaduras



Fuente: Luis Balairon 2008

Algunas máquinas disponen de un sistema de almacenamiento electrónico de información, que permite guardar en la memoria los datos de la unión como fecha, operador, datos de la Instalación, etc. Pudiendo luego transferir toda la información a un computador, para así Llevar una estadística de control y así facilitarles a las empresas de ubicar cualquier problema.

En la siguiente figura se muestran dos modelos de máquinas de electro fusión.

Figura 7. *Máquina De Electro Fusión PEAD*



Fuente: Elaboración Propia

Ventajas:

- Uniones seguras y duraderas
- El mejor sistema para realizar una reparación
- Ideal para realizar uniones en condiciones difíciles
- Corto tiempo de instalación y fácil de realizar
- No se requiere movimiento de los tubos para efectuar la unión
- Unión de tubos de diferentes espesores

Causas de fallo:

- Por no raspar bien el tubo
- Movimiento durante la fusión
- No haber utilizado alineadores
- Interrupciones del ciclo de fusión
- Tensión del grupo electrógeno incorrecto
- Incorrecta introducción del tiempo en la maquina
- Incorrecta introducción del volaje
- Corte inadecuado de la tubería
- No esperar a cumplir el tiempo de enfriamiento

b. Uniones de Tuberías de PEAD (Termo fusión)

Se utilizarán los equipos y procedimientos para unir las tuberías de polietileno (PEAD) en el sitio de la obra, utilizando el método de termo fusión a tope en estricta conformidad con las recomendaciones del fabricante y la norma NTP ISO 21307:2011.

La técnica de termo fusión consiste, básicamente, en el calentamiento de los extremos de las tuberías o accesorios por contacto con una placa calefactora hasta que alcance la temperatura de fusión y posteriormente la unión de ambas piezas bajo presión controlada. El método es adecuado para tuberías y accesorios de todos los diámetros.

Un aspecto fundamental a considerar para garantizar la adecuada unión de las tuberías de PEAD consiste en la limpieza de las tuberías a soldar. Es imprescindible que el sitio a soldar esté libre de polvo, partículas y suciedad, para que la soldadura sea correcta.

Figura 8. *Equipo de Termo fusión*



Fuente: Elaboración Propia

- **Procedimiento de soldadura**

El proceso de soldadura a tope de dos tubos de PEAD entre sí (o de un tubo a un accesorio) puede resumirse en las siguientes etapas.

Con anterioridad, no obstante, hay que hacer una serie de operaciones previas, como las siguientes:

- Emplazamiento de la maquinaria necesaria.
- Colocación y alineado de los tubos en la máquina.
- Refrentado.
- Colocación de la placa de soldar.

- **Precauciones**

Cuando los tubos de polietileno se unan mediante soldadura a tope en obra, existen dos posibilidades:

- ✓ Que la conducción esté fija en su emplazamiento definitivo y se vaya desplazando el equipo de soldadura, o

- ✓ Que el equipo de soldadura se mantenga en una misma ubicación y la conducción se vaya trasladando a su colocación definitiva, posteriormente (es decir, una vez soldada).

2.2.2. Sistema Pipe Bursting

2.2.2.1. Definición de Pipe bursting

El pipe bursting o fragmentación es una de las tecnologías sin zanja (trenchless technology), el cual es un sistema de rehabilitación o renovación de tuberías, sin la necesidad de retirar la tubería antigua, con la cual se utiliza un cabezal de corte o fractura para quebrar o cortar la tubería existente, con un desplazamiento mecánico, lo cual permite la instalación simultánea de la nueva tubería que viene adosada en la parte posterior del cabezal. Esta nueva tubería puede ser del mismo diámetro o uno mayor.

La tubería existente es fragmentada e incrustada en el suelo circundante por la acción Intrusiva del cabezal. El pipe bursting requiere de ventanas de lanzamiento y uno de llegada.

El extremo posterior del cabezal de ruptura está conectado a la nueva tubería y el extremo delantero está conectado a un cable o varilla de tracción. La nueva tubería y el cabezal son introducidos desde la ventana de inserción, y el cable o varilla de tracción por la otra ventana receptora.

La energía o potencia que provoca que la herramienta de ruptura avance para romper el tubo existente proviene de la tracción por el cable o varillas. Esta energía o potencia se convierte en una fuerza de fracturación en la tubería existente, rompiéndola y expandiéndola, para así dar pase a la nueva tubería.

La parte delantera del cabezal de ruptura es más pequeño que el diámetro de la tubería existente, para mantener la alineación y para garantizar una explosión uniforme. La base del cabezal de ruptura es mayor que el diámetro interior de la tubería existente para poder ser fracturado. También es un poco más grande que el diámetro exterior de la tubería para luego ser reemplazado y además, para reducir la fricción en la nueva tubería y para proporcionar espacio para maniobrar el tubo.

Figura 9. *Ilustración del Proceso del Pipe Bursting*



Fuente: *varqing Argas arquitectura e ingeniería S.A.S.*

El tamaño de la ruptura de tubos típicamente es de 2 a 36 pulgadas, aunque puede ser aún mayor (se ha reemplazado uno de 48 pulgadas). Se espera que la ruptura de tubos para diámetros extremadamente grandes (por ejemplo, 80 pulgadas), será posible con equipos más grandes en el futuro.

La longitud típica de reemplazo es de entre 91.44 m y 152.4 m. Sin embargo, se pueden alcanzar rupturas con distancias más grandes cuando sea necesario. Las grandes distancias generalmente necesitan de un equipo más potente para completar el trabajo.

2.2.2.2. Tipos de Pipe Bursting

El sistema Pipe Bursting se clasifica en dos clases pipe bursting estático y pipe bursting dinámico.

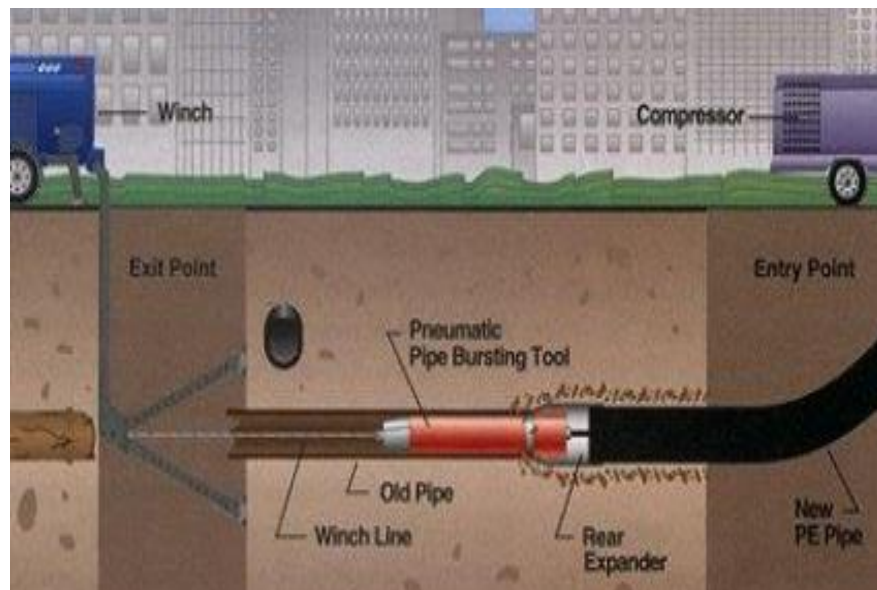
La diferencia primordial entre los dos sistemas está en la fuente de energía y el método de romper la tubería existente y algunas diferencias consiguientes en la operación. La utilización de uno de los métodos de reemplazo de las tuberías, depende mucho de las condiciones geotécnicas, el diámetro requerido a ampliar, la profundidad y el perfil de la tubería existente.

2.2.2.2.1. Pipe Bursting Dinámico

En el pipe bursting dinámico se utiliza un compresor neumático, instalado fuera del área de trabajo al nivel de la vía, el cual genera la fuerza de empuje para que un cabezal neumático avance sobre la tubería existente (tubería huésped). El cabezal es guiado por un winche instalado en el extremo opuesto del tramo. Para la inserción de la tubería se debe acondicionar una rampa de ingreso en el extremo del tramo por el cual se va a ingresar la tubería, lo que requiere afectar las vías en un tramo que es proporcional al diámetro de la tubería a instalar. Del otro lado del tramo no se requiere realizar afectaciones a la estructura vial, salvo si la boca de acceso del pozo de inspección no permite el retiro de la cabeza neumática.

Este método de rehabilitación es solamente utilizado en redes de alcantarillado.

Figura 10. Esquema de Rehabilitación por Pipe Bursting Dinámico.



Fuente: Elaboración Propia

2.2.2.2.2. Pipe Bursting Estático

En el pipe bursting estático se utiliza un equipo de empuje hidráulico, instalado dentro del área de trabajo por debajo del nivel de instalación de la tubería. Este equipo es alimentado por una unidad de potencia hidráulica que está instalada al nivel de la vía. Con este método se requiere construir dos trincheras, uno a cada lado del tramo a rehabilitar, y el proceso se lleva a cabo en dos etapas. En una primera etapa se pasan de un extremo a otro una serie de barras de acero de longitud promedio 1,0 m hasta cubrir toda la extensión del tramo. En la segunda etapa se amarra a uno de los extremos de las barras la cabeza fragmentadora y expansora y se retraen las barras en sentido contrario a su ingreso.

A diferencia del pipe bursting dinámico, este sistema es aplicado tanto para redes de agua potable como de alcantarillado.

Figura 11. *Esquema de Rehabilitación por Pipe Bursting Dinámico.*



Fuente: Elaboración Propia

2.2.2.3. *Pipe Bursting en el Perú*

En el Perú, en el año 1997 Breña fue el primero de los 49 distritos de Lima en realizar trabajos de rehabilitación de tuberías de redes de agua potable y alcantarillado por el sistema pipe bursting. Para la realización de estos trabajos se efectuaron estudios técnicos, los cuales indicaron que el distrito de Breña tenía aproximadamente 74 km de tubería de redes de agua, de los cuales 57 km (77%) requerían reemplazo o rehabilitación, siendo 6.4 km reemplazados mediante pipe bursting. Además, el sistema de redes de alcantarillado tenía 72 km, de los cuales 11 km (15%) requerían reemplazo o rehabilitación, siendo 4.2 km reemplazados mediante pipe bursting.

Figura 12 *Imágenes de los primeros usos de la maquina Pipe Bursting.en el Peru*



Fuente: fotografía tomada en obra, año 1997

2.3. Definición de términos

- **Alcantarillado.** – Es un sistema compuesto por estructuras y colectores usados para la recolección y transporte de las aguas residuales y /o aguas de lluvia, desde el lugar en que se origina hasta el sitio en que se vierten: cauce natural o planta de tratamiento de aguas residuales.
- **Sistema.** - Un sistema es un conjunto de elementos relacionados entre sí que funciona como un todo. Los elementos que componen un sistema pueden ser variados, como una serie de principios o reglas estructuradas sobre una materia o teoría.
- **Aguas residuales.** - Aguas producto de las actividades industriales y domésticos; constituidos por materia orgánica e inorgánica, metales pesados, entre otros.
- **Aguas lluvias.** - Aguas provenientes de la precipitación pluvial.
- **Ex filtración.** - Escape del flujo de una tubería, pozo o cámara de inspección.
- **Deformación o deflexión.** - Perdida de la forma original de la sección transversal de una tubería.

- **Junta.** – Localización en el cual los extremos de dos unidades adyacentes de tubería se ensamblan longitudinalmente.
- **Infiltración.** – Ingreso de agua subterránea a un sistema de tuberías.
- **Rotura o colapso.** – Partes o pedazos de una tubería que se separan o se destruyen por acción de una carga.
- **Fisura.** - Separación superficial (cerrada) de una tubería, no supera el 50% del espesor del tubo.
- **Grieta.** – Separación abierta de una tubería, supera el 50% del espesor del tubo.
- **Fractura.** – Rotura de una tubería, abierta al 100% del espesor del tubo.
- **Impacto.** – Secuela o efecto, positivo o negativo, que recibe un algo debido a un agente nuevo en su entorno.
- **Rehabilitación.** – Todas las medidas para restaurar o mejorar el funcionamiento de un sistema de alcantarillado existente.
- **Renovación.** – Es el trabajo para mejorar el funcionamiento de una longitud del alcantarillado
- **Reemplazo.** – Es la construcción de un nuevo sistema de alcantarillado, incorporado y posiblemente mejorado las funciones del viejo.
- **Tubería.** – Conducto prefabricado, o construido en sitio, de concreto, concreto reforzado, plástico, asbesto cemento, hierro fundido, PVC, plástico con refuerzo de fibra de vidrio, u otro material cuya tecnología y proceso de fabricación cumplan con las normas técnicas correspondientes. Por lo general su sección es circular.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Las ventajas del sistema “Pipe Bursting”, influyen reduciendo la deficiencia del Sistema de Alcantarillado del Proyecto Lima Norte II en el distrito de Comas-Lima.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- a) El uso de equipos de fragmentación si afecta a la reducción de costos de la rehabilitación del sistema de alcantarillado.
- b) El uso de equipos de fragmentación si mejora el tiempo de ejecución en la rehabilitación del Sistema de Alcantarillado.
- c) El uso de equipos de fragmentación contribuye positivamente en el aspecto socio-ambiental de la rehabilitación del Sistema de Alcantarillado.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de variables

Variable Independiente (X):

SISTEMA “PIPE BURSTING”

El pipe bursting o también llamado fractura de tubería es una técnica que se usa para reemplazar tuberías bajo tierra con una mínima excavación. El fundamento del sistema es usar el espacio vacío ocupado anteriormente por la tubería en el suelo, de manera que se elimina la necesidad de excavar Una nueva zanja.

