



# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL MÉTODO TRADICIONAL Y PIPE BURSTING PARA LA REHABILITACIÓN DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO EN EL SECTOR 350 DEL DISTRITO DE COMAS Y CARABAYLLO”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autor:  
Cristhian Victor Huanaco Yancce

Asesor:  
Mg. Ing. Jimmy Mendoza Montalvo

Lima - Perú

2020

## Índice

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>12</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>26</b>
<b>CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....</b>	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....</b>	<b>67</b>
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMEDADIONES.....</b>	<b>92</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>96</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Certificaciones obtenidas por la institución.....	15
Tabla 2. Sectores resultantes en el presente proyecto para el Lote 2.....	34
Tabla 3 Resumen de la red secundaria de alcantarillado existente en el Lote 2.....	42
Tabla 4 Ejemplos de grados de degradación del concreto.....	45
Tabla 5 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo con zanja para una profundidad de 1,00m a 1,50m y con un diametro DN 200mm. ....	68
Tabla 6 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo sin zanja para una profundidad de 1,00m a 1,50m y con un diametro DN 200mm. ....	69
Tabla 7 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo con zanja para una profundidad de 1,51m a 2,00m y con un diametro DN 200mm. ....	70
Tabla 8 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo sin zanja para una profundidad de 1,51m a 2,00m y con un diametro DN 200mm. ....	71
Tabla 9 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo con zanja para una profundidad de 2,01m a 2,50m y con un diametro DN 250mm. ....	72
Tabla 10 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo sin zanja para una profundidad de 2,01m a 2,50m y con un diametro DN 250mm. ....	73
Tabla 11 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo con zanja para una profundidad de 2,51m a 3,00m y con un diametro DN 250mm. ....	74
Tabla 12 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo sin zanja para una profundidad de 2,51m a 3,00m y con un diametro DN 250mm. ....	75
Tabla 13 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo con zanja para una profundidad de 3,01m a 3,50m y con un diametro DN 250mm. ....	76
Tabla 14 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo sin zanja para una profundidad de 3,01m a 3,50m y con un diametro DN 250mm. ....	77

Tabla 15 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo con zanja para una profundidad de 2,01m a 2,50m y con un diametro DN 315mm. ....	78
Tabla 16 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo sin zanja para una profundidad de 2,01m a 2,50m y con un diametro DN 315mm. ....	79
Tabla 17 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo con zanja para una profundidad de 2,51m a 3,00m y con un diametro DN 315mm. ....	80
Tabla 18 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo sin zanja para una profundidad de 2,51m a 3,00m y con un diametro DN 315mm. ....	81
Tabla 19 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo con zanja para una profundidad de 3,00m a 3,51m y con un diametro DN 355mm. ....	82
Tabla 20 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo sin zanja para una profundidad de 3,00m a 3,51m y con un diametro DN 355mm. ....	83
Tabla 21 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo con zanja para una profundidad de 3,51m a 4,00m y con un diametro DN 355mm. ....	84
Tabla 22 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo sin zanja para una profundidad de 3,51m a 4,00m y con un diametro DN 355mm. ....	85
Tabla 23 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo con zanja para una profundidad de 4,00m a 5,00m y con un diametro DN 355mm. ....	86
Tabla 24 Asignación de valorización de rehabilitación de tubería por el metodo sin zanja para una profundidad de 4,00m a 5,00m y con un diametro DN 355mm. ....	87
Tabla 25 Resumen de asignación de valorización de ambos métodos, tiempo de ejecución y movimiento de tierras. ....	88
Tabla 26 Control de tiempo ejecutado para rehabilitación de tuberías de alcantarillado. ....	89
Tabla 27 Indicador de parametros ambientales respecto al movimiento de tierras. ....	90
Tabla 28 Diferencia de los indicadores costos, tiempo y movimiento de tierras. ....	91

*Tabla 29 Parámetros para la unión por termofusión a tope de tuberías y accesorios de polipropileno (PP) con maquina MCLROY..... 105*

