

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Análisis de infiltración, identificación de conexiones erradas y selección de tecnologías convencionales y no convencionales para la rehabilitación de las redes de alcantarillado sanitario de la ciudadela La Alborada

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Diego Enrique Asanza Moreira

Leonela Ivette García Jiménez

GUAYAQUIL - ECUADOR

I PAO 2023

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico principalmente a mi hermano José Asanza, lo que soy a nivel personal y profesional se lo debo a él, su dedicación y sus grandes logros siempre han sido una inspiración en mí para seguir adelante. Le dedico este proyecto a mi hermana Genesis Asanza, que siempre ha estado alado mío apoyándome en mis decisiones. También le dedico este proyecto a mi mamá Rosa Moreira, que siempre me mantuvo en el buen camino para poder ser alguien importante en la vida, y a mi papá José Asanza que siempre ha estado ahí presente y ayudándome a enfrentar los problemas de la vida.

Diego Asanza

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a mis padres, Pilar Jiménez y Luis García, que me han brindado su apoyo incondicional en el transcurso de mi formación académica, en cada meta alcanzada pude ver sus sacrificios realizados y este logro lo quiero compartir con ustedes. Además, a mi hermana Andrea García por alentarme y acompañarme en cada paso dado.

Leonela García

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento principalmente a los profesores de ESPOL, principalmente al ingeniero Danilo Dávila y Cristian Salas, por apoyarnos con las tutorías cada semana. Agradezco también a Interagua específicamente a la ingeniera Adriana Valarezo y a los trabajadores de la cuadrilla que nos brindaron todo su apoyo en todas las actividades. Por último, quiero agradecer a las personas que formaron parte de mi crecimiento académico, a mis compañeros de carrera, al club ACI y al club Argumentum, que me ayudaron a crecer personal y profesionalmente a lo largo de mi carrera.

Diego Asanza

AGRADECIMIENTOS

Quiero empezar agradeciendo a Dios y la virgen por acompañarme en el trayecto de mi etapa universitaria permitiéndome alcanzar este gran logro.

Mi más sincero agradecimiento a la empresa Interagua y Veolia por el compromiso y disposición brindada para el desarrollo del proyecto, en especial a Ing. Adriana Valarezo por su tutoría en el transcurso del proyecto. Así mismo, para las cuadrillas de Interagua que colaboraron con las inspecciones de forma segura y responsable.

También quiero agradecer a mis profesores de facultad que han colaborado para mi formación académica, especialmente a mi tutor y profesor de proyecto integrador por la orientación a lo largo de este período académico.

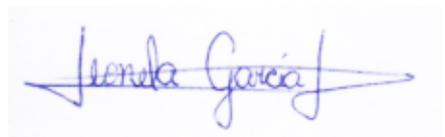
Leonela García

Declaración Expresa

“Los derechos de titularidad y explotación, me(nos) corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Diego Asanza Moreira* y *Leonela García Jiménez*, y doy(damos) mi(nuestro) consentimiento para que la ESPOl realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

Diego Asanza

Diego Asanza Moreira



Leonela García Jiménez

EVALUADORES

Danilo Dávila

PROFESOR DE LA MATERIA

Cristian Salas Vázquez

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La llegada del Fenómeno El Niño es una realidad inminente. El país se verá afectado y Guayaquil es una de las ciudades con mayor riesgo. Especialmente, se prevé que este fenómeno perjudique directamente las redes de alcantarillado de ciertos sectores. Uno de ellos, la ciudadela La Alborada, lugar que ha presentado fuertes inundaciones incluso en el último invierno. El mayor problema es el mal estado de las redes de alcantarillado y las fallas estructurales provocadas por el deterioro, sumado a la falta de mantenimiento eficiente. Este proyecto propone un método de rehabilitación que permita corregir dichas deficiencias a un tiempo razonable generando un menor costo y sobre todo que presente un menor impacto ambiental. Para ello, se propuso el método *Pipe Bursting* que es una metodología que cumple estos requerimientos. Se utiliza una herramienta neumática que rompe la tubería dañada, reemplaza una tubería nueva a la vez y, de esta manera, corrige todas las infiltraciones existentes. Mediante el análisis financiero se logra demostrar una disminución notable en el costo operativo con la reducción del volumen de bombeo en las estaciones de la microcuenca, a través de la ejecución de la rehabilitación no convencional *Pipe Bursting*. De esta manera, se favorece el entorno social y ambiental del sector para las intensas lluvias pronosticadas por la presencia del Fenómeno El Niño.

Palabras Clave: Infiltraciones, Fenómeno El Niño, *Pipe Bursting*, Conexiones erradas

ABSTRACT

The arrival of the Fenómeno El Niño is an imminent reality. The country will be affected, and Guayaquil is one of the cities where there is more risk. It is expected that this phenomenon will directly damage the sewage networks of certain sectors. One of them, the La Alborada neighborhood, a place that has presented strong flooding even during the last winter. The main problem is the poor condition of the sewerage networks and the structural failures caused by deterioration, in addition to the lack of efficient maintenance. This project proposes a rehabilitation method that allows correcting these deficiencies in a reasonable time, at a lower cost and, above all, with a lower environmental impact. For this purpose, the *Pipe Bursting* method was proposed, which is a methodology that meets these requirements. A pneumatic tool is used that breaks the damaged pipe, replaces a new pipe at the same time and, in this way, corrects all the existing infiltrations. The financial analysis demonstrates a significant reduction in operating costs by reducing the pumping volume in the micro-watershed stations through the implementation of the non-conventional *Pipe Bursting* rehabilitation. In this way, the social and environmental surroundings of the sector are favored for the intense rains predicted by the presence of the Fenómeno El Niño.

Keywords: Infiltrations, El Niño Phenomenon, *Pipe Bursting*, Misconnections

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Presentación general del problema	2
1.3. Justificación del problema	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1. Objetivo General	4
1.4.2. Objetivos Específicos	4
CAPITULO 2	5
2. MATERIALES Y MÉTODOS	5
2.1 Revisión de literatura	5
2.2 Área de estudio	8
2.3 Trabajo de campo y laboratorio	9
2.4 Análisis de datos	14
2.4.1. Caudal de infiltración e influjo	14
2.4.2. Conductividad	20
2.4.3. Test Smoke	21
2.5 Análisis de alternativas	23
2.5.1 Impacto económico	23
2.5.1.1 Comparativa entre zanja abierta y <i>Pipe Bursting</i>	24
2.5.1.2 Comparativa entre zanja abierta y <i>Pipe Relining</i>	25
2.5.1.3 Comparativa entre <i>Pipe Bursting</i> y <i>Pipe Relining</i>	26
2.5.2 Impacto técnico	27
2.5.2.1 Comparativa entre <i>Pipe Relining</i> y <i>Open Cut</i>	28
2.5.2.2 Comparativa entre <i>Pipe Bursting</i> y <i>Open Cut</i>	29
2.5.2.3 Comparativa entre <i>Pipe Bursting</i> y <i>Pipe Relining</i>	30
2.5.3 Impacto social	31
2.5.4 Impacto ambiental	35
2.5.5 Resultado	38

2.5.5.1	Análisis de alternativas en colectores	38
CAPÍTULO 3		40
3.	DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES	40
3.1.	Diseños	40
3.1.1	Rehabilitación con <i>Pipe Bursting</i>	40
3.1.1.1.	Excavación para nichos	41
3.1.1.1.	Instalación de maquinaria	44
3.1.1.2.	Introducción de barra de acero	44
3.1.1.3.	Conexión de equipos de corte	44
3.1.1.4.	Tensionamiento	45
3.1.1.5.	Acometidas	46
3.1.2	Rehabilitación con CIPP	46
3.1.2.1	Limpieza y desazolve	46
3.1.2.2	Video de inspección	46
3.1.2.3	Instalación	47
3.1.2.4	Curado	47
3.1.2.5	Reapertura de la tubería	47
3.2.	Especificaciones técnicas	47
3.2.1.	Topografía	47
3.2.2.	Inspección CCTV	48
3.2.3.	Limpieza de tubería	48
3.2.4.	By pass para desviar aguas residuales	49
3.2.5.	Rehabilitación (Tecnología sin zanja – CIPP)	49
3.2.6.	Rehabilitación (Tecnología sin zanja – <i>Pipe Bursting</i>)	51
CAPÍTULO 4		56
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL	56
4.1.	Descripción del proyecto	56
4.2.	Línea base ambiental	58
4.2.1.	Medio físico	58
4.2.1.1.	Clima	58
4.2.1.2.	Aire	59
4.2.1.3.	Suelo	59
4.2.1.4.	Agua	60
4.2.2.	Medio Biótico	61
4.2.2.1.	Flora y fauna	61

4.2.3.	Medio socioeconómico	61
4.2.3.1.	Datos sociodemográficos	61
4.2.3.2.	Medio socioeconómico	61
4.3.	Actividades del proyecto	62
4.4.	Identificación de impactos ambientales	62
4.5.	Valoración de impactos ambientales	66
4.5.1.	Impacto ambiental del método <i>Pipe Bursting</i>	66
4.5.2.	Impacto ambiental del método <i>Pipe Relining</i> (CIPP)	73
4.6.	Medidas de prevención/mitigación	79
CAPÍTULO 5		81
5. PRESUPUESTO		81
5.1.	Estructura Desglosada de Trabajo	81
5.2.	Rubros y análisis de precios unitarios	83
5.2.1.	Tecnología <i>Pipe Bursting</i>	83
5.2.2.	Tecnología <i>Pipe Relining</i>	85
5.3.	Descripción de cantidades de obra	87
5.3.1.	Tecnología <i>Pipe Bursting</i>	87
5.3.2.	Tecnología <i>Pipe Relining</i>	87
5.4.	Valoración integral del costo del proyecto	89
5.5.	Cronograma de obra	94
		95
CAPÍTULO 6		96
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		96
6.1.	Conclusiones	96
6.2.	Recomendaciones	97

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización
UISE	Sistema Único de Información Ambiental

SIMBOLOGÍA

μS	Microsiemens
cm	centímetro
m	Metro
kW	Kilovatio
AAPP	Agua Potable
AASS	Aguas Servidas
AALL	Aguas Lluvias
i	Grado de probabilidad de destrucción
EX	Área de influencia
MO	Duración entre la acción y aparición del impacto
PE	Permanencia del efecto originado por el impacto
RV	Reversibilidad
SI	Reforzamiento de todos los efectos simples
AC	Incremento progresivo
EF	Efecto directo o indirecto
PR	Periodicidad
MC	Recuperabilidad de reconstrucción por medios humanos

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Microcuencas de la zona de estudio	
Fuente: Elaboración propia	8
Figura 2.2 Niveles de marea del mes junio 2022	
Fuente: Interagua, 2022	10
Figura 2.3 Nivel de marea en los primeros 5 meses del 2023	
Fuente: Interagua 2023	10
Figura 2.4 Medición de Conductividad en las cámaras AASS	
Fuente: Salidas de campo	11
Figura 2.5 Medición de conductividad en multiparamétrica HACH	
Fuente: Salida de campo	11
Figura 2.6 Red de alcantarillado residual de la zona de estudio	
Fuente: Interagua, 2023	12
Figura 2.7 Equipo de Prueba de Humo, Ripcord (EPA Sales, 2023)	13
Figura 2.8 Testeo de prueba de humo en cámaras de AASS	
Fuente: Salidas de campo	13
Figura 2.9 Precipitaciones máximas de junio 2022	
Fuente: Interagua 2022	15
Figura 2.10 Precipitación máxima de abril del 2023	
Fuente: Interagua, 2023	15
Figura 2.11 Distribución de consumo de agua potable	
Fuente: (Henry, Milagros, Ana, & Aguilar, 2014)	17
Figura 2.12 Prueba de Humo en las cámaras AASS de la zona de estudio	
Fuente: Salida de campo	22
Figura 2.13 Después de la aplicación de la prueba de humo en las cámaras AASS	
Fuente: Salidas de campo	22
Figura 2.14 Comparación de método zanja abierta vs Pipe Bursting	
Fuente: (Hashemi, 2008)	24
Figura 2.15 Comparación de costos entre método zanja abierta y Pipe Bursting	
Fuente: (Hashemi, 2008)	25