Variable Dependiente (Y):

DEFICIENCIA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

Un sistema de alcantarillado deficiente consiste en el deterioro de tuberías con el paso del tiempo, la infraestructura supera su vida útil.

2.5.2. Definición operacional de la variable**Variable Independiente(X):**

SISTEMA “PIPE BURSTING”

Es un método de reemplazo de tuberías que permite cambiar la tubería existente a través del desplazamiento de sus fragmentos alrededor del suelo circundante a la vez que la nueva tubería, de igual o mayor diámetro, es insertado dentro del vacío creado.

Variable Dependiente (Y):

DEFICIENCIA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

El sistema de alcantarillado ha excedido su vida útil y presenta gran cantidad de daños, lo que conlleva a problemas en el mantenimiento y la operación de la red. Por lo tanto, se requiere una metodología para la Rehabilitación del Alcantarillado.

$$Y=f(X)$$

2.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla 2. *Tabla de Operacionalización de Variables*

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
<u>VARIABLE INDEPENDIENTE</u> Sistema “Pipe Bursting”	El pipe bursting o también llamado fractura de tubería es una técnica que se usa para reemplazar tuberías bajo tierra con una mínima excavación. El fundamento del sistema es usar el espacio vacío ocupado anteriormente por la tubería en el suelo, de manera que se elimina la necesidad de excavar Una nueva zanja	Es un método de reemplazo de tuberías que permite cambiar la tubería existente a través del desplazamiento de sus fragmentos alrededor del suelo circundante a la vez que la nueva tubería, de igual o mayor diámetro, es insertado dentro del vacío creado.	tiempo	Horas días
			*Costos de equipos y herramienta	Soles (s/.)
			*Costos de horas hombre	Soles (s/.)
			Socio-ambiental	Bajo moderado Alto
<u>VARIABLE DEPENDIENTE</u> Deficiencia del Sistema de Alcantarillado	Un sistema de alcantarillado deficiente consiste en el deterioro de tuberías con el paso del tiempo, la infraestructura supera su vida útil	El sistema de alcantarillado ha excedido su vida útil y presenta gran cantidad de daños, lo que conlleva a problemas en el mantenimiento y la operación de la red. Por lo tanto, se requiere una metodología para la Rehabilitación del Alcantarillado	Proceso constructivo Vida útil	Estudios Anteriores

Fuente: *Elaboración Propia*

CAPITULO III

METODOLOGIA

3.1. Método de Investigación

El método empleado para la investigación es el CIENTIFICO y como método específico es el analítico - sintético, ya que utilizamos la cuantificación de fichas de evaluación para extraer información técnica-económica del sistema de alcantarillado utilizado en el sector 348 del proyecto y encuestas para reconocer el impacto socio-ambiental que generan la aplicación de esta nueva tecnología que es el método “Pipe Bursting”.

3.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es, APLICADA, ya que empleamos fuentes teóricas acerca del tema de estudio que fueron aplicadas a nuestras variables.

Este tipo de investigación ayudo a generar nuevas ideas con la aplicación directa de conceptos teóricos ya establecidos hacia nuestros problemas planteados.

3.3. Nivel de Investigación

La presente investigación tiene un nivel DESCRIPTIVO - EXPLICATIVO, esto con la finalidad de explicar cuáles serán las ventajas de utilizar un nuevo sistema de alcantarillado propuesto, esto a través de la descripción. En este nivel de investigación no nos limitaremos a la recolección de información y/o datos, si no que identificaremos cuales son las relaciones que existen estas con nuestras posibles hipótesis.

3.4. Diseño de la Investigación

El diseño es el NO EXPERIMENTAL, ya que ninguna variable se ha de manipular deliberadamente. La investigación se basará en la observación del proyecto ya ejecutado. Más no la aplicación de teorías o experimentos que puedan variar nuestras variables.

3.5. Población y Muestra

- **Población**

Nuestra población fue el Proyecto Lima Norte II que se encuentra en el distrito de Comas, esta cuenta con la siguiente población:

- 150 tramos en rehabilitación distribuidos en todo el sector 348. (según expediente)
- 6865 de población servida, calculada del promedio de la población servida 2014 y 2038 del sector 348.

- **Muestra**

El tipo de muestra es el aleatorio simple cuyo tamaño se calculó con la fórmula de Murray y Larry.

$$n = \frac{NZ^2 pq}{e^2(N-1) + Z^2 pq}$$

Dónde:

Z = Desviación Estándar según el nivel de confianza.

$\gamma = 95\%$

e = Margen de error permisible.

p= Probabilidades de ocurrencia de los casos (p=0.5)

q= Probabilidades de no ocurrencia de los casos (q=0.5)

N= Tamaño de población

n = Tamaño óptimo de la muestra

- Para nuestra primera población de 150 tramos, con un nivel de confianza de 95% y un margen de error del 5%, Z= 1.96.

$$n = \frac{150 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.05^2 \times (150 - 1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}$$

$$n = 109 \text{ tramos}$$

- Para nuestra segunda población de 6865 Hab., con un nivel de confianza de 95% y un margen de error del 5%, Z=1.96.

$$n = \frac{6865 \times 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}{0.05^2 \times (6865 - 1) + 1.96^2 \times 0.5 \times 0.5}$$

$$n = 364 \text{ Hab.}$$

3.6. Técnicas e Instrumentos de la Recolección de Datos

- Análisis de documentos: Revisión documental del expediente de la obra (memoria descriptiva, planos, presupuesto, costos unitarios, cronogramas, cotizaciones).
- Lecturas bibliográficas referentes al tema.
- La observación en campo del procedimiento constructivo.

- Programas de S10 y Ms Project para el análisis de presupuesto y tiempos.
- Se utilizó el empleo de fichas de evaluación con la finalidad de obtener información técnica y económica de cada tramo del sector estudiado.
- Se utilizó el empleo de encuestas para recopilar información socio ambiental del sector estudiado.

3.7. Procesamiento de la Información

- El procesamiento se realizó con el software IBM SPSS, que es un programa estadístico que es utilizado en investigaciones descriptivas.
- El análisis de datos se realizará comparando los costos mediante un cuadro comparativo que contemplará el análisis de precios unitarios, tiempos, aspectos socio ambiental, etc. Esto referente a cada uno de los sistemas a estudiar.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. Generalidades del Proyecto

Con el objetivo de evaluar la influencia de la metodología sin zanja (variable independiente) en la productividad en obra en comparación al método tradicional, se consideró como escenario de prueba el proyecto: Lima Norte II - “Optimización de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado, Sectorización, Rehabilitación de Redes y Actualización de Catastro – Área de Influencia Planta Huachipa – Área de Drenaje Oquendo, Sinchi Roca, Puente de Piedra y Sectores 84, 83, 85 y 212 – Lima”

4.2. Ubicación del Proyecto

El área de influencia del Proyecto se ubica geográficamente en la Costa del Pacífico, en el área urbana al Norte de la ciudad de Lima, que se encuentra sobre los $77^{\circ} 03'$ de longitud Oeste desde el Meridiano de Greenwich y a los $11^{\circ} 55'$ de latitud Sur, desde el Ecuador. Su altitud media se estima en 137 m.s.n.m.

El área de influencia del estudio limita por el Norte con los distritos de Ventanilla y Puente de Piedra, por el Sur con el distrito del Callao, por el Este con los distritos de Comas, Carabayllo e Independencia y, por el Oeste con el Océano Pacífico y se ubica en el ámbito operativo de la Gerencia de Servicio Norte de SEDAPAL, en el área de atención de la Planta de potabilización Huachipa.

El área de influencia del Proyecto, definido como el ámbito geográfico donde se realizarán las intervenciones en los sistemas existentes de agua potable y alcantarillado, está conformada por los 16 sectores de abastecimiento definidos por SEDAPAL, que se indican en la tabla a continuación:

Tabla 3. Área de influencia del proyecto Lima Norte II

Distrito	Sectores incluidos en el área de influencia	Sectores no incluidos en el área de influencia
Comas	345, 346, 347, 348 , 349	
Carabayllo	350, 351	
Los Olivos	83, 84, 85	
Puente Piedra	368A, 369A, 370	361, 368B, 369B
San Martín de Porres	212, 213	251, 252, 253, 254, 255, 257
Callao	259	256, 258
Ventanilla	259	260, 261, 262, 263, 264, 265, 266

Fuente: Expediente Técnico del proyecto Lima Norte II-Sedapal.

4.3. Descripción del Proyecto

Para mejorar el servicio de alcantarillado, el Proyecto propone la rehabilitación de los colectores secundarios de alcantarillado, lo cual implica el reemplazo de aquellas tuberías que se encuentren deterioradas o muy deterioradas, o la renovación considerando mejoras

en su capacidad hidráulica, tal que estos colectores tengan capacidad de recolección suficiente para satisfacer las demandas futuras, al horizonte del Proyecto. Lo anterior permitirá reducir los atoros y colapsos que se presentan con frecuencia en las redes secundarias de alcantarillado, disminuirá el número de reclamos a la Empresa SEDAPAL y mejorará la calidad de vida de la población.

Tabla 4: *Resumen longitud de tuberías a rehabilitar por método constructivo, sector 348*

Sector	Total N° actuaciones	Método con zanja		Método sin zanja		Longitud total a rehabilitar (m)
		N° actuaciones	Longitud a rehabilitar (m)	N° actuaciones	Longitud a rehabilitar (m)	
Paquete B-1						
348	150	82	14,543.70	68	8,368.36	22,912.06

Fuente: Expediente Técnico del proyecto Lima Norte II-Sedapal.

Tabla 5: *Longitud de tuberías a rehabilitar según diámetro y sector, sector 348*

Sector	Longitud a colocar (m) según diámetros propuestos					Longitud total (m)
	160 mm	200 mm	250 mm	315 mm	355 mm	
Paquete B-1						
348	82.25	18,548.83	1,220.49	2,189.46	871.03	22,912.06

Fuente: Expediente Técnico del proyecto Lima Norte II-Sedapal.

La longitud total de tuberías a rehabilitar en el sector 348 es de 22,912.06 m y de acuerdo con el método constructivo, la proporción es como se indica a continuación:

- Método sin zanja: 8,368.36 m que representa el 36.52 % del total del sector 348
- Método con zanja: 14,543.70 m, para un 63.48 % del total del sector 348.

4.4. Resultados Estadísticos

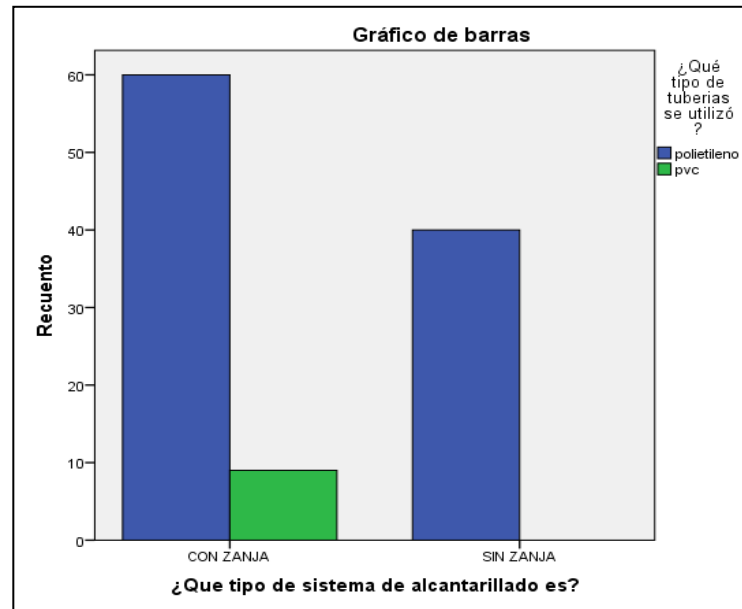
4.4.1. Resultados de Fichas de Evaluación

Tabla 6. Tabulación cruzada ¿Qué tipo de tuberías se utilizó? En el sector 348

			¿Qué tipo de tuberías se utilizó?		Total
			polietileno	PVC	
¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	CON ZANJA	Recuento	60	9	69
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	87,0%	13,0%	100,0%
		% dentro de ¿Qué tipo de tuberías se utilizó?	60,0%	100,0%	63,3%
	% del total	55,0%	8,3%	63,3%	
	SIN ZANJA	Recuento	40	0	40
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	100,0%	0,0%	100,0%
% dentro de ¿Qué tipo de tuberías se utilizó?		40,0%	0,0%	36,7%	
% del total	36,7%	0,0%	36,7%		
Total		Recuento	100	9	109
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	91,7%	8,3%	100,0%
		% dentro de ¿Qué tipo de tuberías se utilizó?	100,0%	100,0%	100,0%
		% del total	91,7%	8,3%	100,0%

Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Figura 13. Variación del tipo de tubería que se utilizó en la rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Interpretación:

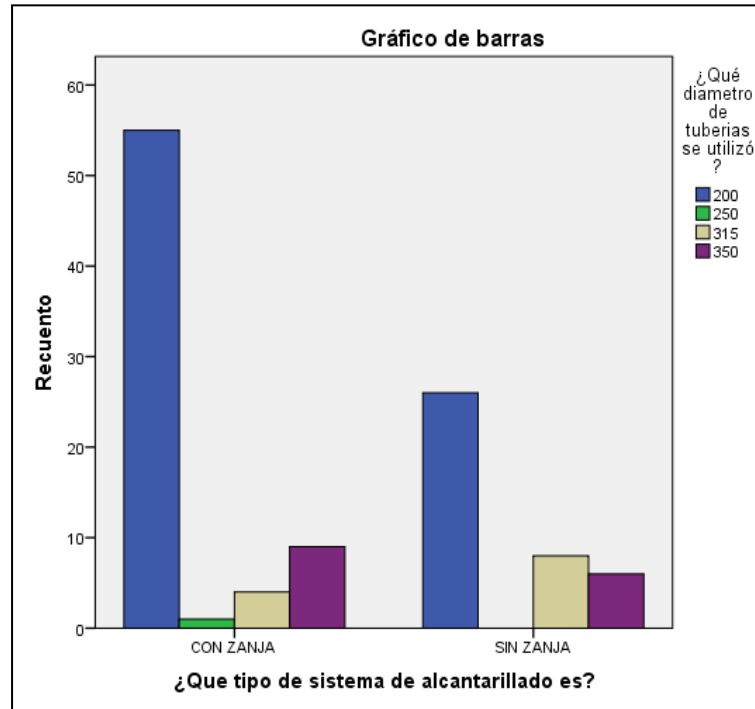
- De la tabla N°16, indica que con el Sistema de Alcantarillado con Zanja el 87% se utilizó con tuberías de Polietileno y 13% con tuberías PVC, a contrario con el Método Sin Zanja que se utilizó el 100% con tuberías de Polietileno.
- Lo mismo de la Figura N°16, el grafico de barras indica lo siguiente: que en el Sistema de Alcantarillado con Zanja se utilizaron los dos tipos de tuberías, usando más la tubería de polietileno. Con el Método Sin Zanja se utilizaron en su totalidad tuberías de Polietileno.

Tabla 7. Tabulación cruzada ¿Qué diámetro de tuberías se utilizó? En el sector 348

			¿Qué diámetro de tuberías se utilizó?				Total	
			200	250	315	350		
¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	CO N ZAN JA	Recuento	55	1	4	9	69	
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	79,7 %	1,4%	5,8%	13,0 %	100,0 %	
		% dentro de ¿Qué diámetro de tuberías se utilizó?	67,9 %	100,0 %	33,3%	60,0 %	63,3%	
		% del total	50,5 %	0,9%	3,7%	8,3%	63,3%	
	SIN ZAN JA	Recuento	26	0	8	6	40	
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	65,0 %	0,0%	20,0%	15,0 %	100,0 %	
		% dentro de ¿Qué diámetro de tuberías se utilizó?	32,1 %	0,0%	66,7%	40,0 %	36,7%	
		% del total	23,9 %	0,0%	7,3%	5,5%	36,7%	
	Total		Recuento	81	1	12	15	109
			% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	74,3 %	0,9%	11,0%	13,8 %	100,0 %
		% dentro de ¿Qué diámetro de tuberías se utilizó?	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	100,0 %	
		% del total	74,3 %	0,9%	11,0%	13,8 %	100,0 %	

Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Figura 14. Variación del diámetro de tubería que se utilizó en la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Interpretación:

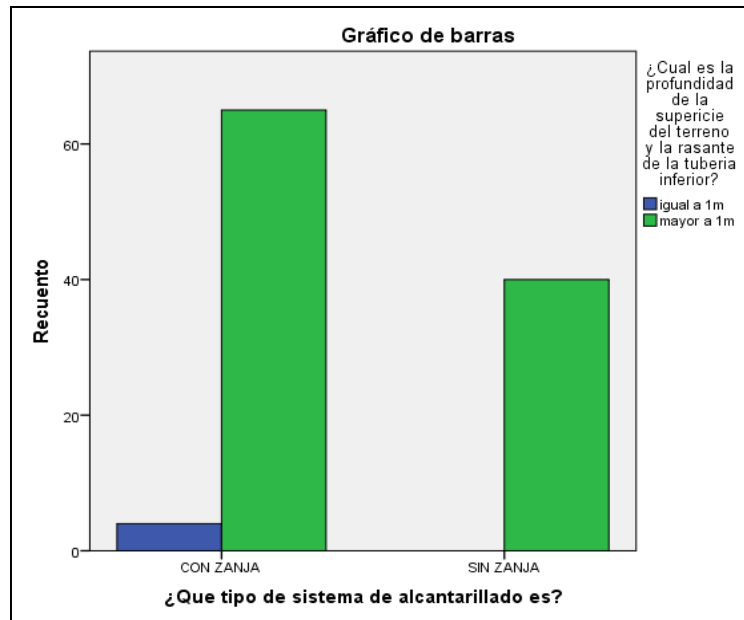
- De la tabla N°7 indica que con el Sistema de Alcantarillado con Zanja y sin Zanja se utilizaron más tuberías de polietileno de DN200, 79.7% y 65% respectivamente, dado que en el sector existe más líneas secundarias de Alcantarillado.
- De la tabla N°7 Del Grafico se deduce lo siguiente: que en el Sistema de Alcantarillado con Zanja se utilizaron tuberías de DN200, 250, 315 Y 350, y en el Método Sin Zanja se utilizaron tuberías de DN200, 315 y 355 de Polietileno.

Tabla 8. Tabulación cruzada. ¿Qué profundidad de la superficie del terreno y la rasante de la tubería inferior se utilizó? tabulación cruzada

			¿Cuál es la profundidad de la superficie del terreno y la rasante de la tubería inferior?		Total
			igual a 1 m	mayor a 1 m	
¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	CON ZANJA	Recuento	4	65	69
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	5,8%	94,2%	100,0%
		% dentro de ¿Cuál es la profundidad de la superficie del terreno y la rasante de la tubería inferior?	100,0%	61,9%	63,3%
	SIN ZANJA	Recuento	0	40	40
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	0,0%	100,0%	100,0%
		% dentro de ¿Cuál es la profundidad de la superficie del terreno y la rasante de la tubería inferior?	0,0%	38,1%	36,7%
Total		Recuento	4	105	109
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	3,7%	96,3%	100,0%
		% dentro de ¿Cuál es la profundidad de la superficie del terreno y la rasante de la tubería inferior?	100,0%	100,0%	100,0%
		% del total	3,7%	96,3%	100,0%

Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Figura 15. Variación de la profundidad de la superficie del terreno y la Rasante de la tubería inferior se utilizó en la rehabilitación del sector 348 del Proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Interpretación:

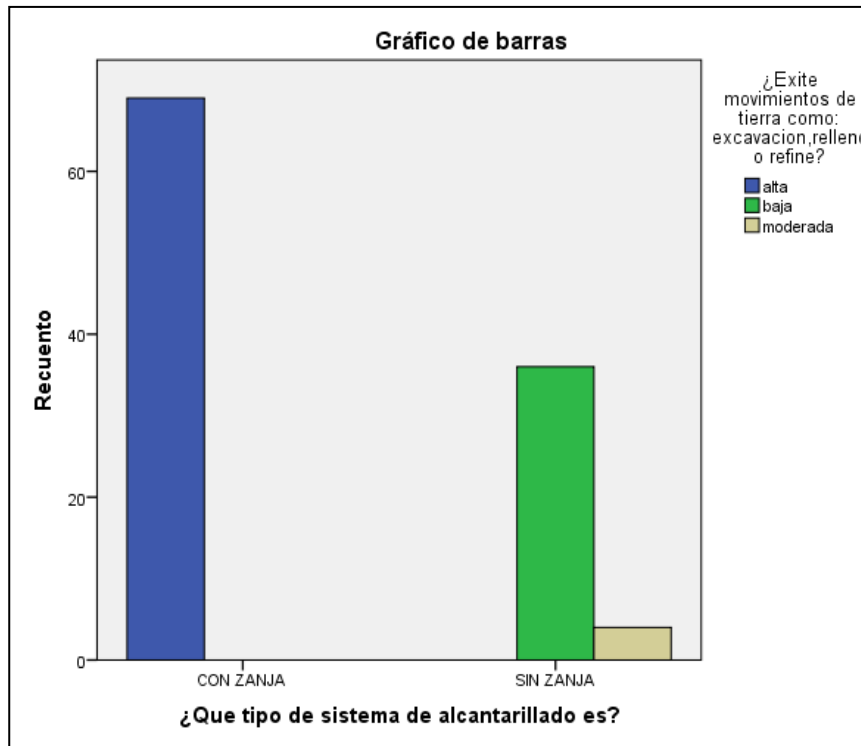
- De la tabla N°8, se puede decir del sistema convencional en un 5.8 % se utilizó a una profundidad igual a 1m y con un 94.2% se utilizó a una profundidad mayor a 1m.
- De la tabla N°8, se puede decir del sistema pipe bursting que en un 100 % se utilizó a una profundidad mayor a 1m.
- De la figura N°14, se puede ver que el método convencional puede ser usado a profundidades igual y mayor a 1m.
- De la figura N°14, se puede ver que el método pipe bursting puede ser usado a profundidades mayores a 1m.

Tabla 9. Tabulación cruzada. ¿Existió movimientos de tierra como: ¿excavación, relleno o refine?

			¿Existe movimientos de tierra como: ¿excavación, relleno o refine?			Total
			alta	baja	moderada	
¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	CON ZANJA	Recuento	69	0	0	69
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
		% dentro de ¿Existe movimientos de tierra como: ¿excavación, relleno o refine?	100,0%	0,0%	0,0%	63,3%
	% del total		63,3%	0,0%	0,0%	63,3%
	SIN ZANJA	Recuento	0	36	4	40
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	0,0%	90,0%	10,0%	100,0%
% dentro de ¿Existe movimientos de tierra como: ¿excavación, relleno o refine?		0,0%	100,0%	100,0%	36,7%	
% del total		0,0%	33,0%	3,7%	36,7%	
Total		Recuento	69	36	4	109
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	63,3%	33,0%	3,7%	100,0%
		% dentro de ¿Existe movimientos de tierra como: ¿excavación, relleno o refine?	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
% del total		63,3%	33,0%	3,7%	100,0%	

Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Figura 16. Variación existencia de movimientos de tierra en los métodos de rehabilitación del sector 348 del proyecto Lima Norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Interpretación:

- De la tabla N°9 se puede decir que en el método convencional hubo movimientos de tierra como: excavación, relleno o refine de capacidad alta con un 100.%.
- De la tabla N°9 se puede decir que en el método pipe bursting hubo movimientos de tierra como: excavación, relleno o refine de capacidad baja y moderada con un 90% y 10% respectivamente.
- De la figura N°15 se puede observar que en el método convencional existe movimientos de tierra alta. al mismo tiempo se puede decir que el método pipe bursting muestra que los movimientos de tierra son de medida baja y una mínima proporción de moderada

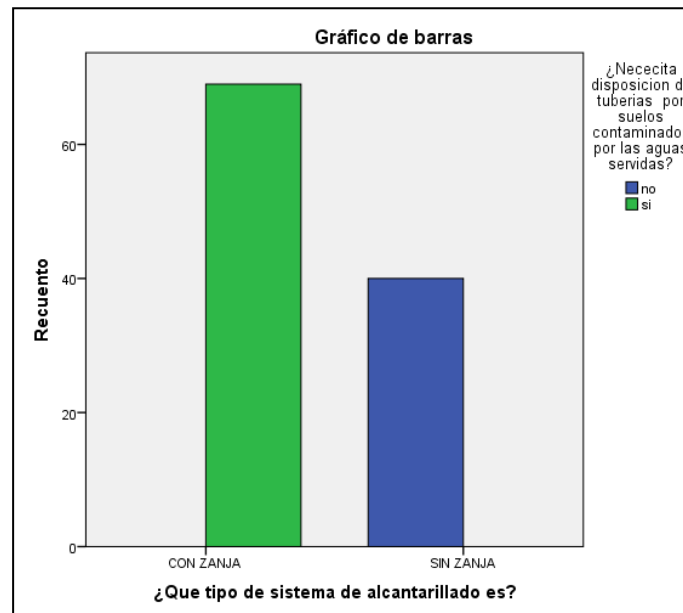
Tabla 10. Tabulación cruzada. ¿Necesitó disposición de tuberías por suelos contaminados por las aguas servidas?