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Organigrama de empresa Acruta & Tapia Ingenieros SAC. ....	17
Figura 2 Personas que practican la defecación al aire libre en Perú .....	20
Figura 3 Personas que practican la defecación al aire libre en Perú .....	27
Figura 4 Esquema típico del método pipe bursting estático. ....	27
Figura 5 Esquema típico del método pipe bursting dinámico.....	28
Figura 6 Planta general y ubicación de proyecto de Lote 2. Recuperado de Expediente tecnico de proyecto de Consorcio Ingenieria Lima Norte II .....	35
Figura 7 Flujograma de metodología para la identificación del sistema de alcantarillado a rehabilitar. ....	38
Figura 8 Zonas de implementación para la rehabilitación del alcantarillado, según Estudio de Factibilidad. ....	39
Figura 9 Trazo para excavación de redes y conexiones domiciliarias de alcantarillado. ....	52
Figura 10 Corte con disco diamantado sobre el trazo de la línea y conexiones de alcantarillado .....	52
Figura 11 Excavación de colectora y conexiones de alcantarillado, debidamente señalado.	53
Figura 12 Colocación de entibado de madera en zanja.....	53
Figura 13 Termofusión de tubería HDPE, a ser instalada en colectora de alcantarillado. ....	54
Figura 14 Verificación de juntas de pega de termofusión en tubería HDPE .....	54
Figura 15 Instalación de tubería HDPE, sobre cama de arena.....	54
Figura 16 Verificación de pendiente longitudinal de tubería tendida.....	54
Figura 17 Instalación de caja de alcantarillado y solaqueado.....	54
Figura 18 Instalación de conexión de alcantarillado PVC a red colectora. ....	54
Figura 19 Prueba hidráulica a zanja abierta de colectora y conexiones de alcantarillado.....	55
Figura 20 Control de prueba hidráulica sin que demuestre disminución.....	55

Figura 21 Relleno y compactación con material propio para tapado de zanja. ....	56
Figura 22 Relleno y compactación de base con material afirmado para tapado de zanja. ....	56
Figura 23 Verificación de espesor para reposición de carpeta asfáltica en colectora.....	56
Figura 24 Verificación de espesor de veredas para reposición de concreto en conexiones ....	56
Figura 25 Prueba de compactación con densímetro nuclear.....	56
Figura 26 Prueba hidráulica a zanja tapada .....	57
Figura 27 Reposición de asfalto.....	57
Figura 28 Reposición de concreto en veredas.....	57
Figura 29 Reposición de áreas verdes.....	58
Figura 30 Trazo para excavación de red y conexiones domiciliarias de alcantarillado. Señalización de interferencias.....	60
Figura 31 Corte con disco diamantado sobre la ventana de fragmentación y conexiones de alcantarillado.....	60
Figura 32 Excavación de ventana de fragmentación y conexiones de alcantarillado, debidamente señalado. ....	60
Figura 33 Instalación de máquina de fragmentación y entibado. ....	60
Figura 34 Termofusión de tubería HDPE, a ser instalada en colectora de alcantarillado. ....	61
Figura 35 Verificación de juntas de pega de termofusión en tubería HDPE.....	61
Figura 36 Lanzamiento de tubería de alcantarillado por fragmentación. ....	61
Figura 37 Llegada de tubería del lanzamiento de máquina de fragmentación. ....	61
Figura 38 Instalación de caja de alcantarillado y solaqueado.....	62
Figura 39 Instalación de conexión de alcantarillado PVC a red colectora. ....	62
Figura 40 Relleno y compactación con material propio para tapado de zanja. ....	62
Figura 41 Relleno y compactación de base con material afirmado para tapado de zanja. ....	62