Figura 2.16 Comparativa de costos entre zanja abierta y Pipe Relining	
Fuente: (Vinayak Kaushal & Serajiantehrani, 2020)	26
Figura 2.17 Comparativa entre costo y tiempo para zanja cerrada	
Fuente: (Hernández & Martínez, 2021)	28
Figura 2.18 Comparativa entre costo y tiempo para zanja abierta	
Fuente: (Hernández & Martínez, 2021)	29
Figura 2.19 Comparativa de tiempo de ejecución entre Pipe Bursting y zanja abierta	
Fuente: (Matamoros & Michael, 2018)	30
Figura 2.20 Comparación entre congestión vehicular causada por método de zanja abierta vs sin zanja	Fuente: (Matamoros & Michael, 2018)
	32
Figura 2.21 Comparación entre obstrucción peatonal causada por método de zanja abierta vs sin zanja	Fuente: (Matamoros & Michael, 2018)
	32
Figura 2.22 Comparación entre cierre de comercios causada por método de zanja abierta vs sin zanja	Fuente: (Matamoros & Michael, 2018)
	33
Figura 2.23 Comparación entre la contaminación acústica causada por método de zanja abierta vs sin zanja	Fuente: (Matamoros & Michael, 2018)
	33
Figura 2.24 Comparación del impacto social y ambiental entre el método de Pipe Relining vs open cut	Fuente: (Calvo, ,2023)
	34
Figura 2.25 Comparación entre la contaminación del suelo causada por método de zanja abierta vs sin zanja	Fuente: (Matamoros & Michael, 2018)
	36
Figura 2.26 Comparación entre la contaminación del aire causada por método de zanja abierta vs sin zanja	Fuente: (Matamoros & Michael, 2018)
	37
Figura 3.1 Funcionamiento detallado de Pipe Bursting	
Fuente: (Simicevic & Sterling, 2001)	41
Figura 3.2 Excavación de nicho de entrada	
Fuente: (Sánchez, 2022)	41
Figura 3.3 Diámetros nominales de tubería PE100	
Fuente: (iwia, 2023)	42
Figura 3.4 Radio de curvatura de tuberías PE	
Fuente: ((CIDTA), s.f.)	43
Figura 3.5 Equipo neumático de tensión	
Fuente: (MOLE, 2017)	44

Figura 3.6 Ejecución de la metodología Pipe Relining CIPP	
Fuente: (s.f., 2023)	46
Figura 3.7 Propiedades y características que considera la normativa ASTM D 1248	
Fuente: (ASTM, 2005)	54
Figura 3.8 Equipos y accesorios para la tecnología Pipe bursting	
Fuente: (TRELTEC INGENIERIA LTDA., s.f.)	55
Figura 3.9 Ubicación y empleo de los equipos y accesorios para pipe bursting	
Fuente: (TRELTEC INGENIERIA LTDA., s.f.)	55
Figura 4.1 Mapa de la Urbanización La Alborada	
Fuente: Google Earth	56
Figura 4.2 Mapa de la ciudad de Guayaquil	
Fuente: Hazen & Sawyer, P.C. (2014)	57
Figura 4.3 Fases del estudio ambiental	
Fuente: Elaboración propia	58
Figura 4.4 Mapa de geomorfología del cantón Guayaquil	
Fuente: Dirección de planificación Urbana, P. y O. T.-A. de G. (2020)	60
Figura 4.5 Matriz Leopold implementando Pipe Bursting	
Fuente: Elaboración propia	64
Figura 4.6 Matriz Leopold implementando Pipe Relining CIPP	
Fuente: Elaboración propia	65
Figura 4.7 Jerarquización del nivel de impacto ambiental	
Fuente: (S.A., s.f.)	66
Figura 4.8 Análisis de la matriz signo implementando Pipe Bursting	
Fuente: Elaboración propia	66
Figura 4.9 Análisis de la matriz intensidad implementando Pipe Bursting	
Fuente: Elaboración propia	67
Figura 4.10 Análisis de la matriz extensión implementando Pipe Bursting	
Fuente: Elaboración Propia	67
Figura 4.11 Análisis de la matriz reversibilidad implementando Pipe Bursting	
Fuente: Elaboración propia	68
Figura 4.12 Análisis de la matriz momento implementando Pipe Bursting	
Fuente: Elaboración propia	68

Figura 4.13 Análisis de la matriz persistencia implementando Pipe Bursting	
Fuente: Elaboración propia	69
Figura 4.14 Análisis de la matriz sinergia implementando Pipe Bursting	
Fuente: Elaboración propia	69
Figura 4.15 Análisis de la matriz sinergia implementando Pipe Bursting	
Fuente: Elaboración propia	70
Figura 4.16 Análisis de la matriz efecto implementando Pipe Bursting	
Fuente: Elaboración propia	70
Figura 4.17 Análisis de la matriz periodicidad implementando Pipe Bursting	
Fuente: Elaboración propia	71
Figura 4.18 Análisis de la matriz recuperabilidad implementando Pipe Bursting	
Fuente: Elaboración propia	71
Figura 4.19 Análisis de importancia del impacto ambiental implementando Pipe Bursting	
Fuente: Elaboración propia	72
Figura 4.20 Análisis de la matriz signo implementando Pipe Relining CIPP	
Fuente: Elaboración propia	73
Figura 4.21 Análisis de la matriz intensidad implementando Pipe Relining CIPP	
Fuente: Elaboración propia	73
Figura 4.22 Análisis de la matriz extensión implementando Pipe Relining CIPP	
Fuente: Elaboración propia	74
Figura 4.23 Análisis de la matriz momento implementando Pipe Relining CIPP	
Fuente: Elaboración propia	74
Figura 4.24 Análisis de la matriz persistencia implementando Pipe Relining CIPP	
Fuente: Elaboración propia	75
Figura 4.25 Análisis de la matriz reversibilidad implementando Pipe Relining CIPP	
Fuente: Elaboración propia	75
Figura 4.26 Análisis de la matriz sinergia implementando Pipe Relining CIPP	
Fuente: Elaboración propia	76
Figura 4.27 Análisis de la matriz acumulación implementando Pipe Relining CIPP	
Fuente: Elaboración propia	76
Figura 4.28 Análisis de la matriz efecto implementando Pipe Relining CIPP	
Fuente: Elaboración propia	77

Figura 4.29 Análisis de la matriz periodicidad implementando Pipe Relining CIPP	
Fuente: Elaboración propia	77
Figura 4.30 Análisis de la matriz recuperabilidad implementando Pipe Relining CIPP	
Fuente: Elaboración propia	78
Figura 4.31 Análisis de importancia del impacto ambiental implementando Pipe Relining CIPP	
Fuente: Elaboración propia	78
Figura 5.1 Estructura de Desglose del Proyecto	
Fuente: Elaboración propia	81
Figura 5.2 Desglose de la Planificación del Proyecto	
Fuente: Elaboración propia	81
Figura 5.3 Desglose de Selección del Proyecto	
Fuente: Elaboración propia	82
Figura 5.4 Desglose de Adquisición del Proyecto	
Fuente: Elaboración propia	82
Figura 5.5 Desglose de Rehabilitación del Proyecto	
Fuente: Elaboración propia	83
Figura 5.6 Cronograma de obra aplicando Pipe Bursting	
Fuente: Elaboración propia	94
Figura 5.7 Cronograma de obra aplicando Pipe Relining	
Fuente: Elaboración propia	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Volumen por consumo de agua potable en La Alborada	
Fuente: Interagua, 2023.....	16
Tabla 2.2 Volumen de bombeo y volumen AASS por consumo de AAPP mensual de la estación Briz Sánchez	
Fuente: (Interagua, 2023)	17
Tabla 2.3 Volumen de bombeo y volumen AASS por consumo de AAPP mensual de la estación Alborada XIII	
etapa	
Fuente: (Interagua, 2023)	18
Tabla 2.4 Volumen por infiltración y conexiones erradas mensual de la estación Briz Sánchez	
Fuente: Elaboración propia.....	18
Tabla 2.5 Volumen por infiltración y conexiones erradas mensual de la estación Alborada XIII etapa	
Fuente: Elaboración propia.....	19
Tabla 2.6 Mediciones de conductividad alta encontradas en las cámaras de AASS	
Fuente: Elaboración propia.....	20
Tabla 2.7 Pruebas de humo en cámaras de AASS	
Fuente: Elaboración propia.....	21
Tabla 2.8 Comparativa de costos entre métodos sin zanja y zanja abierta	
Fuente: Elaboración propia.....	27
Tabla 2.9. Comparativa de impacto tiempo entre método de zanja abierta y sin zanja	
Fuente: Elaboración propia.....	31
Tabla 2.10 Comparativa de impacto social entre método de zanja abierta y sin zanja	
Fuente: Elaboración propia.....	35
Tabla 2.11. Comparativa de impacto ambiental entre método de zanja abierta y sin zanja	
Fuente: Elaboración propia.....	38
Tabla 2.12 Análisis de alternativas para las zonas identificadas con problemas de infiltración	
Fuente: Elaboración propia.....	39

Tabla 3.1 Tramo de la microcuenca Briz Sánchez con elevada conductividad	
Fuente: (Veolia, 2023)	42
Tabla 3.2 Longitud de corte para el ingreso de la tubería PE100 θ 1100 mm	
Fuente: Elaboración propia	43
Tabla 3.3 Volumen total a excavar en los tres tramos	
Fuente: Elaboración propia	43
Tabla 3.4 Cuadro de selección de método de rotura según el material de tubería a cambiar	
Fuente: (Acueducto de Bogotá, 2022).....	45
Tabla 3.5 Nivel de complejidad de acuerdo con el tipo de suelo	
Fuente: (Acueducto de Bogotá, 2022)	45
Tabla 3.6 Clasificación de densidad de una tubería PEAD	
Fuente: (ASTM, 2005)	53
Tabla 3.7 Clasificación por su composición de una tubería PEAD	
Fuente: (ASTM, 2005)	53
Tabla 3.8 Clasificación por categoría de acuerdo con el valor nominal de flujo para tuberías PEAD	
Fuente: (ASTM, 2005)	53
Tabla 5.1 Lista de rubros que intervienen en la metodología Pipe Bursting	
Fuente: Elaboración propia	83
Tabla 5.2 Lista de rubros que intervienen en la metodología Pipe Relining	
Fuente: Elaboración propia	85
Tabla 5.3 Presupuesto Pipe Bursting - metodología sin Zanja	
Fuente: Elaboración propia	89
Tabla 5.4 Presupuesto Pipe Relining - Tecnología sin Zanja	
Fuente: Elaboración propia	90
Tabla 5.5 Costos mensuales por operación de la estación de Bombeo en Briz Sánchez	
Fuente: (Interagua, 2023).....	91
Tabla 5.6 Análisis de infiltración antes de la rehabilitación	
Fuente: Elaboración propia	91
Tabla 5.7 Análisis de infiltración después de la rehabilitación	
Fuente: Elaboración propia	91

Tabla 5.8 Análisis financiero implementando Pipe Bursting para época invernal	
Fuente: Elaboración propia.....	92
Tabla 5.9 Análisis financiero implementando Pipe Bursting para época seca	
Fuente: Elaboración propia.....	92
Tabla 5.10 Análisis financiero implementando Pipe Relining CIPP para época invernal	
	Fuente: Elaboración propia92
Tabla 5.11 Análisis financiero implementando Pipe Relining CIPP para época seca	
Fuente: Elaboración propia.....	93

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Análisis de infiltración a través de mediciones de conductividad en las cámaras de AASS de la red de alcantarillado sanitario de Briz Sánchez	103
PLANO 2	Análisis de infiltración a través de mediciones de conductividad en las cámaras de AASS de la red de alcantarillado sanitario de Alborada 13ava etapa ...	104
PLANO 3	Identificación de conexiones erradas a través de la prueba de humo en las cámaras AASS de la red de alcantarillado sanitario de Briz Sánchez	105
PLANO 4	Identificación de conexiones erradas a través de la prueba de humo en las cámaras AASS de la red de alcantarillado sanitario de Alborada 13ava etapa ...	106
PLANO 5	Aplicación de la tecnología <i>Pipe Bursting</i> para la rehabilitación de la red de alcantarillado sanitario	107

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Las redes de alcantarillado de la ciudad Guayaquil son de dos tipos, redes de alcantarillado sanitario y redes de alcantarillado pluvial. En ocasiones estos tipos de sistemas poseen infiltraciones e influjos, las primeras se originan por intrusión marina, que depende del nivel del río, y la segunda se genera por conexiones erradas. En este caso, las conexiones erradas que existen en el alcantarillado provienen de las aguas lluvias, que son receptadas por las viviendas de la zona, estas aguas se depositan en las redes de alcantarillado residual sanitario. Este tipo de conexiones suelen ser riesgosas ya que pueden conllevar a que existan inundaciones o que se dañe el sistema de alcantarillado.

Las zonas que se ubican al norte de Guayaquil por lo general tienden a sufrir mucho de conexiones erradas, tanto de aguas lluvias a aguas sanitarias como viceversa. En algunas zonas incluso no existen conexiones erradas, pero sí conexiones unidas entre ambas aguas residuales. Estos tipos de problemas son graves a nivel ambiental, ya que las aguas lluvias recolectadas por el sistema de alcantarillado se deposita directamente al cuerpo de agua que, para este caso de estudio, el río Daule actúa como dicho cuerpo de agua receptor y si estas líneas de alcantarillado se conectan con las aguas residuales sanitarias el nivel de contaminación de este cuerpo de agua puede llegar a niveles muy graves.