			¿Necesita disposición de tuberías por suelos contaminados por las aguas servidas?		Total
			no	si	
¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	CON ZANJA	Recuento	0	69	69
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	0,0%	100,0%	100,0%
		% dentro de ¿Necesita disposición de tuberías por suelos contaminados por las aguas servidas?	0,0%	100,0%	63,3%
		% del total	0,0%	63,3%	63,3%
	SIN ZANJA	Recuento	40	0	40
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	100,0%	0,0%	100,0%
		% dentro de ¿Necesita disposición de tuberías por suelos contaminados por las aguas servidas?	100,0%	0,0%	36,7%
		% del total	36,7%	0,0%	36,7%
Total	Recuento	40	69	109	
	% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	36,7%	63,3%	100,0%	
	% dentro de ¿Necesita disposición de tuberías por suelos contaminados por las aguas servidas?	100,0%	100,0%	100,0%	
	% del total	36,7%	63,3%	100,0%	

Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Figura 17. Variación de disposición de tuberías por suelos contaminados por las aguas servidas en la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte

II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Interpretación:

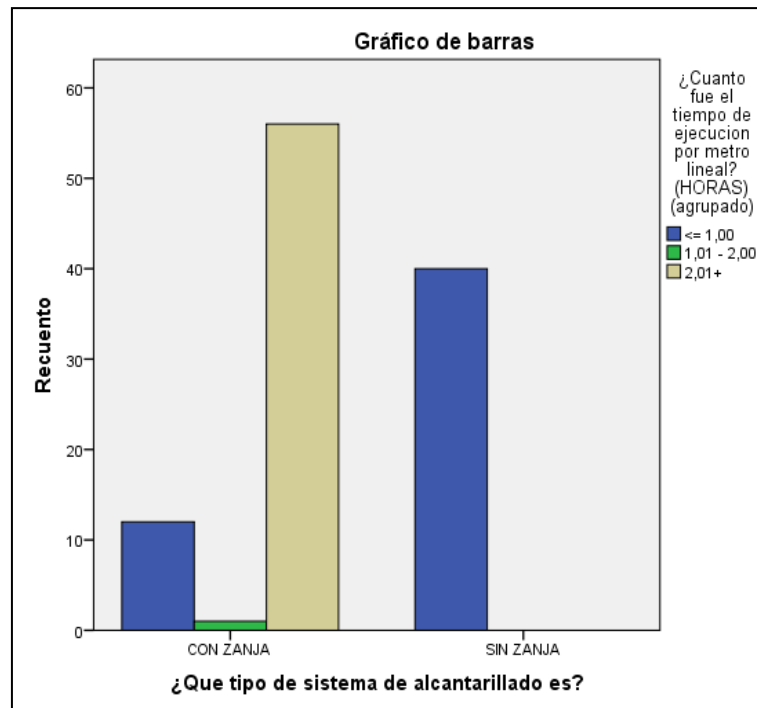
- De la tabla N°10, se puede decir que en el sistema convencional el 100% necesitó disposición de tuberías por suelos contaminados por las aguas servidas.
- De la tabla N°10, se puede decir que en el sistema pipe bursting el 100% NO necesitó disposición de tuberías por suelos contaminados por las aguas servidas.

Tabla 11. *Tabulación cruzada. ¿Cuántas horas fue el tiempo de ejecución por metro / lineal?*

			¿Cuánto fue el tiempo de ejecución por metro lineal? (HORAS) (agrupado)			Total
			<= 1,00	1,01 - 2,00	2,01+	
¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	CON ZANJA	Recuento	12	1	56	69
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	17,4%	1,4%	81,2%	100,0%
		% dentro de ¿Cuánto fue el tiempo de ejecución por metro lineal? (HORAS) (agrupado)	23,1%	100,0%	100,0%	63,3%
	% del total		11,0%	0,9%	51,4%	63,3%
	SIN ZANJA	Recuento	40	0	0	40
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
% dentro de ¿Cuánto fue el tiempo de ejecución por metro lineal? (HORAS) (agrupado)		76,9%	0,0%	0,0%	36,7%	
% del total		36,7%	0,0%	0,0%	36,7%	
Total		Recuento	52	1	56	109
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	47,7%	0,9%	51,4%	100,0%
		% dentro de ¿Cuánto fue el tiempo de ejecución por metro lineal? (HORAS) (agrupado)	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
% del total		47,7%	0,9%	51,4%	100,0%	

Fuente: *Elaboración Propia-Programa IBM SPSS*

Figura 18. Variación de horas de tiempo de ejecución en los métodos en la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Interpretación:

- De la tabla N°11, se puede decir que en el sistema convencional el 17.4% de sectores se empleó menor a una hora, el 1.4% empleo de 1-2 horas y el 81.2% empleo más de 2 horas por metro lineal.
- De la tabla N°11, se puede decir que en el sistema pipe bursting el 100% de tramos emplea menos a 1 hora por metro lineal de trabajo.

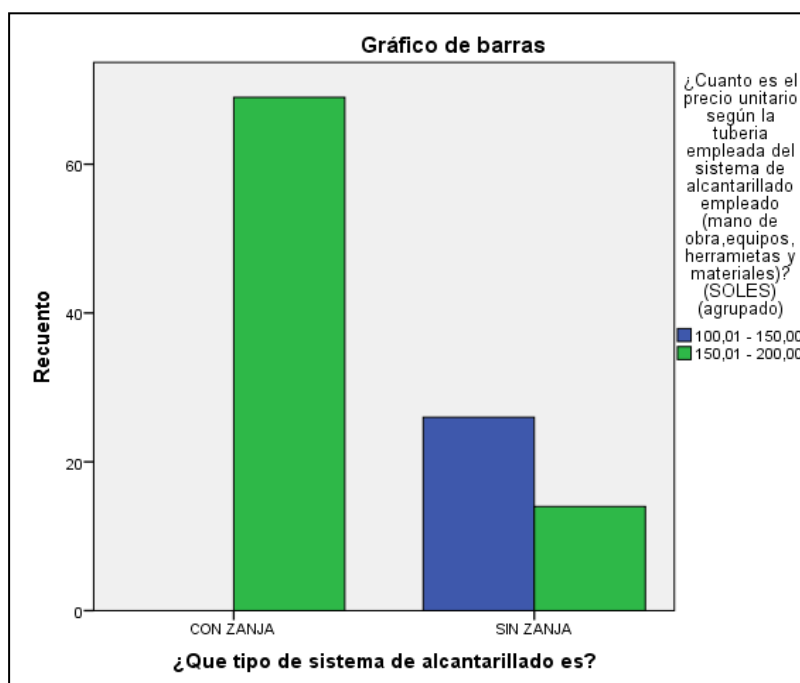
Tabla 12. Tabulación cruzada. ¿Cuánto es el precio unitario de equipos y materiales del sistema de alcantarillado empleado?

		¿Cuánto es el precio unitario según la tubería empleada del sistema de alcantarillado empleado (mano de obra, equipos, herramientas y materiales)? (SOLES) (agrupado)		Total
		100,01 - 150,00	150,01 - 200,00	
CON ZANJA	Recuento	0	69	69
	% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	0,0%	100,0%	100,0 %
	% dentro de ¿Cuánto es el precio unitario según la tubería empleada del sistema de alcantarillado empleado (mano de obra, equipos, herramientas y materiales)? (SOLES) (agrupado)	0,0%	83,1%	63,3 %
	% del total	0,0%	63,3%	63,3 %
SIN ZANJA	Recuento	26	14	40
	% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	65,0%	35,0%	100,0 %
	% dentro de ¿Cuánto es el precio unitario según la tubería empleada del sistema de alcantarillado empleado (mano de obra, equipos, herramientas y materiales)? (SOLES) (agrupado)	100,0%	16,9%	36,7 %
	% del total	23,9%	12,8%	36,7 %
Total	Recuento	26	83	109
	% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	23,9%	76,1%	100,0 %
	% dentro de ¿Cuánto es el precio unitario según la tubería empleada del sistema de alcantarillado empleado (mano de obra, equipos, herramientas y materiales)? (SOLES) (agrupado)	100,0%	100,0%	100,0 %
	% del total	23,9%	76,1%	100,0 %

Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Figura 19. Variación precios en los métodos en la Rehabilitación

Del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Interpretación:

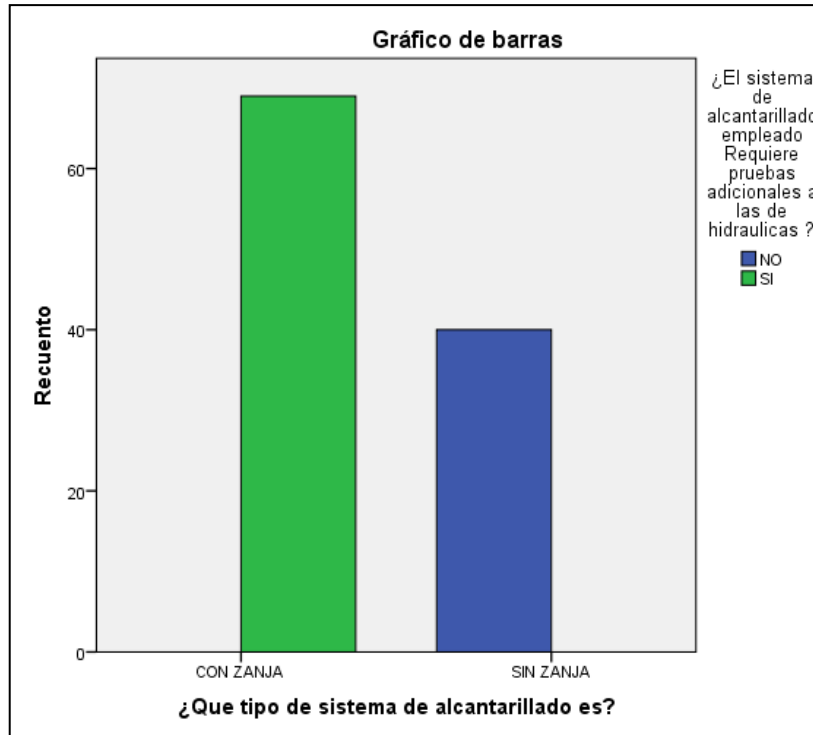
- De La Tabla N°12, se puede decir que el 100% de los sectores evaluados del sistema convencional gasto en equipos y materiales del sistema de alcantarillado empleado un promedio de S/.150 a S/.200. a más.
- De La Tabla N°12, se puede decir que el 65% de los sectores evaluados del sistema Pipe Bursting gasto en equipos y materiales del sistema de alcantarillado empleado un promedio de S/.100 a S/.150.
- De La Tabla N°12, se puede decir que el 35% de los sectores evaluados del sistema Pipe Bursting gasto en equipos y materiales del sistema de alcantarillado empleado un promedio de S/.150 a S/.200. esto debido al diámetro de tubería.

Tabla 13. Tabulación cruzada. ¿El sistema de alcantarillado empleado Requiere pruebas adicionales a las de hidráulicas?

			¿El sistema de alcantarillado empleado Requiere pruebas adicionales a las de hidráulicas?		Total
			NO	SI	
¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	CON ZANJA	Recuento	0	69	69
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	0,0%	100,0%	100,0%
		% dentro de ¿El sistema de alcantarillado empleado Requiere pruebas adicionales a las de hidráulicas?	0,0%	100,0%	63,3%
		% del total	0,0%	63,3%	63,3%
	SIN ZANJA	Recuento	40	0	40
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	100,0%	0,0%	100,0%
% dentro de ¿El sistema de alcantarillado empleado Requiere pruebas adicionales a las de hidráulicas?		100,0%	0,0%	36,7%	
	% del total	36,7%	0,0%	36,7%	
Total		Recuento	40	69	109
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	36,7%	63,3%	100,0%
		% dentro de ¿El sistema de alcantarillado empleado Requiere pruebas adicionales a las de hidráulicas?	100,0%	100,0%	100,0%
		% del total	36,7%	63,3%	100,0%

Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Figura 20. Variación pruebas adicionales en la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Interpretación:

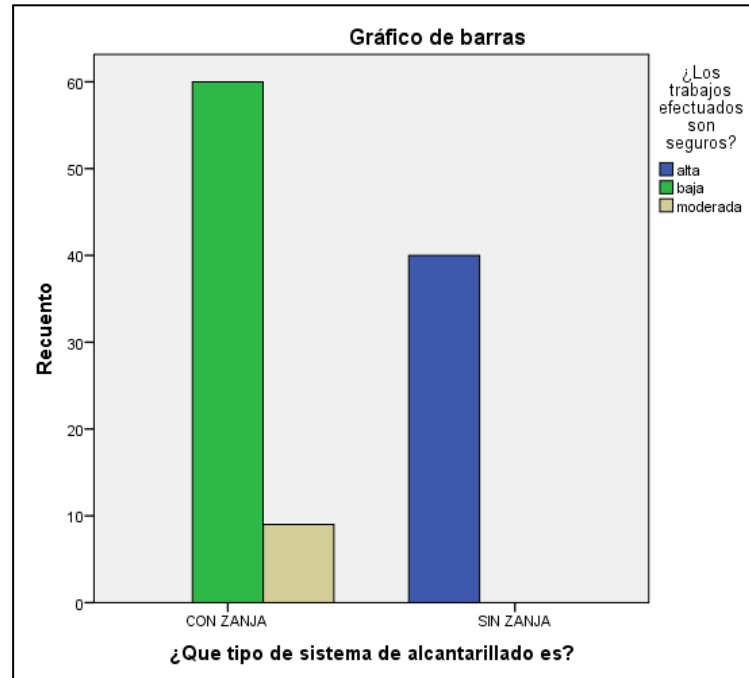
- La Tabla N°13 indica que el 100% de los trabajos a zanja abierta si requieren de pruebas adicionales a las de hidráulica.
- La Tabla N°13 indica que el 100% de los trabajos a zanja cerrada no requieren de pruebas adicionales a las de hidráulica.