Figura 42 Verificación de espesor para reposición de carpeta asfáltica en ventana de fragmentación. ....	63
Figura 43 Verificación de espesor de veredas para reposición de concreto en conexiones. ...	63
Figura 44 Prueba de compactación con densímetro nuclear.....	63
Figura 45 Prueba hidráulica a zanja tapada .....	64
Figura 46 Reposición de asfalto.....	64
Figura 47 Relleno y compactación de base con material afirmado para tapado de zanja. ....	64
Figura 48 Reposición de áreas verdes.....	65
Figura 49 Verificación de red de alcantarillado por inspección televisiva.....	65
Figura 50 Limpieza de terreno para reposición de asfalto .....	96
Figura 51 Control de temperatura del material granular de asfalto. ....	96
Figura 52 Imprimación asfáltica .....	97
Figura 53 Vaciado de material granular de asfalto sobre el área a reponer. ....	97
Figura 54 Compactación con rodillo vibratorio sobre material granular.....	97
Figura 55 Sellado de juntas con arena fina y limpieza. ....	97
Figura 56 Prueba de slump con cono de Abrahams.....	98
Figura 57 Guía de diseño de concreto premezclado. ....	98
Figura 58 Vaciado de concreto sobre pavimento rígido. ....	98
Figura 59 Acabado de reposición de concreto y señalización. ....	98
Figura 60 Instalación de entibado metálico. ....	99
Figura 61 Instalación de máquina de fragmentación. ....	99
Figura 62 Cabezal fragmentador del equipo de fragmentación. ....	100
Figura 63 Termofusión de cabezal fragmentador a la tubería HDPE.....	100
Figura 64 Salida de tubería de alcantarillado hacia la otra ventana de fragmentación.....	100
Figura 65 Tubería adosada al buzón. ....	100



Figura 66 Equipo de termofusión .....	101
Figura 67 Alineamiento de tuberías HDPE para termofusión. ....	101
Figura 68 Corte de tuberías para alineación. ....	102
Figura 69 Termofusión de tuberías HDPE.....	102
Figura 70 Junta de la tubería de HDPE, efecto de la termofusión. ....	102
Figura 71 Mal procedimiento de termofusión en la sección A .....	106
Figura 72 El desplazamiento V no será mayor del espesor mínimo.....	106
Figura 73 Enrollamiento correcto. ....	106

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo se desarrolló en base a mi experiencia laboral adquirida participando en el proyecto de rehabilitación de redes secundarias de agua potable y alcantarillado del Lote 2. Este proyecto fue ejecutado en los distritos de Comas, Carabayllo, Los Olivos y San Martín de Porres, y fue contratado por SEDAPAL a la empresa de Acruta & Tapia Ingenieros S.A.C, donde me desempeñé con el cargo de Técnico Supervisor de Campo. El objetivo del proyecto fue determinar la diferencia que existe entre el método tradicional (con zanja) y el método de fragmentación o *pipe bursting* (sin zanja) para la rehabilitación de tuberías de alcantarillado con respecto a sus indicadores de gestión tales como costo, tiempo y producción, y parámetros ambientales. Se planteó un estudio descriptivo para la identificación y selección del método más adecuado para la rehabilitación de tuberías de alcantarillado, utilizando la información del expediente técnico del proyecto y datos tomados en campo. Los resultados sobre el indicador de costo, tiempo, producción y parámetros ambientales muestran que el método más adecuado para la rehabilitación de alcantarillado es el *pipe bursting* o fragmentación.