Una de estas zonas sensibles es la ciudadela La Alborada, ubicada al norte de Guayaquil, la cual será el objeto de estudio. La empresa Interagua ha tomado datos con respecto al alcantarillado pluvial de este sector, como el tiempo de bombeo de cada uno de los colectores, las precipitaciones existentes en el lugar y los niveles de marea existentes en las épocas de lluvia. Lo que se busca con estos datos es obtener el caudal de infiltración, valor indispensable para conocer las zonas más afectadas por el ingreso de aguas lluvias y nivel freático en el

alcantarillado. Para localizar dichas infiltraciones e influjos se realizan diferentes tipos de métodos como el análisis de conductividad y el test de humo y se proponen tecnologías para la rehabilitación del alcantarillado pluvial.

1.2. Presentación general del problema

Uno de los problemas de este proyecto de investigación se enfoca en las conexiones erradas ubicadas en la ciudadela La Alborada. Esta situación provoca constantes inundaciones en tiempo de invierno que podría agravarse con el Fenómeno El Niño. Como resultado se presenta un sinnúmero de accidentes, insalubridad, colapsos en el sistema de alcantarillado y pérdidas materiales. Es importante recalcar que debido a estos influjos las tuberías del alcantarillado se sobresaturan, ya que estas fueron diseñadas para un caudal específico, el cual es el caudal nominal del agua residual sanitaria, lo mismo pasa con las bombas ubicadas en los coladores. Con respecto a estas conexiones se realizará la búsqueda respectiva para que puedan ser tapadas o crear una red de alcantarillado lluvia según corresponda.

Sin embargo, el problema más importante que va de la mano con las conexiones erradas es la infiltración de agua marina, la cual tiene que ver mucho con el nivel de la marea. Si las tuberías de las redes de alcantarillado sanitario están en mal estado debido a la sobresaturación puede existir lugares donde se filtre el agua de mar por culpa del nivel freático, ocasionando un mayor daño en las tuberías de estas redes. A estos problemas se debe añadir la concienciación de las personas que habitan en la zona, las cuales muchas veces no se dan cuenta de las grandes afectaciones que existen no solo para los que habitan en este lugar sino para las personas conectadas a la red aguas abajo, las cuales también pueden presentar los problemas anteriormente mencionados.

Por otro lado, la empresa Interagua ha realizado estudios de alcantarillado pluvial en la zona norte de la ciudad de Guayaquil, tomando datos como el tiempo de bombeo, de cada una de las bombas ubicadas en la microcuenca, las

precipitaciones que existen en la zona y los niveles de marea en las épocas de lluvia. Lo que se busca con estos datos es obtener el caudal de infiltración, valor indispensable para conocer las zonas más afectadas por las infiltraciones de aguas lluvias o de mar al alcantarillado. Una vez que se conoce la zona se proponen diferentes tipos de métodos para poder localizar las infiltraciones y soluciones para la rehabilitación del alcantarillado sanitario.

1.3. Justificación del problema

El problema que aqueja a la ciudadela Alborada, con relación al colapso del alcantarillado, es de gran impacto tanto en la salud de los habitantes del sector como en su calidad de vida. Por tal razón es necesario buscar el método idóneo para eliminar las infiltraciones en las redes de alcantarillado. La finalidad es reducir las inundaciones en el sector, el rebosamiento de aguas servidas y la contaminación del Río Daule. Esta situación, a su vez, ayudará a disminuir la incidencia de enfermedades vectoriales e infecciosas, debido a la exposición de aguas estancadas. Además, ayudará a mejorar la calidad de vida de los habitantes del sector, con la reactivación del turismo, el que se ha visto afectado por la presencia de lugares con estancamiento de agua y las emisiones de malos olores.

Por estos antecedentes, es de gran importancia realizar un análisis de las infiltraciones existentes en el sector y como éstas afectan a los habitantes de la ciudadela y de los sectores aledaños; también se debe buscar los métodos para la rehabilitación del alcantarillado, a fin de que las aguas residuales y pluviales se gestionen de manera más eficiente, beneficiando a la empresa de servicios básicos Interagua, encargada del agua potable, alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial en la ciudad de Guayaquil. Se pretende proponer un método que solucione los problemas de intrusión marina, que sea beneficioso a nivel económico, eco ambiental y factible de realizar.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Definir un método de rehabilitación de las redes de alcantarillado sanitario y pluvial de la ciudadela Alborada al norte de Guayaquil mediante la identificación de las conexiones erradas para el descongestionamiento del sistema de alcantarillado de la zona y disminución de la contaminación de los ríos Guayas y Daule.

- ¿Qué métodos existen para solucionar los problemas de infiltración en las redes de alcantarillado sanitario de las Urbanizaciones Alborada 13ava etapa y Briz Sánchez?
- ¿Cuáles son los puntos con conexiones erradas que se encuentran en las Urbanizaciones Alborada 13ava etapa y Briz Sánchez?
- ¿Cuál es el caudal de infiltración de las tuberías de alcantarillado de las Urbanizaciones Alborada 13ava etapa y Briz Sánchez que determina la sensibilidad de la microcuenca?
- ¿Cuál es la solución para las conexiones erradas en las redes de alcantarillado de las Urbanizaciones Alborada 13ava etapa y Briz Sánchez?

1.4.2. Objetivos Específicos

- Identificar los puntos con conexiones erradas e infiltración a través de salidas de campo para definir los métodos de rehabilitación del alcantarillado.
- Determinar el caudal de infiltración, mediante el trabajo de operabilidad de las estaciones de bombeo a las que estuvieron sujetas, para la obtención de la sensibilidad de la microcuenca.
- Analizar un método de solución adecuado para las infiltraciones en las redes de alcantarillado en Interagua que mejoren el sistema de alcantarillado, mantenimiento de agua limpia y saneamiento.

CAPITULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Revisión de literatura

Para la rehabilitación del sistema de alcantarillado sanitario, es importante conocer cuál es el nivel de la marea del cuerpo de agua donde desemboca el sistema, la precipitación existente en la zona y los datos de las bombas que se ubican en los colectores cuando están apagados y encendidos; pues analizando estos datos se puede proceder con la búsqueda de las conexiones erradas y puntos de infiltración. Para descubrir donde se encuentran estas conexiones, se utiliza el método del humo, mientras que los puntos con problemas de infiltración se encuentran a través de la medición de conductividad y la inspección con CCTV. Además, para la rehabilitación del alcantarillado se implementan con mayor frecuencia dos métodos: el tradicional, denominado zanja abierta, y los no convencionales como *Pipe Bursting Technology*, y *Cured In Place Pipe (CIPP)* o también conocido como *Pipe Relining*.

Es importante buscar la forma para localizar tipos de infiltraciones e influjos, ya que el diseño del alcantarillado influye directamente con la capacidad hidráulica de la cuenca y en su capacidad de mitigar los riesgos de inundaciones del sector y en sí de la ciudad (Alzate, 2002). También el diseño del caudal del alcantarillado es afectado por este tipo de conexiones, pues al filtrarse una mayor cantidad de agua dentro de la red, las bombas tienen que trabajar con mayor potencia, haciendo que el caudal de la red sanitaria, el cual es constante, varíe. Así mismo, la potencia de las bombas también es perjudicada, lo que hace que se gaste y su tiempo de vida disminuya.

Para el análisis de infiltración marina presente en la red de alcantarillado fue importante tomar datos del nivel de marea y precipitaciones, esto último se lo determinó con un pluviómetro, que mide de forma continua los datos de la lluvia como intensidad y el período de tiempo en que ha ocurrido, conociendo así los valores totales y máximos de lluvia en cada uno de los meses de estudio. Por medio de la herramienta ArcGIS se realiza una delimitación de la microcuenca para conocer el punto de cierre con sus respectivas coordenadas. Así también, se obtiene información del río como la longitud y la elevación (Cruz, 2017).

Para el análisis de caudal de infiltración se considera un porcentaje correspondiente a todas las infiltraciones que abarcan los problemas de permeabilidad del suelo, fallos estructurales de las tapas de cámaras que no cumplen con el aislamiento de malos olores de las aguas servidas y por el aumento de marea mientras que el otro porcentaje pertenece a los influjos por las conexiones entre la red de alcantarillado pluvial con el sanitario. Para determinar el exceso de volumen de bombeo se considera el consumo de AAPP de los usuarios de cada microcuenca. Se conoce que el 85% del agua potable consumido por la población se convierte en AASS, por lo tanto, el volumen en exceso por conexiones erradas e infiltraciones será la diferencia entre ambos volúmenes.

Uno de los métodos más conocidos para identificar las infiltraciones en la red de alcantarillado sanitario es la inspección con CCTV, el cual es una tecnología muy eficiente que permite al personal observar lo que se encuentra en zonas de difícil acceso como las tuberías. Para este tipo de tecnología se necesita personal capacitado y equipos especializados para este tipo de trabajo que por lo general conllevan un costo muy elevado. Una vez la inspección con CCTV se efectuó en los colectores, se realiza la limpieza de las redes con el fin de localizar con mayor aproximación la zona de la tubería más afectada. Para redes de alcantarillado secundarias se realizan pruebas de anilina, localizando así los predios conectados a la red de alcantarillado (Martinez, 2016).

La conductividad como se mencionó también es un factor importante al momento de estudiar el comportamiento del alcantarillado, esto se debe por los altos niveles de corrosión que causa esta propiedad del agua, debido a esto, en las tuberías de agua residual sanitarias el valor de conductividad no debe sobrepasar los 900 $\mu\text{S}/\text{cm}$; los altos niveles de corrosión hacen que las tuberías de agua sanitarias sean muy afectadas. El principal proceso que reduce la conductividad son los nutrientes biológicos, es debido a esto que el agua sanitaria posee bajos niveles de conductividad en comparación del agua pluvial. La medición de conductividad en los colectores es uno de los métodos más económicos para localizar infiltraciones a la red (Levlin, s.f.).

Para la corrección y gestión de los flujos se utilizan distintos tipos de métodos, de los que depende la eficacia del reacondicionamiento de la red de agua. Estos procesos son adaptados a las especificaciones del flujo con respecto a sus causas, uno de estos es el conocido como prueba de humo para conexiones ilegales (Maker, s.f.). La prueba de humo no genera ningún daño en los sistemas de alcantarillado de la zona, tampoco afecta a las personas que se encuentran en las viviendas; sin embargo, es importante la interacción con ellas para mantener la calma. El método del humo ayuda a observar la salida de humo por lugares inadecuados, detectando así las conexiones erradas.

Con respecto a los métodos de rehabilitación se deben tomar en cuenta varios factores al momento de escoger el mejor, los costos directos que tienen que ver con la construcción, los costos indirectos que es el control del tráfico, el costo social, el cual se basa en cómo afecta a la comunidad, y el costo ambiental, donde actúan los derechos del medio ambiente. Para realizar la rehabilitación existen dos tipos de tecnologías, el convencional y los no convencionales. Haciendo una comparación con respecto a costos e impacto, se ha demostrado que las tecnologías no convencionales son óptimas por la mínima intrusión y afección de la vía pavimentada existente y por ello consecuente un mínimo porcentaje de movimiento de tierra, permitiendo que el tráfico no sea afectado en gran magnitud. En el caso del método convencional, además del gran daño que causa, se debe considerar la edad y condiciones de la sección de tubería que se va a cambiar (Hashemi, 2008).

2.2 Área de estudio

El lugar en el que se realiza la identificación de influjos e infiltraciones se ubica en la ciudadela La Alborada, donde se encuentran las estaciones de bombeo de Briz Sánchez y Alborada XIII etapa. Cada estación recoge las aguas negras de la red, por ejemplo, en Briz Sánchez existen dos bombas que recolectan las aguas servidas de las microcuencas E02-01, E02-02, E02-03, E02-04 y E02-05, cuya área total es 106.48 ha. Así mismo, la Alborada XIII etapa cuenta con tres bombas en su estación, las que recogen las AASS de la microcuenca E02-21 que cuenta con un área de 35.15 ha.