Tabla 14. ¿Los trabajos efectuados son seguros? tabulación cruzada

			¿Los trabajos efectuados son seguros?			Total
			alta	baja	moderada	
¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	CON ZANJA	Recuento	0	60	9	69
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	0,0%	87,0%	13,0%	100,0%
		% dentro de ¿Los trabajos efectuados son seguros?	0,0%	100,0%	100,0%	63,3%
	% del total	0,0%	55,0%	8,3%	63,3%	
	SIN ZANJA	Recuento	40	0	0	40
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
% dentro de ¿Los trabajos efectuados son seguros?		100,0%	0,0%	0,0%	36,7%	
% del total	36,7%	0,0%	0,0%	36,7%		
Total		Recuento	40	60	9	109
		% dentro de ¿Qué tipo de sistema de alcantarillado es?	36,7%	55,0%	8,3%	100,0%
		% dentro de ¿Los trabajos efectuados son seguros?	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
		% del total	36,7%	55,0%	8,3%	100,0%

Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Figura 21. Variación de seguridad en los trabajos de los métodos en la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Interpretación:

- De la tabla N°14 se puede decir que en el sistema convencional el 87% de los trabajos efectuados tienen una seguridad BAJA y un 13% de los trabajos tiene una seguridad MODERADA.
- De la tabla N°14 se puede decir que en el sistema pipe bursting el 100% de los trabajos efectuados tienen una seguridad ALTA.
- La figura N°21, muestra la variación de trabajos seguros en las dimensiones BAJA, MODERADA y ALTA.

Tabla 15. Resumen de resultados de fichas técnicas-aspecto técnico-económico

DESCRIPCIÓN	CON ZANJA				SIN ZANJA			
	POLIETILENO	PVC	-	-	POLIETILENO	PVC	-	-
1 ¿Qué tipo de tuberías se utilizó?	87.00%	13.00%	-	-	100.00%	0.00%	-	-
2 ¿Qué diámetro de tuberías se utilizó?	DN200	DN250	DN315	DN350	DN200	DN250	DN315	DN350
	79.70%	1.40%	5.80%	13.00%	65.00%	0.00%	20.00%	15.00%
3 ¿Cuál es la profundidad de la superficie del terreno y la rasante de la tubería inferior?	menor a 1m	igual a 1m	mayor a 1m	-	menor a 1m	igual a 1m	mayor a 1m	-
	0.00%	5.80%	94.20%	-	0.00%	0.00%	100.00%	-
4 ¿Existe movimientos de tierra como: ¿excavación, relleno o refine?	ALTA	BAJA	MODERADA	-	ALTA	BAJA	MODERADA	-
	100.00%	0.00%	0.00%	-	0.00%	90.00%	10.00%	-
5 ¿Necesita disposición de tuberías por suelos contaminados por las aguas servidas?	NO	SI	-	-	NO	SI	-	-
	0.00%	100.00%	-	-	100.00%	0.00%	-	-
6 ¿Cuánto fue el tiempo de ejecución por metro lineal del tramo total (h)?	<= 1,00	1,00 - 2,00	2,01+	-	<= 1,00	1,00 - 2,00	2,01+	-
	17.40%	1.40%	81.20%	-	100.00%	0.00%	0.00%	-
7 ¿Cuánto es el precio unitario según la tubería empleada por Tramo (s/.)?	100 - 150	151-200	200+	-	100 - 150	151-200	200+	-
	0.00%	100.00%	0.00%	-	65.00%	35.00%	0.00%	-
8 ¿El sistema de alcantarillado empleado Requiere pruebas adicionales a las de hidráulicas?	NO	SI	TALVEZ	-	NO	SI	TALVEZ	-
	0.00%	100.00%	0.00%	-	100.00%	0.00%	0.00%	-
9 ¿Los trabajos efectuados son seguros?	ALTA	BAJA	MODERADA	-	ALTA	BAJA	MODERADA	-
	0.00%	87.00%	13.00%	-	100.00%	0.00%	0.00%	-

Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

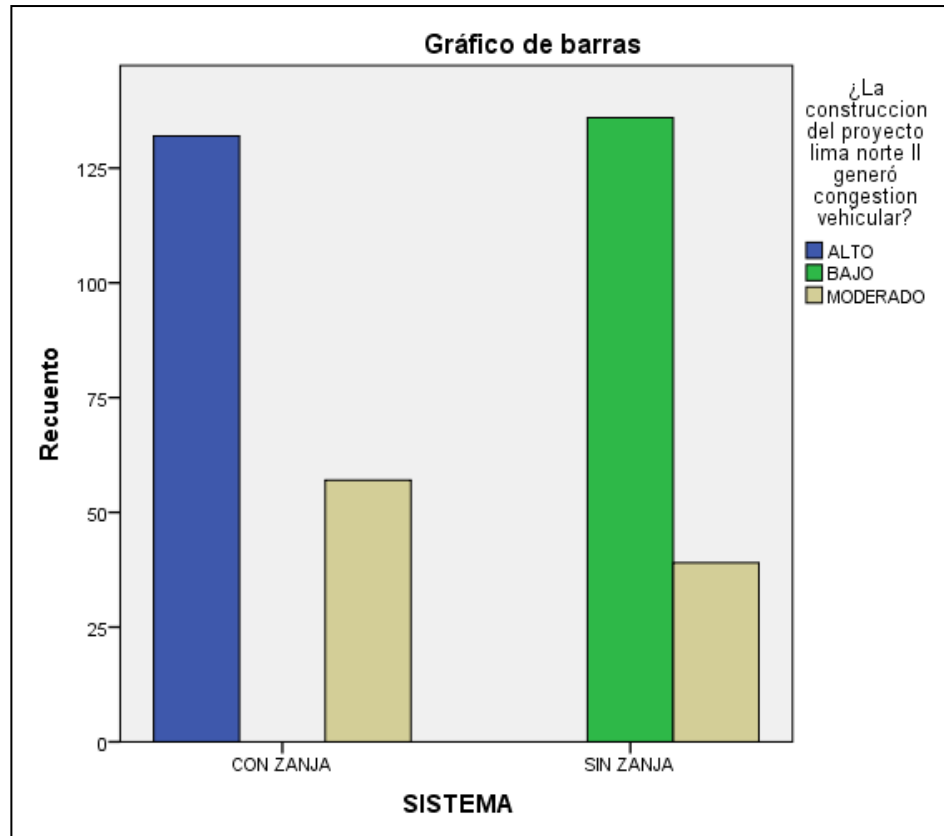
4.4.2. Resultados de Encuestas

Tabla 16. *Tabulación cruzada: ¿La construcción del proyecto lima norte II generó congestión vehicular?*

			¿La construcción del proyecto lima norte II generó congestión vehicular?			Total
			ALTO	BAJO	MODERADO	
SISTEMA	CON ZANJA	Recuento	132	0	57	189
		% dentro de SISTEMA	69,8%	0,0%	30,2%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II generó congestión vehicular?	100,0%	0,0%	59,4%	51,9%
	% del total	36,3%	0,0%	15,7%	51,9%	
	SIN ZANJA	Recuento	0	136	39	175
		% dentro de SISTEMA	0,0%	77,7%	22,3%	100,0%
% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II generó congestión vehicular?		0,0%	100,0%	40,6%	48,1%	
% del total	0,0%	37,4%	10,7%	48,1%		
Total		Recuento	132	136	96	364
		% dentro de SISTEMA	36,3%	37,4%	26,4%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II generó congestión vehicular?	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
		% del total	36,3%	37,4%	26,4%	100,0%

Fuente: *Elaboración Propia-Programa IBM SPSS*

Figura 22. Variación de congestión vehicular de los métodos en la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Interpretación:

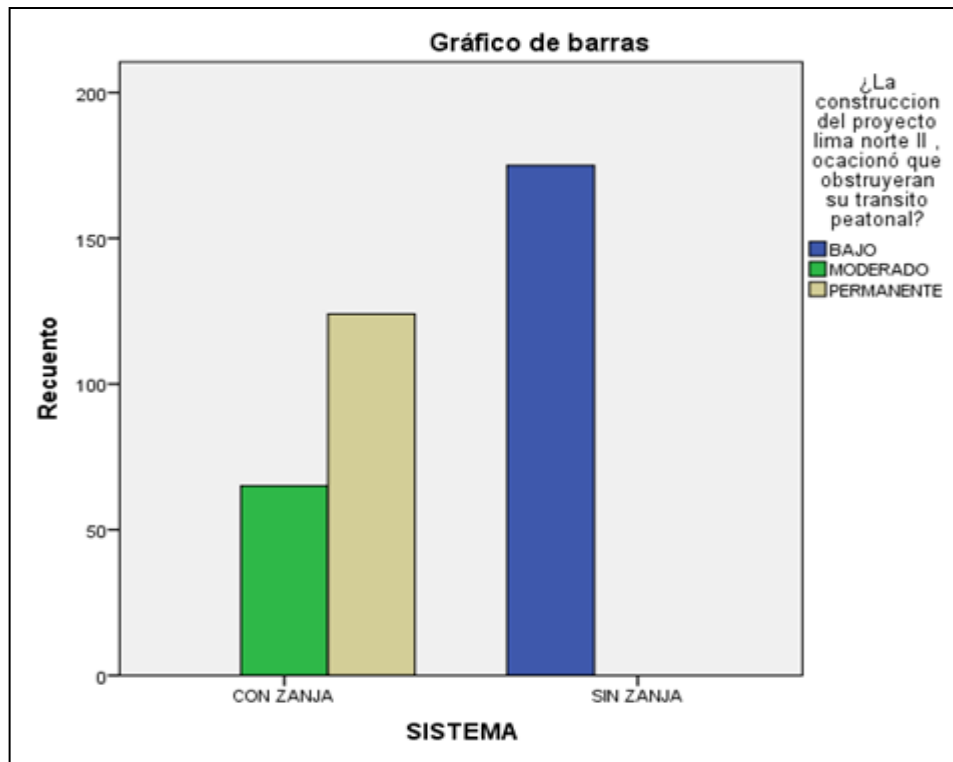
- Según la tabla N°16, muestra que el método con zanja o llamado también como convencional tiene un 69.8% que generó congestión vehicular en la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.
- Según la tabla N°16, muestra que el método Pipe Bursting tiene un 77.7% que NO generó congestión vehicular en la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.

Tabla 17. Tabulación cruzada: ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó que obstruyeran su tránsito peatonal?

			¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó que obstruyeran su tránsito peatonal?			Total
			BAJO	MODERADO	PERMANENTE	
SISTEMA	CON ZANJA	Recuento	0	65	124	189
		% dentro de SISTEMA	0,0%	34,4%	65,6%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó que obstruyeran su tránsito peatonal?	0,0%	100,0%	100,0%	51,9%
		% del total	0,0%	17,9%	34,1%	51,9%
	SIN ZANJA	Recuento	175	0	0	175
		% dentro de SISTEMA	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó que obstruyeran su tránsito peatonal?		100,0%	0,0%	0,0%	48,1%	
	% del total	48,1%	0,0%	0,0%	48,1%	
Total		Recuento	175	65	124	364
		% dentro de SISTEMA	48,1%	17,9%	34,1%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó que obstruyeran su tránsito peatonal?	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
		% del total	48,1%	17,9%	34,1%	100,0%

Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Figura 23. Variación de la obstrucción peatonal que generó la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Interpretación:

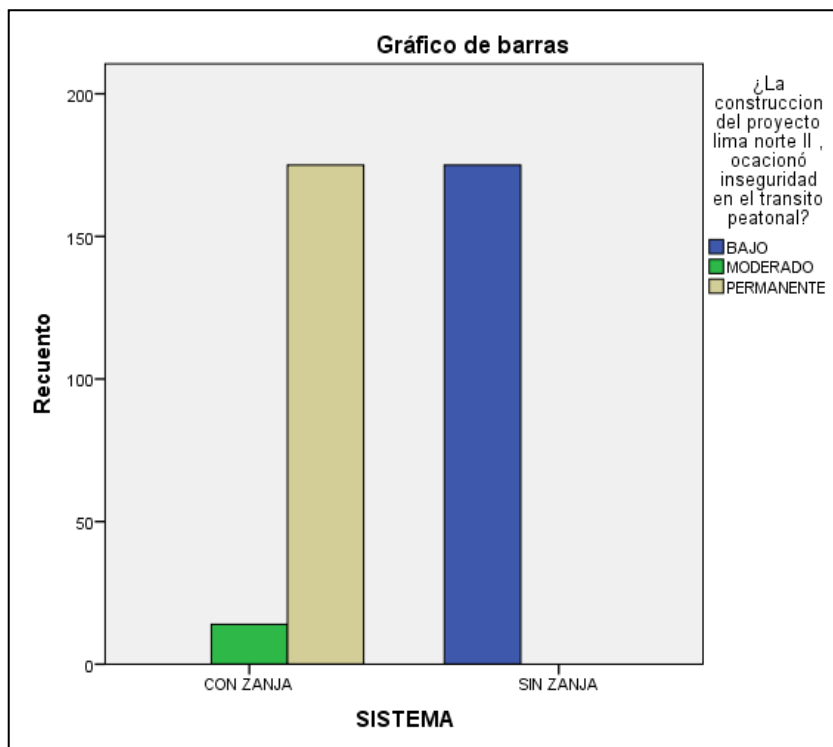
- según la tabla N°17, muestra en qué medida la rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II ocasionó que obstruyeran el tránsito peatonal.
- según la tabla N°17, muestra que el empleo del método con zanja genera una obstrucción de tránsito peatonal permanente con un 65.6%.
- según la tabla N°17, muestra que el empleo del método sin zanja NO genera una obstrucción de tránsito peatonal con un 100%.
- La Figura N°23, muestra que el método con zanja genera obstrucción peatonal de manera MODERADA y PERMANENTE. Así como el método sin zanja tiene un nivel BAJO de obstrucción peatonal.