## **NOTA DE ACCESO**

**No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales**

## REFERENCIAS

- Andrade Filho, J., Bezerra do Nascimento, I., de Souza Neto, O. N., da Silva Dias, N., Chipana Rivera, R., Cruz Portela, J., & Dunga da Costa, J. (2017). Contenido foliar de N, P y K en algodón fertilizado con efluente de alcantarillado tratado. *DYNA*, 147-154.
- Assunta B., M., Souza G., L., Paz Arruda Teo, C. R., & Pozzagnol, M. (2016). Condiciones socioeconómicas e higiénico-sanitarias como dimensiones de la seguridad alimentaria y nutricional. *Chil Nutr*, 62-67.
- Barrantes Barrantes, E. A., & Cartín Nuñez, M. (2017). Eficacia del tratamiento de aguas residuales de la Universidad de Costa Rica en la Sede de Occidente, San Ramón, Costa Rica. *Cuadernos de Investigación UNED*, 193-197.
- Chassoul Acosta, M. J., & Rodríguez Arias, C. (2018). Contaminación y disminución del embalse El Laguito, Costa Rica, por aguas urbanas: encuesta y propiedades físico-químicas. *Cuadernos de Investigación UNED*, 409-415.
- Chaves Pabón, S. B., CárdenasMoreno, D., Avilez Romero, C., & Barajas Bernal, J. (2018). *Estudio comparativo técnico y económico del sistema de perforación horizontal ramming y el sistema convencional, estudio de caso*. Bogotá, Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Cubides, E. D., & Santos, G. E. (2018). Control de escorrentías urbanas mediante Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUD): Pozos/Zanjas de infiltración. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 32-42.
- Espinoza Gutiérrez, G., Mareike Evers, P., Otterpohl, R., Paredes Limas, J. C., Zambrano Cárdenas, R. M., & González Torres, L. (2014). Evaluación de las infiltraciones al sistema de drenaje mediante análisis comparativo de la concentración de contaminantes en agua residual. Caso de estudio en Tepic, México. *Revista Internacional Contaminantes Ambientales*, 89-98.
- Fernandez Domingo, E. (2014). *Estudio sobre la génesis y la realización de una estructura urbana: La construcción de la red de alcantarillado de Santiago de Chile (1887-1910)*. Francia: Departamento de Estudios Hispánicos e Hispanoamericanos.
- Fernandez Niño, J. A., Luna Orozco, K., Navarra Lechuga, E., Floréz García, V., Acosta Reyes, J., Solano, A., . . . Goenaga, E. (2018). Necesidades percibidas de salud por los migrantes desde Venezuela en el asentamiento de Villa Caracas - Barranquilla, 2018: reporte de caso en salud pública. *Revista de la Universidad Industrial de Santander*, 269-276.
- Gaviria, L. M., Soscue, D., Campo Polanco, L. F., Cardona Arias, J., & Galván Díaz, A. L. (2017). Prevalencia de parasitosis intestinal, anemia y desnutrición en niños de un resguardo indígena Nasa, Cauca, Colombia, 2015. *Fac. Nac. Salud Pública*, 390-399.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2019). *Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico - Nro 07*. Lima: INEI.
- Mora Alvarado, D. A., & Portuguez Barquero, C. F. (2016). Cobertura de la disposición de excretas en Costa Rica en el periodo 2000-2014 y expectativas para el 2021. *Tecnología en Marcha*, 43-62.
- Navarro Chaparro, K., Rivera, P., & Sanchez, R. (2016). Análisis del manejo de agua en la ciudad de Tijuana, Baja California: Factores críticos y retos. *Estudios Fronterizos*, 53-82.

- Nuñez Rivadeneira, J., Ullauri, A., & Barzola Montes, J. (2018). Diagnóstico, Modelación y Determinación de la Capacidad Hidráulica de sistemas de Alcantarillado. *Revista Ciencia y Educación*, 88-101.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. (12 de julio de 2017). 2100 millones de personas carecen de agua potable en el hogar y más del doble no disponen de saneamiento seguro. GINEBRA, SUIZA.
- Organización Mundial de la Salud y el Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF). (2017). *Progresos en materia de agua potable, saneamiento e higiene - Informe de actualización de 2017 y línea de base de los ODS*. Ginebra: Anna Grojec.
- Recalde Castañeda, G. (2016). Acceso equitativo a servicios de agua potable y alcantarillado: una oportunidad para el activismo judicial y social a nivel local. *REVISTA DE DERECHO*, 257-291.
- Rodríguez Miranda, J. P., García Ubaque, C. A., & García Ubaque, J. C. (2016). Enfermedades transmitidas por el agua y saneamiento básico en Colombia. *Revista Salud Pública*, 738-745.
- Salazar Adams, A., & Lutz Ley, A. (2015). Factores asociados al desempeño en organismos operadores de agua potable en México. *Región y Sociedad*, 6-26.
- SEDAPAL, L. (s.f.). *TECNOLOGIA SIN ZANJA - PIPE BURSTING DINÁMICO*. Lima.
- Tudela Mamani, J. W., Leos Rodríguez, J. A., & Zavala Pineda, M. J. (2018). Estimación de beneficios económicos por mejoras en los servicios de saneamiento básico mediante valoración contingente. *Agrociencia*, 467-481.
- Vicente Reyes, J. (2016). Determinación de la eficiencia del aserrín y la fibra de coco utilizados como empaques para la remoción de contaminantes en Biofiltros para el tratamiento de aguas residuales. *Enfoque UTE*, 41-56.