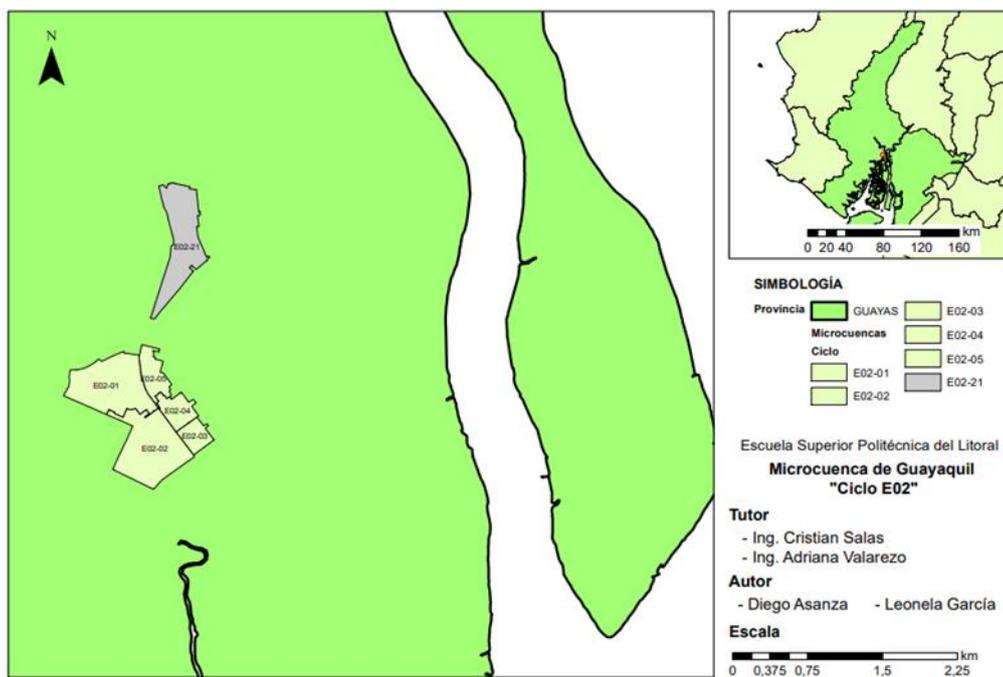


Figura 2.1 Microcuencas de la zona de estudio
Fuente: Elaboración propia

La zona presenta tramos donde la altura con respecto al mar varía en algunos puntos, teniendo una forma plana con ciertos niveles montañosos donde existe mayor cantidad de áreas residenciales. Por lo general, algunas zonas comerciales están ubicadas aguas abajo de la microcuenca, lugar donde se encuentra el colector principal conectado con la cámara que recibe todos los desechos de las aguas sanitarias de la microcuenca y la transporta fuera de esta. La visualización de todos estos detalles es indispensable al momento de tomar los datos de conductividad, puesto que, si se encuentra un punto con un nivel de

conductividad fuera del rango permitido, se procede a investigar aguas arriba en caso de que dicho valor aumente o disminuya.

El área de estudio se caracteriza por presentar altos niveles de tráfico, principalmente, en avenidas que conectan la zona comercial del City Mall y sus alrededores. Así también, el tipo de suelo de las calles y avenidas que forman parte de las microcuencas son de hormigón rígido y 0.44 km de pavimento flexible en la Av. Francisco de Orellana interceptada por la Av. Benjamín Carrión Mora. Las áreas verdes existentes son los parques distribuidos en toda la zona y un cuerpo de agua con una longitud de 0.47 km perteneciente al estero Salado.

Guayaquil es una ciudad sensible a épocas de intensas precipitaciones, pues se encuentra cercana al nivel del mar y, a su vez, está rodeada por dos grandes cuerpos de agua: el Río Daule y el Río Guayas, esto provoca inundaciones de gran escala en zonas céntricas de la ciudad y la saturación de las redes de alcantarillado pluvial. Por tal motivo, las redes de alcantarillado pluvial y sanitario deben estar diseñadas para soportar intensas precipitaciones y elevados niveles de marea.

2.3 Trabajo de campo y laboratorio

El trabajo de campo consistió en realizar pruebas de conductividad y pruebas de humo en las cámaras de AASS con la finalidad de encontrar sectores que presenten infiltraciones o conexiones erradas en la red. Para iniciar con las salidas de campo se realizó un análisis previo para saber las horas óptimas donde es posible la toma de datos, es decir, para las mediciones de conductividad en las cámaras de aguas servidas. Estos se realizaron en horarios diurnos cuando el nivel de marea es alto, ya que al existir gran influencia de intrusión marina se vería reflejado en la lectura. Así mismo, para realizar las pruebas de humo, el horario debía ser a niveles bajos de marea porque cuando las líneas de tuberías estaban saturadas no era posible que el humo circule dentro de la red y, por ende, no se podía visualizar alguna fuga.



Figura 2.2 Niveles de marea del mes junio 2022
Fuente: Interagua, 2022

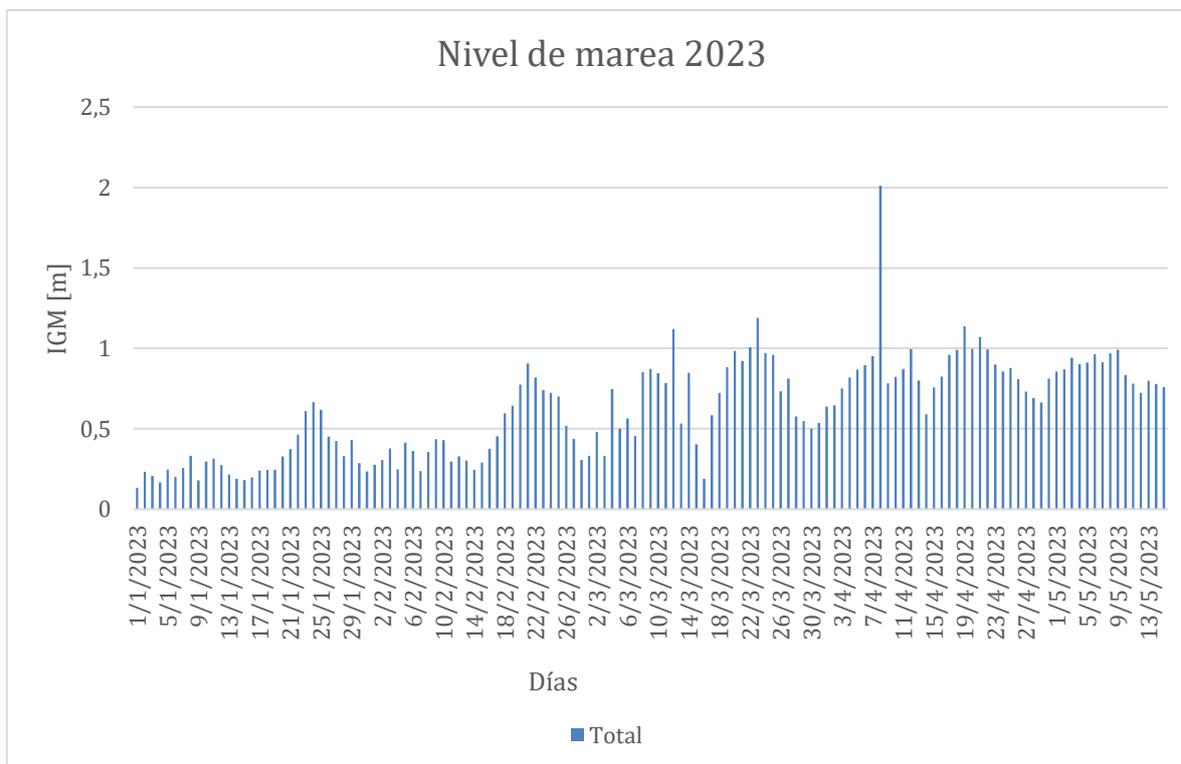


Figura 2.3 Nivel de marea en los primeros 5 meses del 2023
Fuente: Interagua 2023

En campo se tomaron mediciones de conductividad en zonas estratégicas con la multiparamétrica serie HQ de HACH (Figura 2.5). Dichas lecturas de datos

fueron realizadas en puntos donde la red se extendía con mayor cantidad de ramificaciones, con el fin de decidir si era conveniente continuar midiendo la conductividad aguas arriba o aguas abajo. En los casos donde existía una conductividad mayor a $900 \mu\text{S}/\text{cm}$ se realizaba la investigación aguas arriba para localizar la cámara de AASS que provocaba la variación fuera de los límites permitidos. De igual forma, se recorrieron sectores ubicados aguas arriba de la microcuenca debido a que dichos ramales solo reciben las aguas sanitarias de una comunidad, facilitando así la identificación de infiltraciones al no estar conectada con ramales de otros vecindarios.



Figura 2.4 Medición de Conductividad en las cámaras AASS
Fuente: Salidas de campo



Figura 2.5 Medición de conductividad en multiparamétrica HACH
Fuente: Salida de campo

Algunos inconvenientes en la realización del trabajo de campo fueron con respecto a la actualización del programa, pues el plano de la red de AASS suministrado por el cliente denotaba que el flujo en aguas arriba iniciaba en cierta

cámara sin ninguna conexión anterior, cuando en realidad existían otros colectores fuera de la zona de estudio. Esto fue posible conocer con ayuda de dicho programa que manejaba la cuadrilla asignada; por lo tanto, no se continuó tomando datos de conductividad en esas cámaras al estar ubicadas fuera de la delimitación. El sistema en línea que maneja el personal de Interagua permitió contextualizar de gran manera el funcionamiento de las redes de alcantarillado de Alborada al contar con información como el ID de la cámara, dimensiones de tubería y altura del invert.

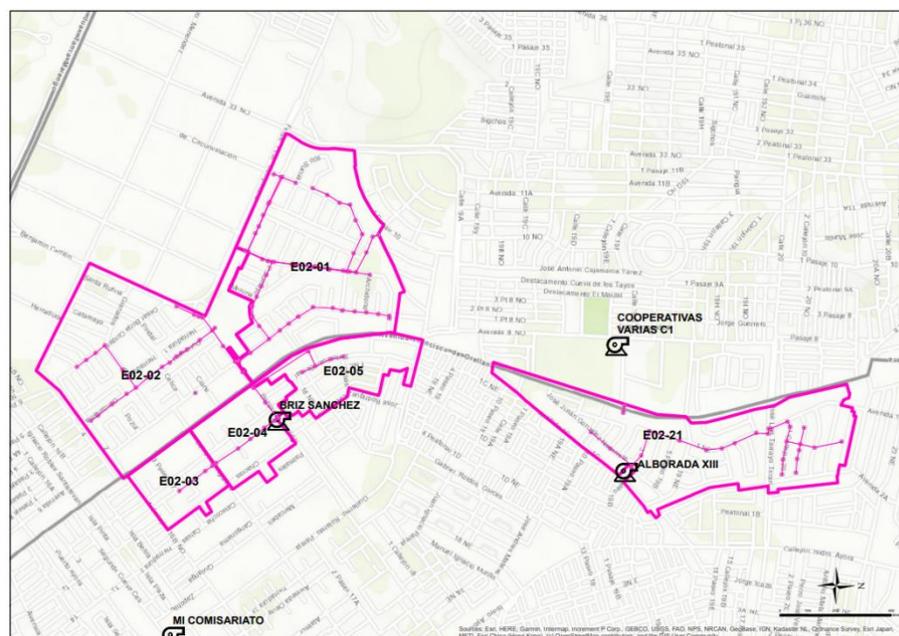


Figura 2.6 Red de alcantarillado residual de la zona de estudio
Fuente: Interagua, 2023

Luego de identificar los sectores con infiltraciones se procedió a aplicar la cámara de humo en las alcantarillas de aguas servidas. Esta prueba de humo es un método más rápido y económico para identificar los puntos exactos de conexiones erradas tanto en las tuberías como en las cámaras. El equipo empleado para realizar el testeo fue Ripcord Smoke Test Equipment manejado por una cuadrilla del área de rehabilitación de alcantarillado, el humo enviado por las redes de tuberías no es tóxico para los usuarios del sector y es fácil y seguro de utilizar por sólo dos personas (EPA Sales, 2023).



Figura 2.7 Equipo de Prueba de Humo, Ripcord (EPA Sales, 2023)

Para identificar conexiones erradas a través de las pruebas de humo, la cuadrilla se dividió con la finalidad de recorrer diferentes tramos que conectaban al punto de prueba y así ampliar el campo de visión para diferentes calles, debido que la distancia entre cámaras de AASS es extensa y visualmente desde un punto fijo no se lograría identificar fallas. Como se mencionó es importante que este trabajo se lo realice con un equipo mínimo de tres personas, ya que uno tiene que operar la máquina mientras que los otros dos deben revisar los lugares por donde sale el humo. Cabe recalcar que mientras mayor sea el número de obreros en el sitio, más óptima será la observación y el uso del equipo, sobre todo, en intersecciones con más de dos calles que recorrer.



Figura 2.8 Testeo de prueba de humo en cámaras de AASS
Fuente: Salidas de campo

2.4 Análisis de datos

2.4.1. Caudal de infiltración e influjo

Se analizaron las variaciones de marea y precipitación de la base de datos existente durante el mes de junio de 2022 y de enero a mayo del 2023, con la intención de relacionar el tiempo que trabajaron las bombas de aguas residuales en los colectores principales. Debido a que el caudal nominal es constante, ya que es el valor de diseño de la red de alcantarillado, el excedente se produce por un aumento de agua en el sistema, el cual no se consideró en el diseño, dicho incremento se debe a las lluvias e infiltraciones por agua marina. Estas hacen que las bombas tengan que trabajar más de su capacidad, aumentando el nivel de caudal de bombeo. Calculando el caudal por conexiones erradas e infiltraciones a través del consumo de AAPP se identificará el nivel de sensibilidad de las microcuencas que tuvieron mensualmente.