Tabla 18. *Tabulación cruzada: ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó inseguridad en el tránsito peatonal?*

			¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó inseguridad en el tránsito peatonal?			Total
			BAJO	MODERADO	PERMANENTE	
SISTEMA	CON ZANJA	Recuento	0	14	175	189
		% dentro de SISTEMA	0,0%	7,4%	92,6%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó inseguridad en el tránsito peatonal?	0,0%	100,0%	100,0%	51,9%
	% del total	0,0%	3,8%	48,1%	51,9%	
	SIN ZANJA	Recuento	175	0	0	175
		% dentro de SISTEMA	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó inseguridad en el tránsito peatonal?		100,0%	0,0%	0,0%	48,1%	
% del total	48,1%	0,0%	0,0%	48,1%		
Total		Recuento	175	14	175	364
		% dentro de SISTEMA	48,1%	3,8%	48,1%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó inseguridad en el tránsito peatonal?	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
		% del total	48,1%	3,8%	48,1%	100,0%

Fuente: *Elaboración Propia-Programa IBM SPSS*

Figura 24. Variación de la Inseguridad en el tránsito peatonal que generó la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Interpretación

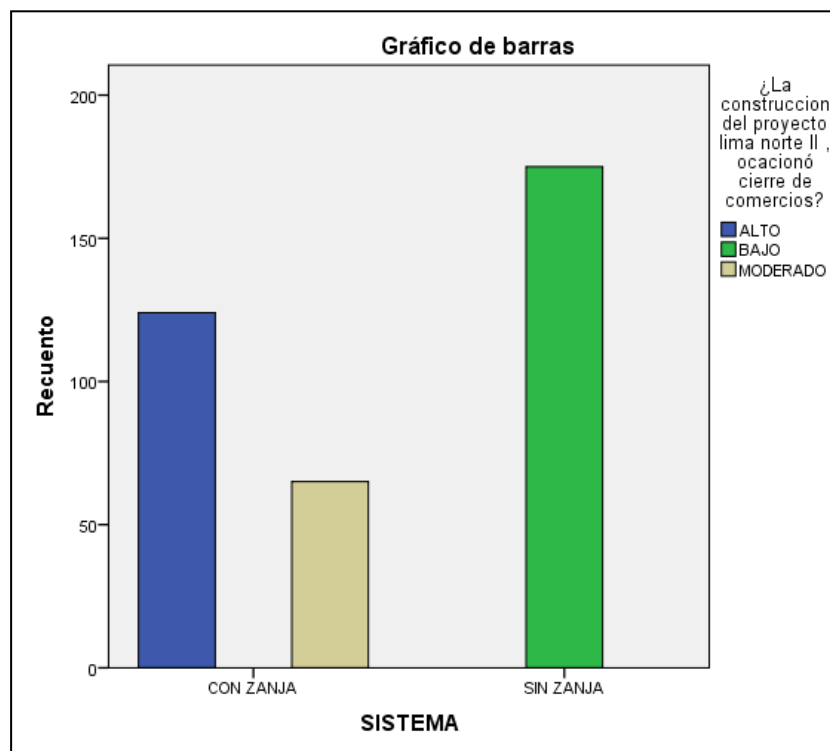
- La tabla N°18, indica que el método convencional genera un 92.6% PERMANENTEMENTE y un 7.4% MODERADO ocasiona inseguridad en el tránsito peatonal en la construcción del proyecto lima norte II,
- La tabla N°18, indica que el método Pipe Bursting (sin zanja) genera un 100 % BAJO inseguridad en el tránsito peatonal en la construcción del proyecto lima norte II,

Tabla 19. Tabulación cruzada ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó cierre de comercios?

			¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó cierre de comercios?			Total
			ALTO	BAJO	MODERADO	
SISTEMA	CON ZANJA	Recuento	124	0	65	189
		% dentro de SISTEMA	65,6%	0,0%	34,4%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó cierre de comercios?	100,0%	0,0%	100,0%	51,9%
	% del total	34,1%	0,0%	17,9%	51,9%	
	SIN ZANJA	Recuento	0	175	0	175
		% dentro de SISTEMA	0,0%	100,0%	0,0%	100,0%
% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó cierre de comercios?		0,0%	100,0%	0,0%	48,1%	
% del total	0,0%	48,1%	0,0%	48,1%		
Total		Recuento	124	175	65	364
		% dentro de SISTEMA	34,1%	48,1%	17,9%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó cierre de comercios?	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
		% del total	34,1%	48,1%	17,9%	100,0%

Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Figura 25. Variación de cierre de comercios que generó la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Interpretación:

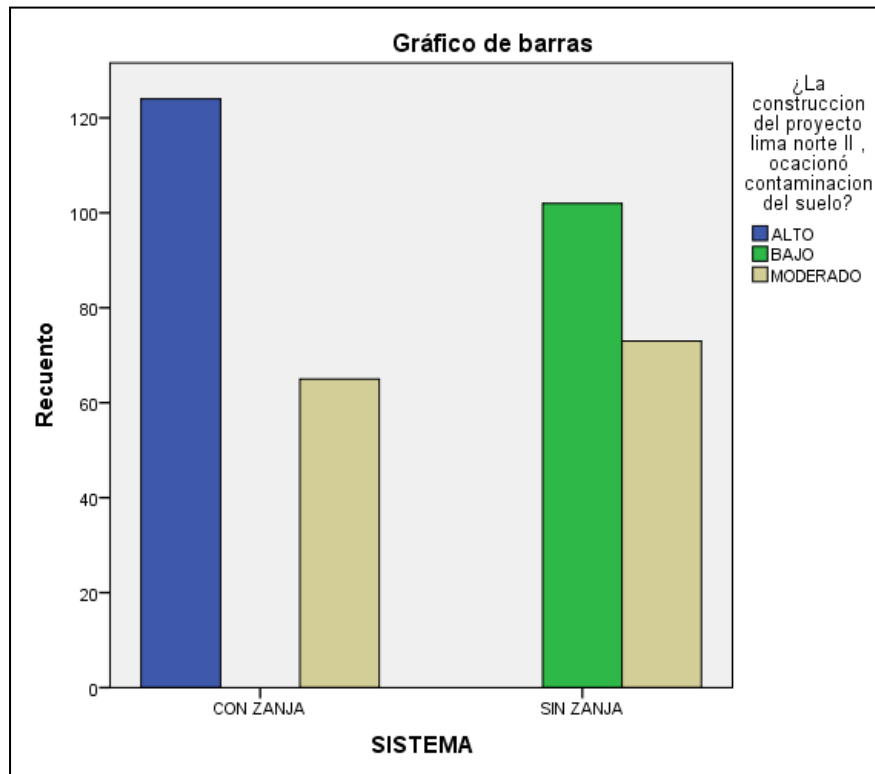
- La Tabla N°19 indica que método convencional ocasiona un 65.6% que los comercios fueron cerrados con un nivel ALTO.
- La Tabla N°19 indica que método convencional ocasiona un 34.4% que los comercios fueron cerrados con un nivel MODERADO.
- La Tabla N°19 indica que método sin zanja ocasiona un 100% que los comercios no fueran afectados con el cierre con un nivel BAJO.

Tabla 20. Tabulación cruzada: ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó contaminación del suelo?

			¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó contaminación del suelo?			Total
			ALTO	BAJO	MODERADO	
SISTEMA	CONZANJA	Recuento	124	0	65	189
		% dentro de SISTEMA	65,6%	0,0%	34,4%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó contaminación del suelo?	100,0%	0,0%	47,1%	51,9%
	% del total	34,1%	0,0%	17,9%	51,9%	
	SINZANJA	Recuento	0	102	73	175
		% dentro de SISTEMA	0,0%	58,3%	41,7%	100,0%
% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó contaminación del suelo?		0,0%	100,0%	52,9%	48,1%	
% del total	0,0%	28,0%	20,1%	48,1%		
Total		Recuento	124	102	138	364
		% dentro de SISTEMA	34,1%	28,0%	37,9%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó contaminación del suelo?	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
		% del total	34,1%	28,0%	37,9%	100,0%

Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Figura 26. Variación de contaminación de suelos que generó la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Interpretación:

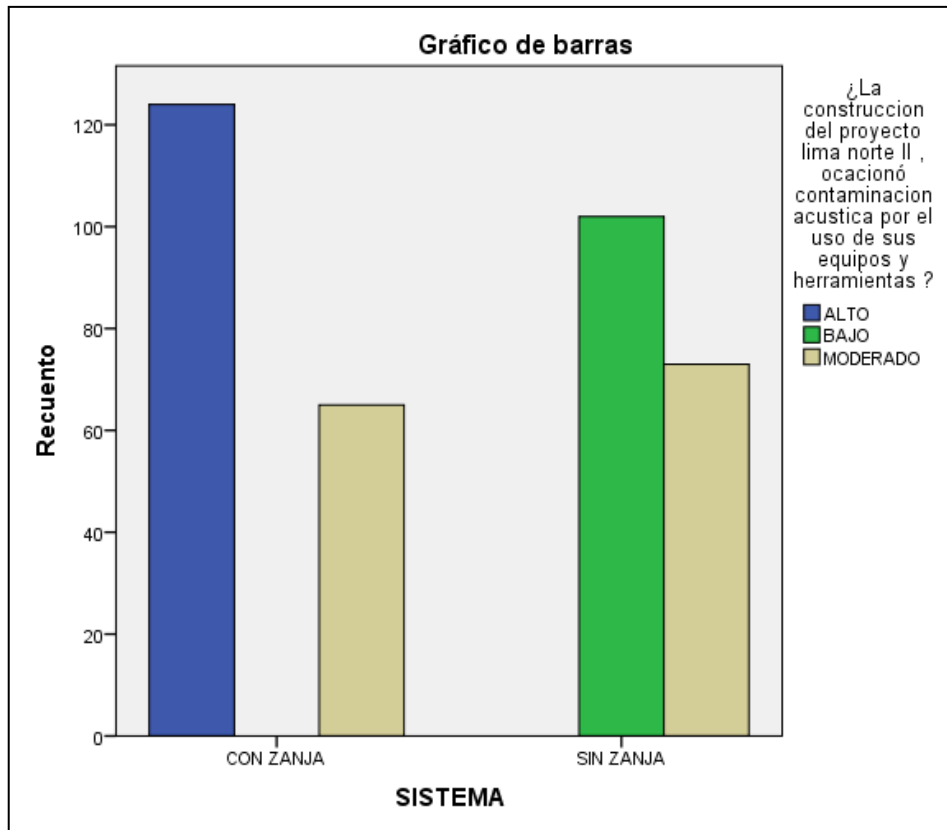
- De la tabulación realizada en la tabla N°20 se puede decir que el 65,6% de trabajos utilizando el método convencional ocasionó contaminación del suelo de forma ALTA.
- De la tabla N°20 se puede decir que el 58,3% de trabajos utilizando el método convencional ocasionó contaminación del suelo de forma BAJA.
- Según la tabla N°20 se puede decir que según los encuestados ambos sistemas generan una contaminación del suelo de forma MODERADA.