Los niveles de marea registrados en la base de datos permitieron seleccionar el mejor horario para la medición de conductividad, ya que cuando la marea es baja, es normal encontrar valores de conductividad más bajos debido que no existe mayor influencia por intrusión marina, por el contrario, el aumento de marea permite encontrar valores de conductividad más altos. Además de ver las horas en que baja y sube la marea, también se debe identificar el rango de tiempo en que la marea alcanza los niveles más altos. El máximo punto de marea por lo general varía por una hora más cada mes, es decir, el comportamiento de la marea se desplazaba una hora más del día anterior. Por lo tanto, con dicho valor se logró establecer los tiempos óptimos para la toma de valores de conductividad, y así mismo los mejores momentos para no realizar las pruebas de humo.

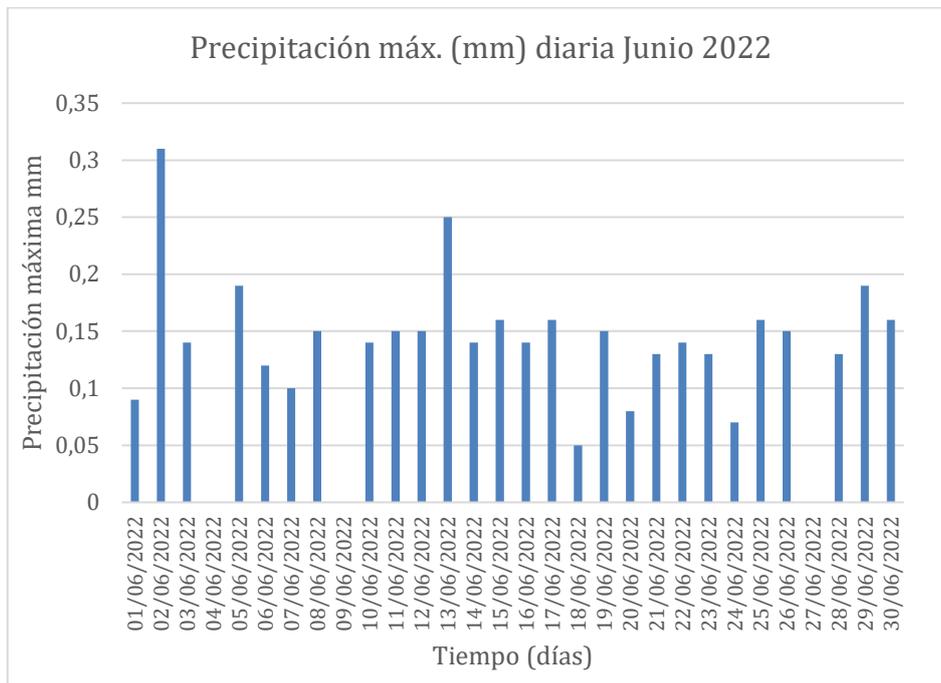


Figura 2.9 Precipitaciones máximas de junio 2022
Fuente: Interagua 2022

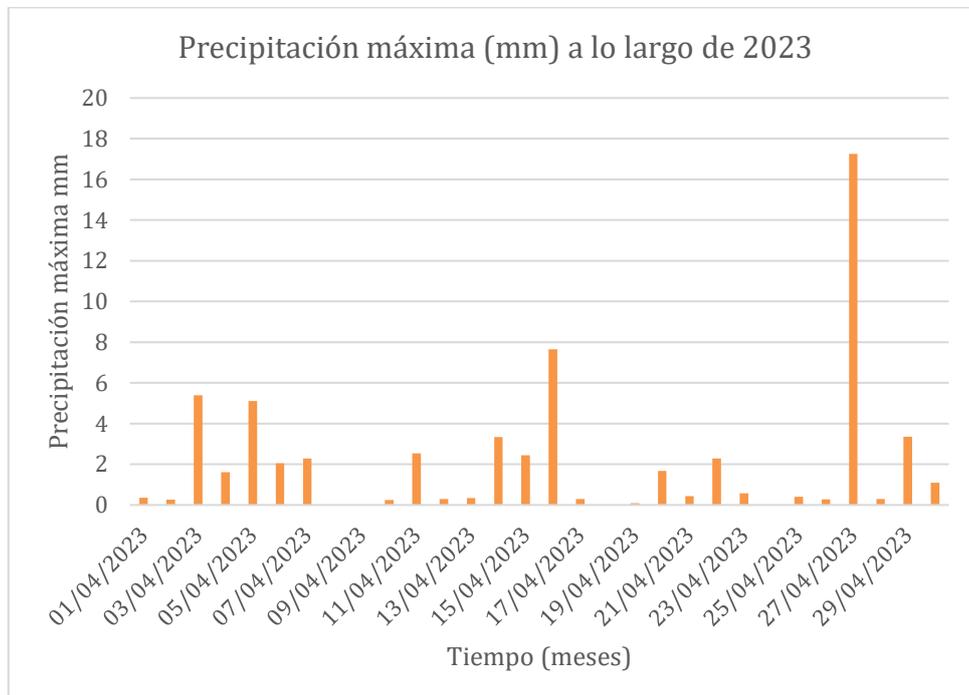


Figura 2.10 Precipitación máxima de abril del 2023
Fuente: Interagua, 2023

Los tiempos de activación registrados en cada estación de bombeo permitieron obtener el volumen de AASS que las bombas trabajaron en los primeros meses del 2023

puesto que se han desarrollado grandes precipitaciones causando afectaciones graves en los usuarios como inundaciones con tirantes de agua superiores a cualquiera antes registrado. Este problema se ha agravado debido a que la elevación de marea suscitada por las intensas lluvias saturó la red sanitaria que debía estar completamente aislada a este tipo de situaciones, pero por conexiones erradas de la red de AALL y fallos estructurales de la tubería o colectores se han ocasionado esta serie de problemáticas.

En la delimitación de la zona de estudio hay dos estaciones de bombeo que recogen las AASS de la red conectada aguas arriba de su respectivo sector con una capacidad de 158.4 m³/s y 216 m³/s respectivamente, para la Alborada XIII y Briz Sánchez se registraron los volúmenes de bombeo mensuales durante el transcurso del año presentados en Tabla 2.2 y Tabla 2.3 respectivamente. Adicional, Interagua proporcionó los volúmenes de consumo de AAPP de cada microcuenca durante los meses ya especificados. Por ende, se determina el volumen por infiltración y conexiones erradas de cada microcuenca a partir del 80% del consumo de los usuarios en la Tabla 2.4 y Tabla 2.5.

Tabla 2.1 Volumen por consumo de agua potable en La Alborada
Fuente: Interagua, 2023

Volumen por consumo de AAPP		
Mes / Microcuenca	Briz Sánchez	Alborada XIII
Jun - 2022	71693	25740
Ene - 2023	75017	21228
Feb - 2023	73634	20554
Mar - 2023	66887	20284
Abr - 2023	68002	20185
May - 2023	71901	20679

El agua potable distribuida en toda la ciudad tiende a ser consumida en diversas actividades diarias, de las cuales un porcentaje es redirigido hacia la red de agua sanitaria (AASS). El Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) realizó una campaña para analizar los altos consumos de agua que existen en el día a día por parte de los ciudadanos, dando como resultado que, del agua potable distribuida, alrededor del 80 % es consumido por los usuarios en las actividades cotidianas. Por ende, para conocer el volumen de infiltraciones se descarta este porcentaje de agua potable

correspondiente a aguas servidas del volumen total trabajado en la estación de bombeo (INEC, 2015).

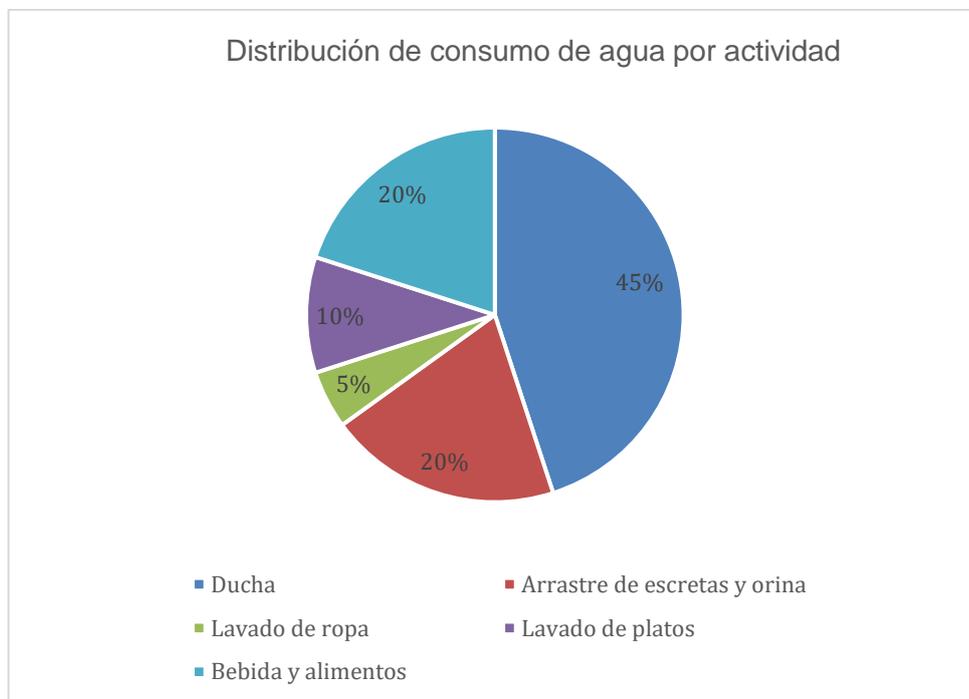


Figura 2.11 Distribución de consumo de agua potable
Fuente: (Henry, Milagros, Ana, & Aguilar, 2014)

Tabla 2.2 Volumen de bombeo y volumen AASS por consumo de AAPP mensual de la estación Briz Sánchez
Fuente: (Interagua, 2023)

Fecha	V de bombeo [m ³]	V AASS por consumo AAPP [m ³]
Jun - 2022	47383	57354
Ene - 2023	103447	60014
Feb - 2023	158791	58907
Mar - 2023	194084	53509
Abr - 2023	194648	54402
May - 2023	132970	57521

Tabla 2.3 Volumen de bombeo y volumen AASS por consumo de AAPP mensual de la estación Alborada XIII etapa
Fuente: (Interagua, 2023)

Fecha	V de bombeo [m³]	V AASS por consumo AAPP [m³]
Jun - 2022	45994	20592
Ene - 2023	24774	16982
Feb - 2023	36253	16443
Mar - 2023	51762	16227
Abr - 2023	53205	16148
May - 2023	30497	16544

Se comprueba el sobreesfuerzo a la que estuvieron sometidas las bombas de cada sector debido al incremento del año 2022 a los primeros meses del 2023 que son las épocas con mayor cantidad de precipitaciones en todo el año, pero en lo que transcurrió el inicio del 2023 los volúmenes de lluvias y nivel de marea han sido elevados en comparación a años pasados. En el caso del mes de abril se registraron elevados volúmenes de bombeo por lo que se estima que fue el mes donde existieron mayor cantidad de infiltraciones e influjos a la red tanto por las precipitaciones, intrusión marina y fugas de la red AALL hacia la red AASS.

Tabla 2.4 Volumen por infiltración y conexiones erradas mensual de la estación Briz Sánchez
Fuente: Elaboración propia

Fecha	V infiltración [m³]	% de Infiltraciones
Jun - 2022	-9972	21
Ene - 2023	43433	42
Feb - 2023	99885	63
Mar - 2023	140575	72
Abr - 2023	140247	72
May - 2023	75449	57

Tabla 2.5 Volumen por infiltración y conexiones erradas mensual de la estación Alborada XIII etapa
Fuente: Elaboración propia

Fecha	V infiltración [m³]	% de Infiltraciones
Jun - 2022	25402	55
Ene - 2023	7791	31
Feb - 2023	19810	55
Mar - 2023	35534	69
Abr - 2023	37057	70
May - 2023	13953	46

De acuerdo con los volúmenes por infiltración y conexiones erradas de cada microcuenca, se visualiza una mayor afectación en las redes de alcantarillado sanitario de las microcuencas Briz Sánchez. En el mes de junio del 2022 para Briz Sánchez se obtuvo un volumen de infiltración y conexiones erradas negativas originando la probabilidad de que no existiese daños de la red en esa época, sin embargo, podemos inferir que la red de alcantarillado sanitario ya tenía problemas de infiltración en ese sector al no presentar intensas precipitaciones y elevados niveles de marea como se muestra en la Figura 2.9 y Figura 2.2 respectivamente. Por lo tanto, el volumen bombeado fue inferior a las AASS por el consumo de AAPP ya que, al existir fugas en la red y un nivel freático bajo, el volumen por infiltración en dicho mes salió por las tuberías de la red de alcantarillado sanitario que tenían fallos estructurales o desgaste.

2.4.2. Conductividad

En campo se obtuvieron valores de conductividad de ciertos sectores ubicados principalmente aguas arriba, esto debido a que en estas zonas se encuentran los valores más altos de conductividad por lo general, ya que son zonas donde no existe mayor cantidad de ramificaciones de los colectores beneficiando la identificación de infiltraciones. En aguas debajo de la red puede existir puntos con lecturas de conductividad elevados, pero con la probabilidad de que no exista daño estructural en la tubería al recoger las AASS de los colectores anteriores. Por esta razón, la inspección cámara a cámara se realizó en sentido Norte-Sur. En la Tabla 2.5 se presentan los ID de las cámaras con niveles de conductividad elevados mientras que en Anexos se presenta todas las lecturas de conductividad.

Tabla 2.6 Mediciones de conductividad alta encontradas en las cámaras de AASS
Fuente: Elaboración propia

ID cámara	Microcuencia	Parámetro	Medición	Fecha
126144	E02-01	conductividad	1224	12/6/2023
126177	E02-01	conductividad	1107	13/6/2023
126384	E02-01	conductividad	1068	13/6/2023
126192	E02-01	conductividad	1072	13/6/2023
126226	E02-01	conductividad	1029	12/6/2023
126127	E02-01	conductividad	978	19/6/2023
126134	E02-01	conductividad	1008	19/6/2023
2148	E02-01	conductividad	1120	19/6/2023
2198	E02-01	conductividad	946	12/6/2023
2071	E02-02	conductividad	900	20/6/2023
2075	E02-02	conductividad	925	20/6/2023
2469	E02-04	conductividad	925	20/6/2023
1938	E02-04	conductividad	966	20/6/2023
1934	E02-04	conductividad	974	20/6/2023
2470	Alborada XIII	conductividad	995	12/6/2023

Hay diferentes variables que afectan la conductividad en el alcantarillado, los niveles altos de marea o infiltración de aguas lluvias es uno de esos, sin embargo, también se consiguen niveles altos con contaminantes como el aceite, las grasas, químicos, entre otras. Estos contaminantes se encuentran mayormente en lugares comerciales con lo cual no es tan común encontrarlos aguas arriba, por ende, el encontrar valores de conductividad elevados en esas

zonas altas tiende a ser mayormente debido a solución marina o por infiltración de aguas lluvias.

2.4.3. Test Smoke

Para conseguir la ubicación exacta donde puede existir conexiones erradas se empleó el test smoke o prueba de humo que consiste en instalar la cámara de humo en la tapa de la cámara de AASS para que al encenderla se visualice el humo saliendo por alguna superficie o zona que no debería, esto puede ser los sumideros, alcantarillado de aguas lluvia, cajetín de medidores, superficie de la vía, entre otros. En caso de que este humo se escape por alguno de los medios mencionados, que no sea por las tapas de AASS, entonces en esos puntos existen conexiones erradas. De los nueve puntos donde se empleó la cámara de humo se obtuvieron resultados en cinco de ellos. Dichos puntos donde se empleó la cámara de humo fueron estratégicamente seleccionados dependiendo del nivel de conductividad de la zona (Tabla 2.5).

La conductividad es una de las propiedades con la cual se puede apreciar el nivel de salinidad que presenta un cuerpo de agua, a veces mostrándose con mayor intensidad en ciertos lugares específicos, como las zonas donde no existe asfalto o alguna grieta en la carretera. Como el humo es un estado de la materia que ocupa todo el volumen en el que se encuentra este pasa no solo por los bypass entre las aguas sanitarias y las aguas lluvias, sino también en las grietas y poros que presentan tanto los colectores como las cámaras. Por esa razón se puede apreciar el humo salir por varias zonas donde existen grietas o también por los medidores de agua potable, este último se debe a las grietas internas que presenta la carretera.

Tabla 2.7 Pruebas de humo en cámaras de AASS
Fuente: Elaboración propia

ID cámara	Microcuenca	Parámetro	Fecha
1934	E02-04	humo	20/6/2023
2082	E02-02	humo	20/6/2023

De todas las pruebas con la cámara de humo la microcuenca E02-04 del sector de Briz Sánchez presentó una afectación de mayor atención inmediata debido a la fuga de humo por los sumideros de AALL. Esto implicaría que el sector se encuentra conectado a la red de alcantarillado pluvial con el sanitario ocasionando un exceso al caudal de diseño de la red sanitaria sin mencionar los problemas de infiltración existentes.



Figura 2.12 Prueba de Humo en las cámaras AASS de la zona de estudio
Fuente: Salida de campo



Figura 2.13 Después de la aplicación de la prueba de humo en las cámaras AASS
Fuente: Salidas de campo

En algunos sectores al momento de utilizar el test smoke se observó grandes cantidades de humo saliendo por una zona del suelo donde se encontraban adoquines y cajetillas de medidores de agua potable, esto por lo general ocurre cuando la tubería que se encuentra bajo tierra tiene alguna fisura. En el colector con ID 2082, se encontró otra conexión errada saliendo del patio de

una vivienda. Por último, el colector con ID 1934 se registró humo saliendo por un sumidero, al abrir la cámara más cercana se observó la conexión errada de sumidero a las aguas sanitarias.

2.5 Análisis de alternativas

En el análisis de alternativas es importante tomar en cuenta todas las variables que afectan directa e indirectamente con el proyecto. Dichas variables nos ayudan a saber si se está tomando el camino correcto para solucionar un problema existente. En si existen varias formas de resolver un problema, pero lo importante es también encontrar la solución más óptima al momento de resolver este. En este caso de estudio se tomarán en cuenta al momento de resolver el problema principal cuatro tipos de impactos, el impacto económico, técnico, social y el impacto ambiental.

Para solucionar los problemas existentes en las redes de alcantarillado sanitario se presentan los métodos mostrados anteriormente los cuales son: para la rehabilitación de los colectores está el método de zanja abierta, y método de zanja cerrada, este último se subdivide en método *Pipe Bursting* y método pipe relining. En los casos en que se presente algún daño en las cámaras de revisión se debe realizar una renovación de cámara. Dependiendo del problema existente en campo se debe escoger uno de los métodos mencionados y al mismo tiempo se debe ver como estos métodos influyen en los impactos planteados anteriormente, obteniendo así la solución más óptima del proyecto.

2.5.1 Impacto económico

Para la alternativa económica se deben tener en cuenta varios detalles de las soluciones como la cantidad de trabajo a realizar, la cantidad de personal y cuanto material y tierra se tiene pensado escarbar para realizar el trabajo. Para el caso donde se presentan una rehabilitación de la caja es más sencillo ya que solo existe un método a realizar, el cual es dañar la antigua cámara en las zonas donde presenten daños y ubicar relleno para al final colocar nueva mezcla de hormigón, la cual no tiene que ser tan líquida para que logre pasar por todos los espacios existentes por debajo de la cámara.

Para los coladores es un poco más complicado ya que existen diferentes alternativas de rehabilitación, para este caso de estudio solo se nombrarán tres, las cuales son las más comunes en el mercado, método de zanja abierta, *Pipe Bursting* y *Pipe Relining*. Para poder conocer cuál es la alternativa más optima entre estas tres se realiza un análisis económico comparando estos tres métodos. Debido a lo nuevo que son los métodos de zanja cerrada, se realiza una comparativa entre un método sin zanja con el de zanja abierta. Cabe recalcar que ninguno de los métodos es malo, pero dependiendo del problema a resolver es más conveniente uno más que el otro.

2.5.1.1 Comparativa entre zanja abierta y *Pipe Bursting*

Con ayuda de datos tomado de antiguos trabajos de campo se llegó a determinar la diferencia de costos entre un método y el otro para una misma dimensión de diámetro y tubería. Los datos provienen de The Trenchless Technology Center (TTC) en Loisia Tech University, dichos archivos poseen los costos para ambos métodos, con esos datos se realiza una regresión lineal que permita estimar el costo de ejecución de la metodología dependiendo de la tubería a rehabilitar. (Hashemi, 2008)

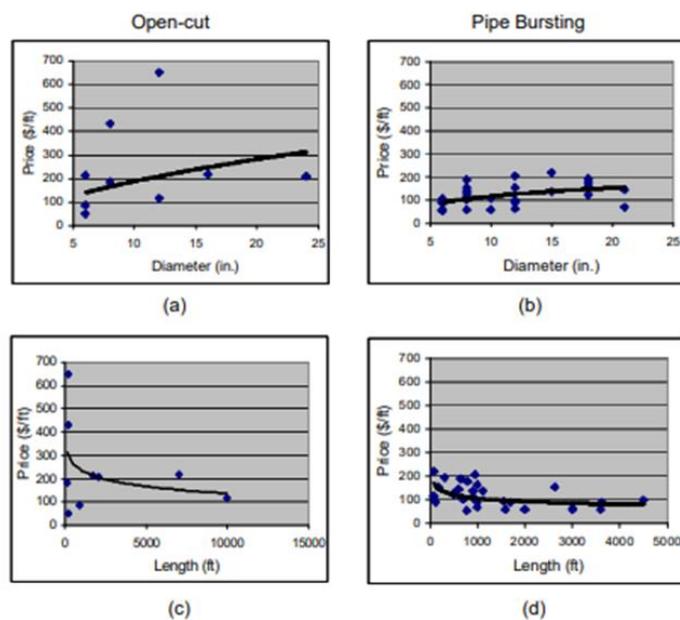


Figure 4.17 Comparison of trend lines of open-cut and pipe bursting.
 (a) open-cut price vs. diameter (b) pipe bursting price vs. diameter (c) open-cut price vs. length (d) pipe bursting price vs. length

Figura 2.14 Comparación de método zanja abierta vs *Pipe Bursting*
 Fuente: (Hashemi, 2008)

Con ayuda de las gráficas se puede apreciar el incremento de la relación diámetro precio con respecto al método de zanja abierta compara con el de *Pipe Bursting*. Observando ambas graficas se aprecia que existe un mayor incremento de costo al aumentar el diámetro de tubería en el método de zanja abierta. Ambos métodos tienen un aumento creciente de costo al aumentar el diámetro, pero uno consigue generar un mayor costo a comparación del otro. Aproximadamente el costo total del *Pipe Bursting* es menos del 40 % a comparación del otro método. (Hashemi, 2008)

Utilizando ecuaciones de regresión múltiple, obtenida a partir de las gráficas de ambos métodos, se procede a realizar una tabla comparativa entre los costos por diámetro de ambos métodos:

Table 5.2 Estimation of Pipe Bursting Cost by Multiple Regression

Diameter (in.)	Length (ft.)	Estimated Cost (\$/ft)	Total (\$)
3	1,900	30	56,063
6	7,810	80	626,498
8	1,194,414	109	130,035,144
10	219,310	125	27,425,955
12	431,924	133	57,600,093
15	81,958	136	11,153,333
17	319	166	52,959
20	71	165	11,724
21	20,857	120	2,509,781
24	16,010	106	1,693,103
27	13,737	119	1,634,318
30	11,140	132	1,472,609
36	22,256	159	3,530,454
42	2,767	127	351,931
48	11,563	212	2,445,641

Table 5.4 Estimation of Open-Cut Cost by Multiple Regression

Diameter (in.)	Length (ft)	Estimated Cost (\$/ft)	Total (\$)
3	1,900	70	133,326
6	7,810	140	1,096,080
8	1,194,414	166	198,134,675
10	219,310	189	41,417,906
12	431,924	210	90,689,536
15	81,958	239	19,591,392
17	319	257	82,008
20	71	283	20,061
21	20,857	291	6,062,551
24	16,010	314	5,029,210
27	13,737	353	4,854,594
30	11,140	393	4,374,251
36	22,256	471	10,486,893
42	2,767	550	1,521,093
48	11,563	628	7,264,555

Figura 2.15 Comparación de costos entre método zanja abierta y *Pipe Bursting*
Fuente: (Hashemi, 2008)

2.5.1.2 Comparativa entre zanja abierta y *Pipe Relining*

Se realizó estudios comparando el costo del tradicional método con zanja abierta con el método de *pipe relining*. Los estudios consideraron factores como el costo por futuro mantenimiento y rendimiento. Mostrando que el método tradicional reduce el tiempo de vida del pavimento en un 30 % e incrementa el costo por mantenimiento y rehabilitación. Por el otro lado el método de pipe relining genera menos costos asociados a la ruptura del pavimento. Considerando

el costo por el ciclo de vida del proyecto el método de pipe relining es mucho más efectivo. (Vinayak Kaushal & Serajiantehrani, 2020)

A continuación, se muestra una comparación entre ambos métodos con respecto al diámetro de la tubería con el costo del proyecto:

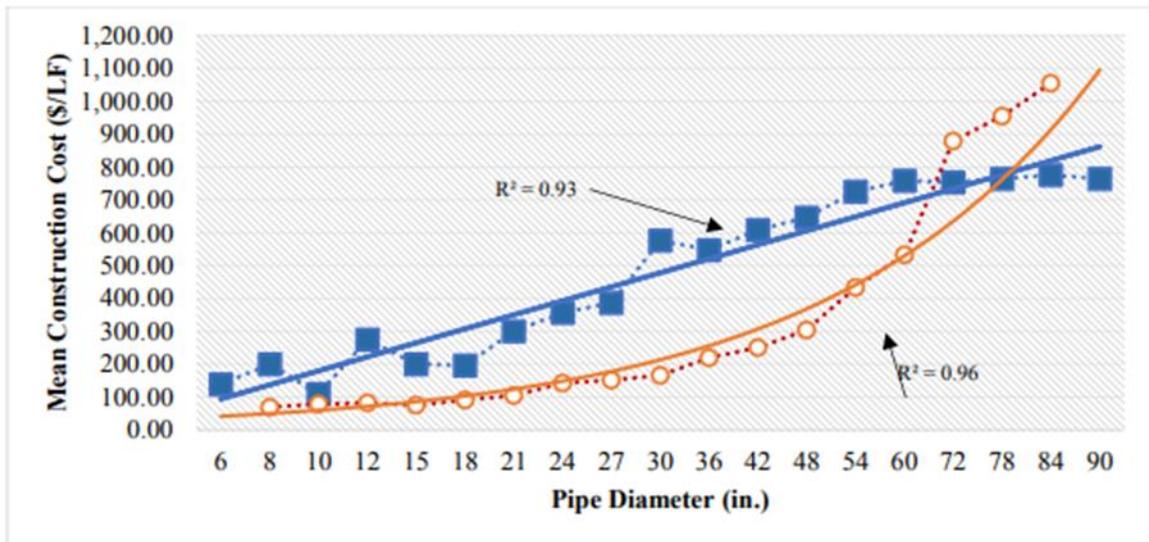


Figure 2. Mean construction cost comparison of CIPP renewal with Open-cut pipeline replacement for different pipe diameters.