Tabla 21. *Tabulación cruzada: ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó contaminación acústica por el uso de sus equipos y herramientas?*

			¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó contaminación acústica por el uso de sus equipos y herramientas ?			Total
			ALTO	BAJO	MODERADO	
SISTEMA	CONZANJA	Recuento	124	0	65	189
		% dentro de SISTEMA	65,6%	0,0%	34,4%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó contaminación acústica por el uso de sus equipos y herramientas?	100,0%	0,0%	47,1%	51,9%
	% del total		34,1%	0,0%	17,9%	51,9%
	SINZANJA	Recuento	0	102	73	175
		% dentro de SISTEMA	0,0%	58,3%	41,7%	100,0%
% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó contaminación acústica por el uso de sus equipos y herramientas?		0,0%	100,0%	52,9%	48,1%	
% del total		0,0%	28,0%	20,1%	48,1%	
Total		Recuento	124	102	138	364
		% dentro de SISTEMA	34,1%	28,0%	37,9%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó contaminación acústica por el uso de sus equipos y herramientas?	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
		% del total	34,1%	28,0%	37,9%	100,0%

Fuente: *Elaboración Propia-Programa IBM SPSS*

Figura 27. Variación de contaminación de suelos que generó la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Interpretación:

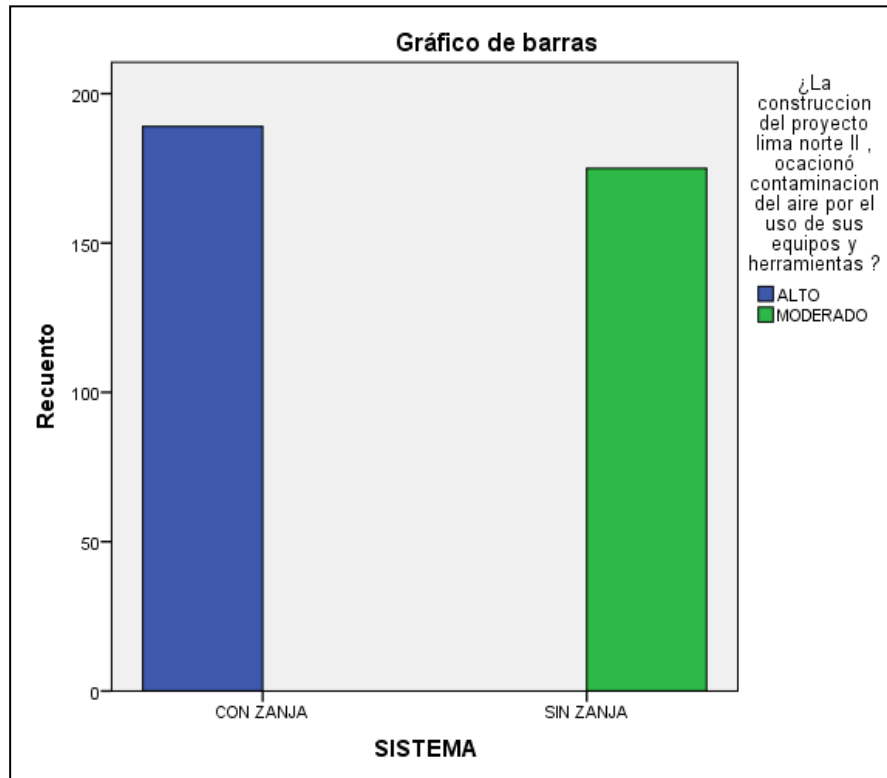
- Según La Tabla N°21, el 65.6% de encuestados indica que el método con zanja ocasiono contaminación acústica ALTO por el uso de quipos y herramientas.
- Según La Tabla N°21, el 58.3% de encuestados indica que el método sin zanja ocasiono contaminación acústica BAJO por el uso de quipos y herramientas y un 41.7% indica una contaminación acústica MODERADO.
- Según la figura N°27, indica que ambos métodos generan una contaminación acústica de manera MODERADA.

Tabla 22. Tabulación cruzada: ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó contaminación del aire por el uso de sus equipos y herramientas?

			¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó contaminación del aire por el uso de sus equipos y herramientas?		Total
			ALTO	MODERADO	
SISTEMA	CON ZANJA	Recuento	189	0	189
		% dentro de SISTEMA	100,0%	0,0%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó contaminación del aire por el uso de sus equipos y herramientas?	100,0%	0,0%	51,9%
	% del total	51,9%	0,0%	51,9%	
	SIN ZANJA	Recuento	0	175	175
		% dentro de SISTEMA	0,0%	100,0%	100,0%
% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó contaminación del aire por el uso de sus equipos y herramientas?		0,0%	100,0%	48,1%	
% del total	0,0%	48,1%	48,1%		
Total		Recuento	189	175	364
		% dentro de SISTEMA	51,9%	48,1%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó contaminación del aire por el uso de sus equipos y herramientas?	100,0%	100,0%	100,0%
		% del total	51,9%	48,1%	100,0%

Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Figura 28. Variación de contaminación del aire que generó la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Interpretación:

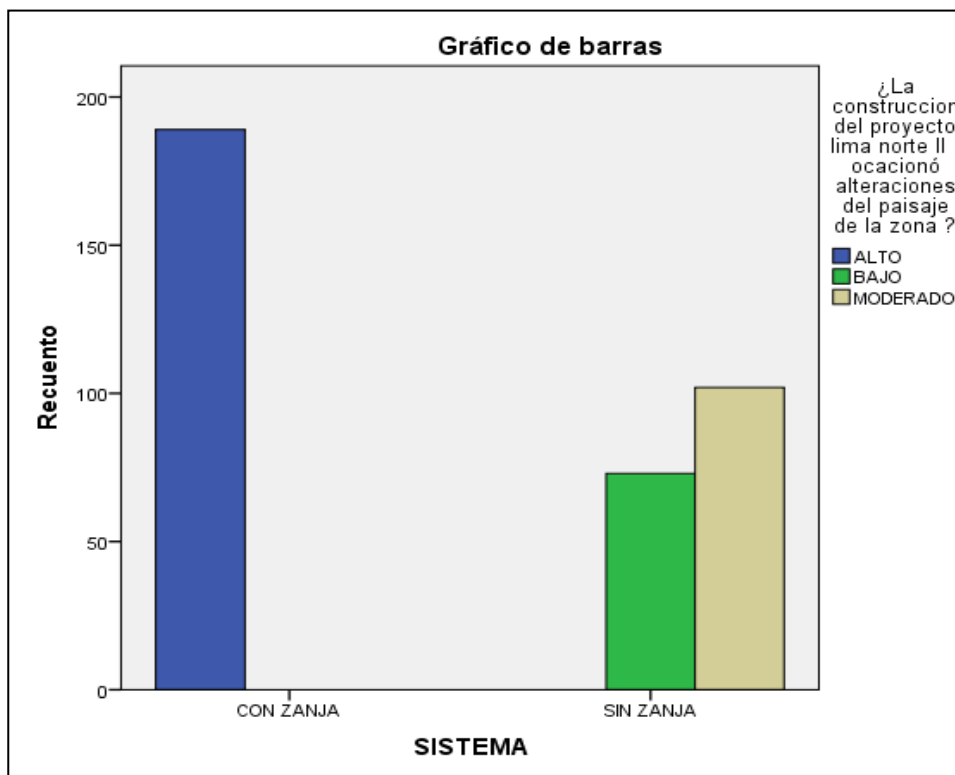
- La Tabla N°22, indica que el método con zanja genera un 100% de contaminación del aire por el uso de sus equipos y herramientas.
- La Tabla N°22, indica que el método sin zanja genera un 100% MODERADO en contaminación del aire por el uso de sus equipos y herramientas.
- La Figura N°28 indica de forma similar proporción la contaminación de aire en los niveles de ALTO y MODERADO por el uso de ambos sistemas

Tabla 23. Tabulación cruzada: ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó alteraciones del paisaje de la zona?

			¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó alteraciones del paisaje de la zona?			Total
			ALTO	BAJO	MODERADO	
SISTEMA	CON ZANJA	Recuento	189	0	0	189
		% dentro de SISTEMA	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó alteraciones del paisaje de la zona?	100,0%	0,0%	0,0%	51,9%
	% del total	51,9%	0,0%	0,0%	51,9%	
	SIN ZANJA	Recuento	0	73	102	175
		% dentro de SISTEMA	0,0%	41,7%	58,3%	100,0%
% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó alteraciones del paisaje de la zona?		0,0%	100,0%	100,0%	48,1%	
% del total	0,0%	20,1%	28,0%	48,1%		
Total		Recuento	189	73	102	364
		% dentro de SISTEMA	51,9%	20,1%	28,0%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó alteraciones del paisaje de la zona?	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
		% del total	51,9%	20,1%	28,0%	100,0%

Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Figura 29. Variación de alteraciones del paisaje que generó la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Interpretación:

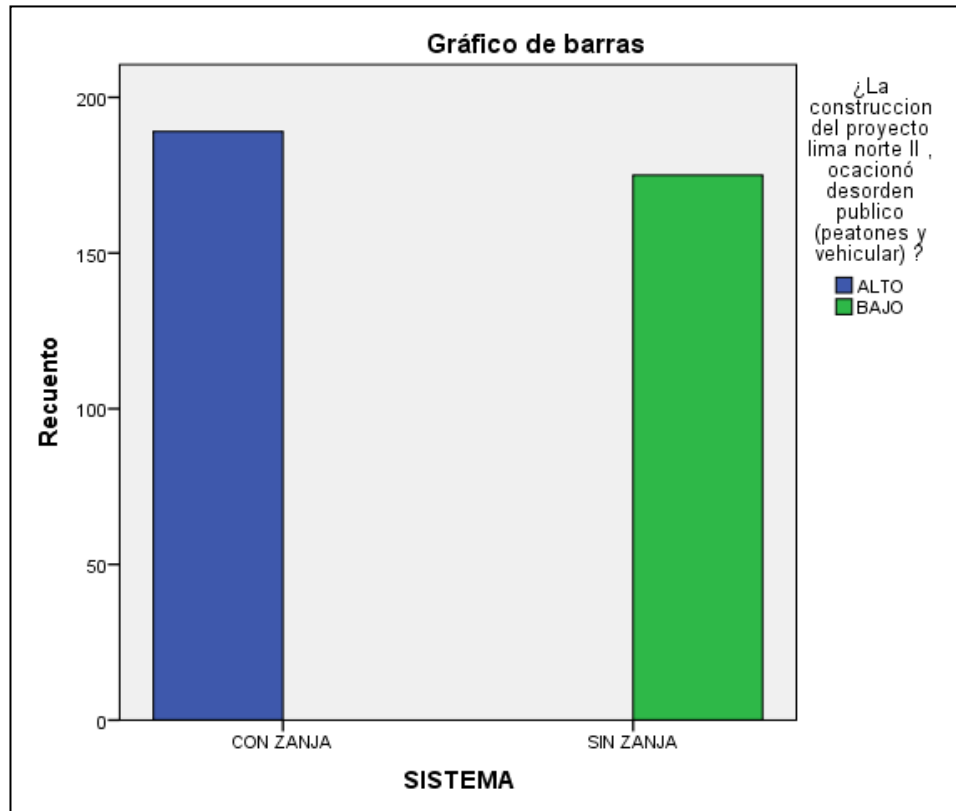
- La Tabla N°23, indica que el método tradicional con zanja ocasiona alteraciones en el paisaje con un 100 %.
- La Tabla N°23, indica que el método sin zanja ocasiona alteraciones en el paisaje de manera MODERADA con un 58.3 % y de manera BAJA con un 41.7%.
- La figura N°29, indica que el método sin zanja tiende a tener alteraciones en el paisaje de manera BAJA y MODERADA.

Tabla 24. Tabulación cruzada: ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó desorden público (peatones y vehicular)?

			¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó desorden público (peatones y vehicular)?		Total
			ALTO	BAJO	
SISTEMA	CON ZANJA	Recuento	189	0	189
		% dentro de SISTEMA	100,0%	0,0%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó desorden público (peatones y vehicular)?	100,0%	0,0%	51,9%
		% del total	51,9%	0,0%	51,9%
	SIN ZANJA	Recuento	0	175	175
		% dentro de SISTEMA	0,0%	100,0%	100,0%
% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó desorden público (peatones y vehicular)?		0,0%	100,0%	48,1%	
		% del total	0,0%	48,1%	48,1%
Total		Recuento	189	175	364
		% dentro de SISTEMA	51,9%	48,1%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó desorden público (peatones y vehicular)?	100,0%	100,0%	100,0%
		% del total	51,9%	48,1%	100,0%

Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Figura 30. Variación del desorden público que generó la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Interpretación:

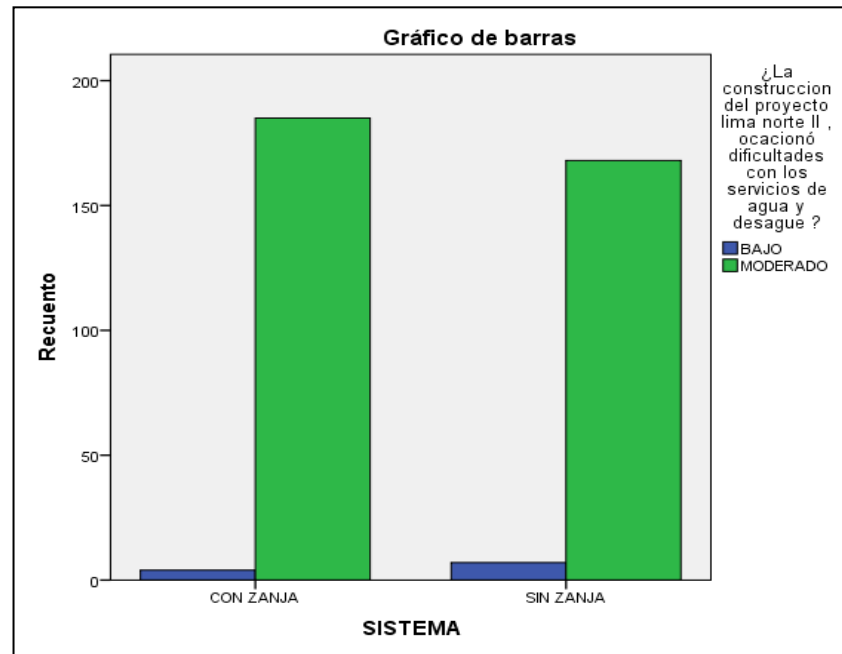
- Según la Tabla N°24, indica que el sistema con zanja generó un 100% de desorden público (peatones y vehicular).
- Según la Tabla N°24, indica que el sistema sin zanja (Pipe Bursting) NO ocasionó desorden público (peatones y vehicular). con un 100%.
- La figura N°30 muestra la variación de desorden público que genera ambos sistemas, existiendo una diferencia de ALTO por parte del método con zanja y BAJO del método sin zanja.