Figura 2.16 Comparativa de costos entre zanja abierta y Pipe Relining
Fuente: (Vinayak Kaushal & Serajiantehrani, 2020)

En la gráfica se aprecia de que existe un menor costo, pero mientras más se avanza el diámetro de tubería los costos aumentan con gran magnitud superando los niveles del método de zanja abierta. Este incremento se debe al mayor nivel de complejidad en realizar el trabajo cuando se emplean mayores diámetros de tubería. Por último, también se debe tomar en cuenta que cuando se emplea este método el diámetro de tubería de la red disminuiría, afectando directamente al diseño de la red. (Vinayak Kaushal & Serajiantehrani, 2020)

2.5.1.3 Comparativa entre Pipe Bursting y Pipe Relining

Conociendo la comparativa entre ambos métodos de zanja cerrada con el método tradicional de zanja abierta se procede a realizar una comparación entre ambos métodos de zanja cerrada, tomando como referencia el método tradicional,

de esta forma se puede observar cual de ambos métodos de zanja cerrada es más favorable:

Tabla 2.8 Comparativa de costos entre métodos sin zanja y zanja abierta
Fuente: Elaboración propia

Comparativa porcentual entre método de zanja abierta con método de zanja cerrada							
Open cut		Pipe bursting			Pipe relining		
Diametro (mm)	Costo estimado (\$/m)	Diametro (mm)	Costo estimado (\$/m)	Porcentaje (%)	Diametro (mm)	Costo estimado (\$/m)	Porcentaje (%)
152	459	152	262	57%	152	164	64%
203	544	203	358	34%	203	197	64%
254	620	254	410	34%	254	230	63%
305	689	305	436	37%	305	262	62%
381	784	381	446	43%	381	295	62%
457	843	457	544	35%	457	328	61%
533	954	533	541	43%	533	361	62%
610	1030	610	394	62%	610	492	52%
686	1158	686	348	70%	686	541	53%
762	1289	762	390	70%	762	607	53%
914	1545	914	433	72%	914	689	55%
1067	1804	1067	522	71%	1067	820	55%
1219	2060	1219	417	80%	1219	984	52%

Analizando la comparativa final se muestra un incremento potencial con respecto a la diferencia de costos entre la tecnología de *Pipe Bursting* y la del método de zanja abierta, mostrándose como uno de los métodos óptimos para tuberías de mediana dimensión. Por otro lado, se muestra como disminuye el valor porcentual de la tecnología de *pipe relining*, teniendo al principio valores altos y descendiendo a partir de las tuberías de mediana dimensión. Por lo tanto, se debe considerar que para tuberías de dimensiones menores a 21 in es mejor el método de pipe relining mientras que para tuberías mayores es más conveniente el uso del método de *Pipe Bursting*.

2.5.2 Impacto técnico

Como se mostró, estas tecnologías de rehabilitación funcionan correctamente para resolver el problema presente. Debido a esto se compara

cada uno de los diferentes métodos de rehabilitación por medio del tiempo en que se demora en terminar cada uno de los procesos.

2.5.2.1 Comparativa entre *Pipe Relining* y *Open Cut*

En las investigaciones realizadas por (Hernández & Martínez, 2021) se obtienen valores comparativos entre la gestión de ambos tipos de proyectos para ver cuál es el más conveniente usar en la rehabilitación de tubería en Colombia, donde se obtienen gráficos de costo con tiempo:

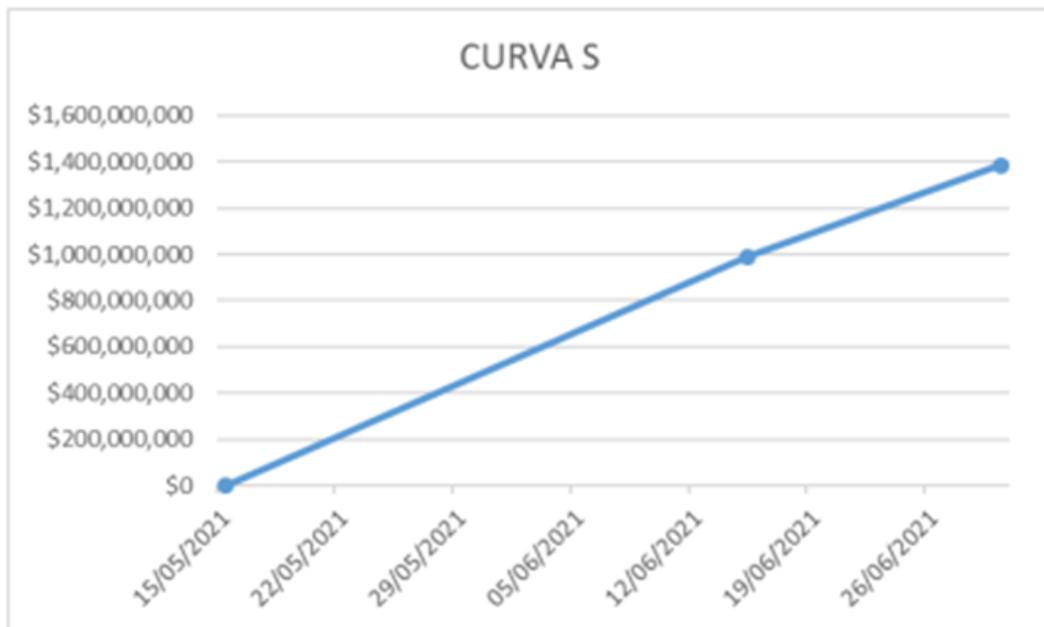


Figura 60 Costos agregados – Metodología CIPP
Fuente: Propia

Figura 2.17 Comparativa entre costo y tiempo para zanja cerrada
Fuente: (Hernández & Martínez, 2021)

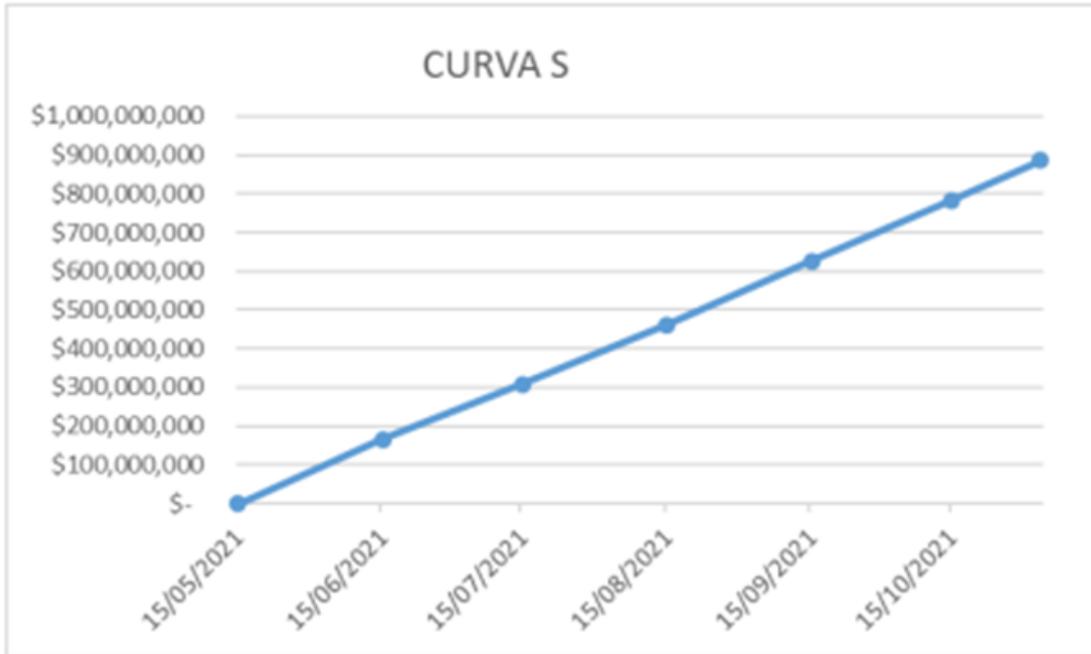


Figura 59 Línea base de costos – Metodología Convencional
Fuente: Propia

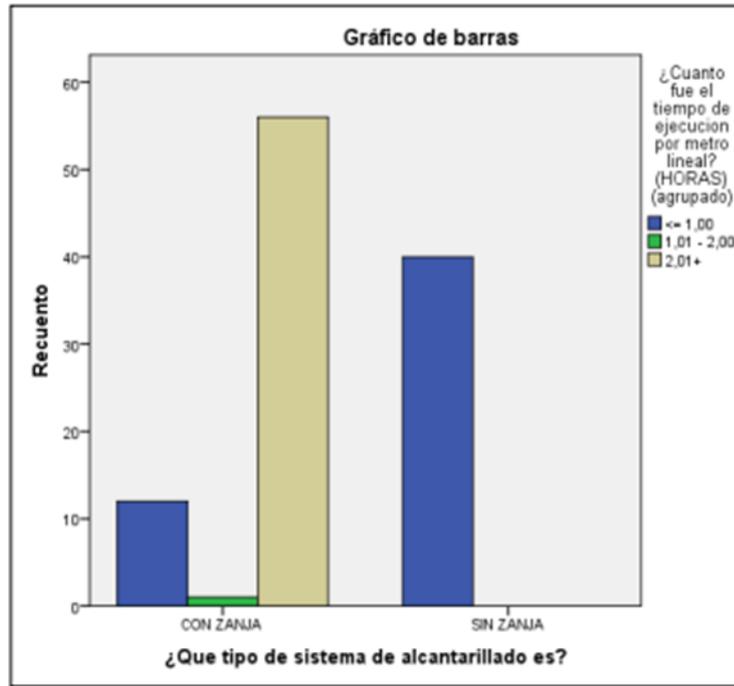
Figura 2.18 Comparativa entre costo y tiempo para zanja abierta
Fuente: (Hernández & Martínez, 2021)

Con dichas gráficas se puede observar que el impacto del tiempo reduce en un 74 % cuando se hace uso del método de *Pipe Relining* comparándolo con el método de zanja abierta. Lo cual lo convierte en uno de los mejores métodos de rehabilitación. (Hernández & Martínez, 2021)

2.5.2.2 Comparativa entre *Pipe Bursting* y *Open Cut*

Mediante el estudio del impacto ocasionado por los diferentes tipos de métodos en la zona se muestra la comparativa entre el método de zanja abierta con *Pipe Relining* mostrado por (Matamoros & Michael, 2018)

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

Figura 2.19 Comparativa de tiempo de ejecución entre *Pipe Bursting* y zanja abierta
Fuente: (Matamoros & Michael, 2018)

Por medio de la gráfica se puede observar la cantidad de tiempo que le toma cada uno de los métodos poder rehabilitar cierto porcentaje de espacio. Mostrando que se necesita un total de cinco horas por metro lineal en acabar el 100 % del trabajo. Por el contrario, en el método sin zanja se necesita una hora por metro lineal para acabar con todo el trabajo. Haciendo una comparación porcentual donde 5 horas de metro lineal se considera un 100 % del tiempo, se obtiene que se reduce el 80 % del tiempo utilizando el método de *Pipe Bursting*.