Tabla 25. Tabulación cruzada ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó dificultades con los servicios de agua y desagüe?

			¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó dificultades con los servicios de agua y desagüe?		Total
			BAJO	MODERADO	
SISTEMA A	CON ZANJA	Recuento	4	185	189
		% dentro de SISTEMA	2,1%	97,9%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó dificultades con los servicios de agua y desagüe?	36,4%	52,4%	51,9%
		% del total	1,1%	50,8%	51,9%
	SIN ZANJA	Recuento	7	168	175
		% dentro de SISTEMA	4,0%	96,0%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó dificultades con los servicios de agua y desagüe?	63,6%	47,6%	48,1%
		% del total	1,9%	46,2%	48,1%
Total		Recuento	11	353	364
		% dentro de SISTEMA	3,0%	97,0%	100,0%
		% dentro de ¿La construcción del proyecto lima norte II, ocasionó dificultades con los servicios de agua y desagüe?	100,0%	100,0%	100,0%
		% del total	3,0%	97,0%	100,0%

Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Figura 31. Variación de las dificultades con los servicios de agua y desagüe que generó la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Interpretación:

- Según la Tabla N°25, indica que el sistema con zanja generó un 97.9% de dificultades con los servicios de agua y desagüe.
- Según la Tabla N°25, indica que el sistema sin zanja (Pipe Bursting) ocasionó un 96.6% de dificultades con los servicios de agua y desagüe.
- La figura N°31 muestra la variación de dificultades con los servicios de agua y desagüe que genera ambos sistemas, mostrando que ambos sistemas generan dificultades en servicios de agua y desagüe. Una mínima cantidad de ambos sistemas indica que sufrió dificultades de manera BAJA.

Tabla 26. Resumen de resultados de encuestas -aspecto socioambiental.

N°	DESCRIPCIÓN	CON ZANJA			SIN ZANJA		
		BAJO	ALTO	MODERAD O	BAJO	ALTO	MODERAD O
1	¿La construcción del proyecto lima norte II generó congestión vehicular?	BAJO	ALTO	MODERAD O	BAJO	ALTO	MODERAD O
		0.00%	69.80%	30.20%	77.70%	0.00%	22.30%
2	¿La construcción del proyecto lima norte II , ocasionó que obstruyeran su tránsito peatonal?	BAJO	MODERAD ADO	PERMANE NTE	BAJO	MODERA DO	PERMANE NTE
		0.00%	34.50%	65.60%	100.00%	0.00%	0.00%
3	¿La construcción del proyecto lima norte II , ocasionó inseguridad en el tránsito peatonal?	BAJO	MODERAD ADO	PERMANE NTE	BAJO	MODERA DO	PERMANE NTE
		0.00%	7.40%	92.60%	100.00%	0.00%	0.00%
4	¿La construcción del proyecto lima norte II , ocasionó cierre de comercios?	BAJO	ALTO	MODERAD O	BAJO	ALTO	MODERAD O
		0.00%	65.60%	34.40%	100.00%	0.00%	0.00%
5	¿La construcción del proyecto lima norte II , ocasionó contaminación del suelo?	BAJO	ALTO	MODERAD O	BAJO	ALTO	MODERAD O
		0.00%	65.60%	34.40%	58.30%	0.00%	41.70%
6	¿La construcción del proyecto lima norte II , ocasionó contaminación acústica por el uso de sus equipos y herramientas ?	BAJO	ALTO	MODERAD O	BAJO	ALTO	MODERAD O
		0.00%	65.60%	34.40%	58.30%	0.00%	41.70%
7	¿La construcción del proyecto lima norte II , ocasionó contaminación del aire por el uso de sus equipos y herramientas ?	BAJO	ALTO	MODERAD O	BAJO	ALTO	MODERAD O
		-	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%
8	¿La construcción del proyecto lima norte II , ocasionó alteraciones del paisaje de la zona ?	BAJO	ALTO	MODERAD O	BAJO	ALTO	MODERAD O
		0.00%	100.00%	0.00%	41.70%	0.00%	58.30%
9	¿La construcción del proyecto lima norte II , ocasionó desorden público (peatones y vehicular) ?	BAJO	ALTO	MODERAD O	BAJO	ALTO	MODERAD O
		0.00%	100.00%	-	100.00%	0.00%	-
10	¿La construcción del proyecto lima norte II , ocasionó dificultades con los servicios de agua y desagüe ?	BAJO	ALTO	MODERAD O	BAJO	ALTO	MODERAD O
		21.40%	-	97.90%	4.00%	0.00%	96.00%

Fuente: Elaboración Propia

CAPITULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

Los resultados anteriormente mostrados de la presente investigación muestran la comprobación de nuestras posibles hipótesis generales y específicas de la siguiente manera:

Las ventajas del Sistema Pipe Bursting han demostrado ser una tecnología que aporta positivamente a los trabajos de rehabilitación de sistemas de alcantarillado del sector 348 del proyecto Lima Norte II.

De acuerdo a la tabulación de resultados se puede decir que el método sin zanja o Pipe Bursting usa tuberías de alta calidad como son las tuberías de polietileno, garantizando así una mayor duración ya que éstas de acuerdo a sus propiedades son resistentes a altas presiones y su duración es más resistente. También se puede decir que en este método se usa una baja cantidad de movimientos de tierra, lo cual evitaría generar costo adicional, así como también no necesita disposición de tuberías, ya que los trabajos son enterrados.

De acuerdo a los costos se puede decir que el precio de los equipos, materiales y mano de obra para un metro lineal de rehabilitación de acuerdo al tipo de tubería es la siguiente:

Tabla 27. *Costo total por metro lineal del método convencional y Pipe Bursting.*

COSTO TOTAL POR METRO LINEAL. (EQUIPOS, MATERIALES Y MANO DE OBRA) (S/.)			
Diámetro de tubería	METODO CONVENCIONAL (CON ZANJA)	METODO BURSTING (SIN ZANJA)	PIPE (SIN ZANJA)
200 mm	S/. 161.50	S/. 128.27	
250 mm	S/. 170.50	S/. 135.70	
315 mm	S/. 185.70	S/. 152.65	
350 mm	S/. 195.50	S/. 155.66	

Fuente: Elaboración Propia

En el tiempo de ejecución por metro lineal se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 28. *Tiempo de ejecución por metro lineal del método convencional y Pipe Bursting.*

TIEMPO DE EJECUCION POR METRO LINEAL (horas)			
Diámetro de tubería	METODO CONVENCIONAL (CON ZANJA)	METODO BURSTING (SIN ZANJA)	PIPE (SIN ZANJA)
200 mm	6.5 – 7 horas	0.44 = (26.44 min x ml)	
250 mm	2.5 hora	0.40 = (26.00 min x ml)	
315 mm	1hora	0.09 = (1 min x ml)	
350 mm	1hora	0.09= (1 min x ml)	

Fuente: Elaboración Propia

Una de las dificultades de los trabajos del método sin zanja es que este método es utilizado solo para profundidades mayores a 1 metro, debido a que el equipo de fragmentaron podría

romper pavimentos y/o asfaltos debido a su fuerza empleada, ocasionando así gastos adicionales por reparación de pavimentos y/o asfaltos.

En el aspecto socio-ambiental se puede decir que el método sin zanja es más ventajoso debido a lo siguiente:

Tabla 29. *Ventajas en el aspecto socio. Ambiental del método Pipe Bursting*

SITEMA SIN ZANJA	SISTEMA CON ZANJA
Congestión vehicular BAJA	Congestión vehicular ALTA
Obstrucción del tránsito peatonal BAJA	obstrucción del tránsito peatonal PERMANETEMENTE y MODERADO
Inseguridad en el tránsito peatonal BAJO	Inseguridad en el tránsito peatonal PERMANETEMENTE y MODERADO
cierre de comercios BAJO	cierre de comercios MODERADO y ALTO
contaminación del suelo MODERADO	contaminación del suelo ALTO
contaminación acústica por el uso de sus equipos y herramientas BAJO y MODERADO	contaminación acústica por el uso de sus equipos y herramientas ALTO
Contaminación del aire por el uso de sus equipos y herramientas. MODERADO	Contaminación del aire por el uso de sus equipos y herramientas. ALTO
alteraciones del paisaje de la zona BAJO y MODERADO	alteraciones del paisaje de la zona ALTO
desorden público (peatones y vehicular) BAJO	desorden público (peatones y vehicular) ALTO
dificultades con los servicios de agua y desagüe MODERADO	dificultades con los servicios de agua y desagüe MODERADO

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

1. Las ventajas del sistema “Pipe Bursting” reducen sustancialmente la deficiencia del sistema de alcantarillado del Proyecto Lima Norte II. En el distrito de Comas-Lima. Ya que el empleo de este método generaría un proyecto de rehabilitación más rentable en costo, tiempo y en el aspecto socioambiental.
2. El empleo de equipo de fragmentación afecta directamente al costo de la rehabilitación del sistema de alcantarillado del sector 348 del Proyecto Lima Norte II. En el distrito de Comas-Lima. Puedo decir que el costo por metro lineal del método convencional (zanja abierta) varía entre S/.161.50 - S/.195.50 dependiendo del diámetro de la tubería (200mm -350mm) respectivamente y el costo por metro lineal del método “Pipe Bursting” (zanja cerrada) varía entre S/.128.27 - S/.155.66.
3. Los equipos de fragmentación mejoran el tiempo de ejecución en la rehabilitación del Sistema de Alcantarillado del sector 348 del Proyecto Lima Norte II. En el distrito de Comas-Lima. El método convencional (zanja cerrada) tiene un tiempo de ejecución por metro lineal de rehabilitación de mayor a una hora de trabajo dependiendo el diámetro de tubería. Por otro lado, el método “Pipe Bursting” tiene un tiempo de ejecución por metro lineal menor a una hora para cualquier diámetro de tubería
4. En el aspecto socio-ambiental concluyo afirmando que el uso de equipos de fragmentación contribuye positivamente en la rehabilitación del Sistema de del sector 348 del Proyecto Lima Norte II. En el distrito de Comas-Lima. Debido a que genera reducción de impactos sociales y ambientales.

RECOMENDACIONES

1. Recomiendo realizar un estudio para identificar cuáles son las implicancias por el cual no se usa el método “Pipe Burtling” en todos los proyectos de rehabilitación de alcantarillas, ya que este es más ventajoso en tiempo, costo y aspectos socio ambientales.
2. Se recomienda realizar un estudio de costos más detallado, debido a que en ciertos tramos se pueden presentar diferentes casos del empleo de cada sistema.
3. Se recomienda realizar estudios de producción para el método “Pipe Burtling”, con la finalidad de saber cuál es el tiempo exacto que se necesita para realizar estos trabajos.
4. Se recomienda utilizar estudios de impacto ambiental para determinar su influencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AVILA, H. CLAVIJO, W. (2002).”Renovacion y rehabilitacion de redes de distribucion de agua potable y de alcantarillado”, XX Congreso Latinoamericano de Hidraulica, Universidad de los Andes, Bogota.
2. BARBOSA HORTUA, G. A. (2013). *ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE TECNOLOGIAS TRENCHLESS EN*. Obtenido de UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA: Recuperado de: <http://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/1592>
3. Gomez de Segura, R. B. (2018). *Del desarrollo sostenible segun Brundthand a la sostenibilidad como biomesis*. Diseño y Maquetacion Marra S.L.
4. DAZA, J. (2011). “Procedimiento de ejecucion de proyectos para redes de alcantarillado: Renovacion de tuberia con tecnologia sin zanja”, Bogota Colombia, Pavco.
5. JIMMY, B. L. (2016). *VENTAJAS Y DESVENTAJAS ENTRE EL METODO TRADICIONAL(CON ZANJA) Y EL METODO MODERNO(SIN ZANJA) EN LA REHABILITACION DEL ALCANTARILLADO EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL(CASCO COMERCIAL)*. Obtenido de UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL: Recuperado de: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/19678>
6. OJEDA GARAYAR, J. C. (2015). *ANALISIS COMPARATIVO ENTRE EL METODO PIPE BURSTING Y EL METODO TRADICIONAL EN LA RENOVACION DE TUBERIAS DE DESAGUE*. Obtenido de UNIVERSIDAD PERUANA DE

CIENCIAS APLICADAS: Recuperado de:

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

7. Victor Yepes Piqueras (2015). Como se reponen tuberias con el metodo pipe bursting.
8. Vidal, F. (2014), Tecnicas de construccion fundamentales en la tecnologia sin zanjas (trabajo de grado), guatemala, Universidad San Carlos, Carrera de Ingeniera Civil.
9. INTERNATIONAL SOCIETY FOR TRENCHLESS TECHNOLOGY (ISTT) (2006) Social costs and environmental impact and sustainability.

ANEXOS