2.5.2.3 Comparativa entre *Pipe Bursting* y *Pipe Relining*

Haciendo una comparación entre ambos métodos sin zanja se muestra una pequeña diferencia entre ambas tecnologías, obteniendo una reducción mayor en el trabajo con el método *Pipe Bursting*

Tabla 2.9. Comparativa de impacto tiempo entre método de zanja abierta y sin zanja
Fuente: Elaboración propia

Comparativa porcentual entre método de zanja abierta con los métodos sin zanja	
Método	Impacto
Open cut	100 %
<i>Pipe Bursting</i>	20 %
<i>Pipe Relining</i>	36 %

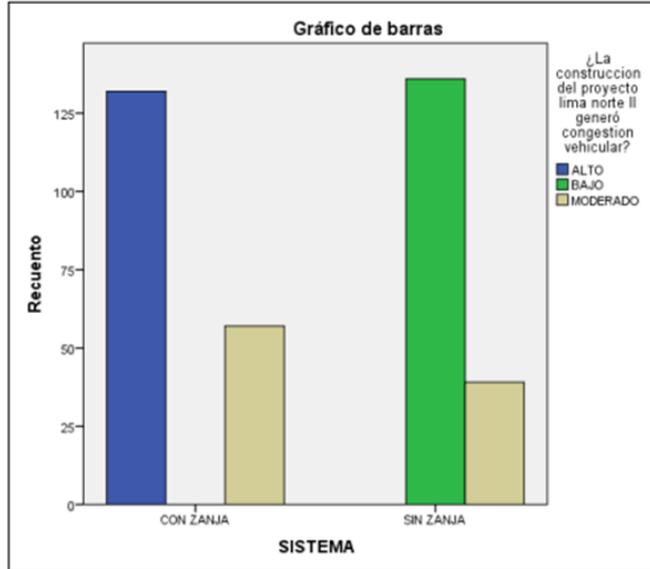
2.5.3 Impacto social

En el costo social tiene que ver con respecto a los problemas de tráfico que se generan al momento de utilizar cada uno de los métodos en la sociedad, perdidas de trabajos en la zona, molestia en el buen vivir, entre otras. Este análisis se realiza para cada uno de los métodos para la rehabilitación de colectores, para el caso de la rehabilitación de cámara al no existir una comparativa no se realiza un análisis a fondo.

2.5.2.1 Comparativa entre *Pipe Bursting* y *Open Cut*

Como se mencionó el impacto social es mayor mientras se genere una más molestia en el usuario. Para saber cuál de los dos métodos genera mayor impacto social se evalúa el tráfico generado, tanto peatonal como vehicular, contaminación acústica y afectación al comercio.

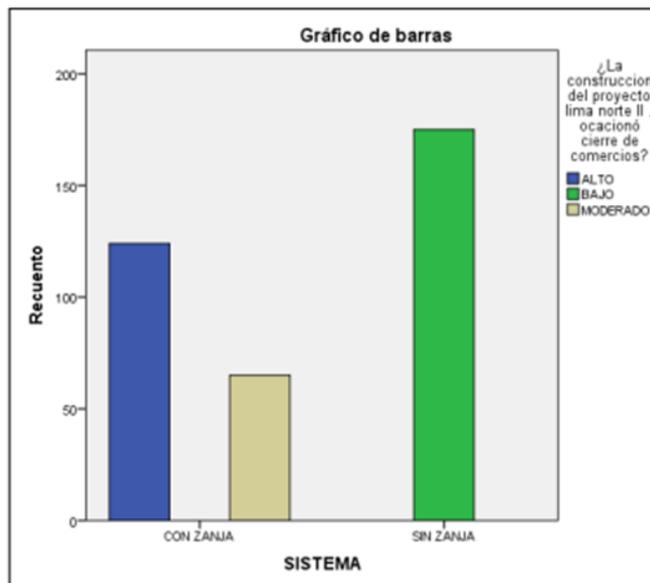
Figura 22. Variación de congestión vehicular de los métodos en la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Figura 2.20 Comparación entre congestión vehicular causada por método de zanja abierta vs sin zanja
Fuente: (Matamoros & Michael, 2018)

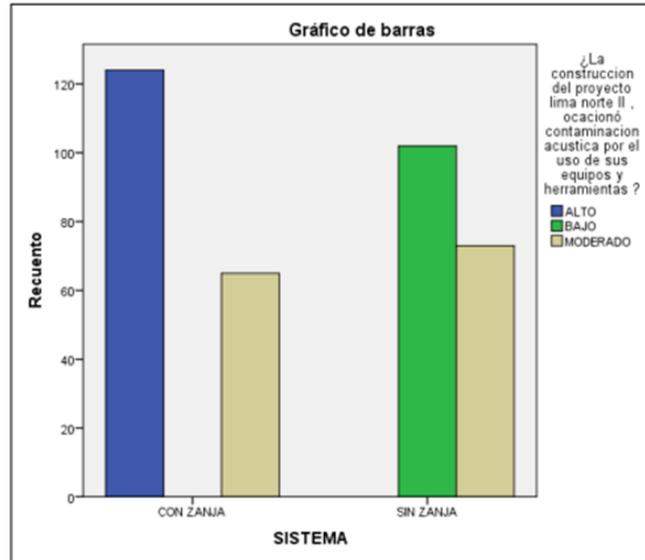
Figura 25. Variación de cierre de comercios que generó la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Figura 2.21 Comparación entre obstrucción peatonal causada por método de zanja abierta vs sin zanja
Fuente: (Matamoros & Michael, 2018)

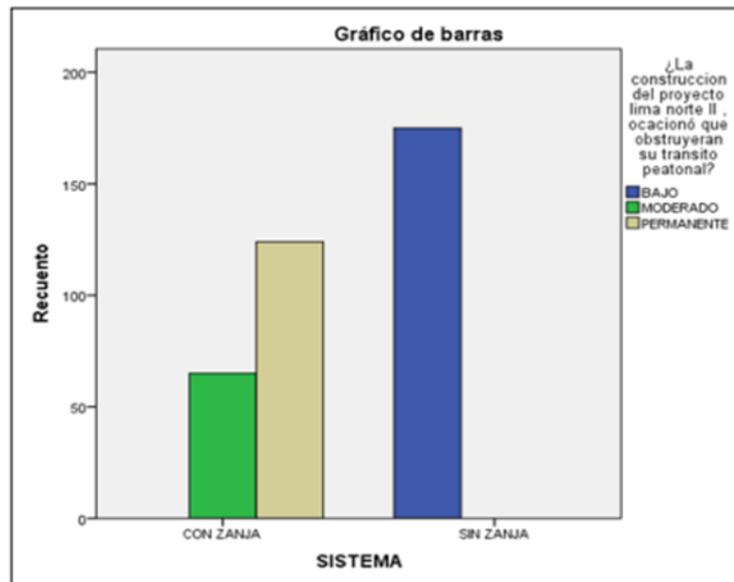
Figura 27. Variación de contaminación de suelos que generó la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Figura 2.22 Comparación entre cierre de comercios causada por método de zanja abierta vs sin zanja Fuente: (Matamoros & Michael, 2018)

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

Figura 2.23 Comparación entre la contaminación acústica causada por método de zanja abierta vs sin zanja Fuente: (Matamoros & Michael, 2018)

Tanto en el impacto comercial como en el peatonal el método de zanja abierta tiene un valor de 65.6 %, el impacto del método *Pipe Bursting* es muy bajo con lo cual se considera cero. Mientras que en la congestión vehicular se tiene un impacto de 22.3 % para el método de *Pipe Bursting*, a comparación del método de *Open Cut* que es del 69.8 %. Por último, para la contaminación acústica el método sin zanja tiene un valor de 41.7 %, mientras que el de zanja abierta es de 65.6 %. Con esto se saca un promedio entre todos los valores consiguiendo un 16 % de impacto para el *Pipe Bursting* y un 66.6 % para el *Open Cut*. Tomando una referencia de 100 % para el método *Open Cut* se tiene que el impacto social del método *Pipe Bursting* es de 24 % (Matamoros & Michael, 2018).

2.5.2.2 Comparativa entre *Pipe Relining* y *Open Cut*

En (Calvo, ,2023) la comparativa entre el método *Pipe Relining* y *Open Cut* no está tan a detalle, pero se muestra una comparación general entre el costo tanto social como ambiental ocasionado en ambos métodos de rehabilitación:

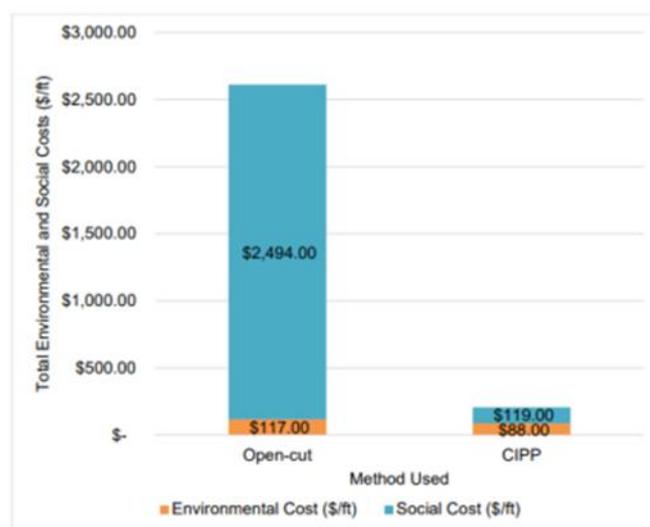


Figura 60. Costos ambientales y sociales tecnología con zanja abierta vs. CIPP

Tomada de: KAUSHAL, V. (2019). COMPARISON OF ENVIRONMENTAL AND SOCIAL COSTS OF TRENCHLESS CURED-IN-PLACE PIPE RENEWAL METHOD WITH OPEN-CUT PIPELINE REPLACEMENT FOR SANITARY SEWERS. Doctoral dissertation. THE UNIVERSITY OF TEXAS AT ARLINGTON, 2019.

Figura 2.24 Comparación del impacto social y ambiental entre el método de *Pipe Relining* vs *open cut*
Fuente: (Calvo, ,2023)

Por medio de la gráfica se puede hacer una comparación porcentual entre ambos métodos, siendo el valor de costo social del método de zanja abierta la

referencia. Dividiendo el valor del costo social del método mencionado para sí mismo se obtiene un valor de uno el cual en porcentaje equivale a 100 %, mientras que dividiendo el valor del método *Pipe Relining* para el open cut el valor porcentual es de 5 %.

2.5.2.3 Comparativa entre *Pipe Relining* y *Pipe Bursting*

Comparando ambos métodos se puede verificar cuál de las opciones es más factible emplear en la rehabilitación

Tabla 2.10 Comparativa de impacto social entre método de zanja abierta y sin zanja
Fuente: Elaboración propia

Comparativa porcentual entre método de zanja abierta con los métodos sin zanja	
Método	Mayor impacto
Open cut	100 %
<i>Pipe bursting</i>	24 %
<i>Pipe relining</i>	5 %

2.5.4 Impacto ambiental

Con respecto al costo ambiental se debe tomar en cuenta el nivel de contaminación en el aire que molesta a los animales y usuarios de la zona, dicha contaminación muchas veces se debe por el polvo que se genera en las obras o por el humo de las maquinarias pesadas. También se tiene que considerar el impacto que genera la contaminación en el suelo donde se está trabajando.

2.5.2.4 Comparativa entre *Pipe Relining* y *Open Cut*

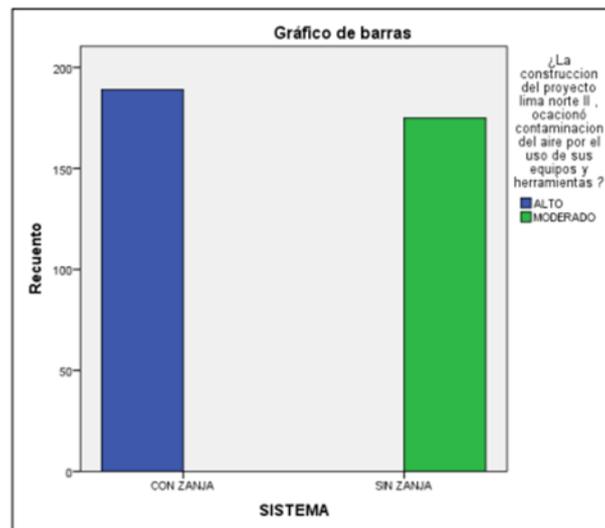
La comparativa de este impacto se lo muestra anteriormente en la parte de impacto social, en la Figura 2.24. Haciendo un análisis se puede ver que no existe mayor diferencia entre el impacto entre ambos métodos. Por medio de la gráfica se puede hacer una comparación porcentual entre ambos métodos, siendo el valor de costo ambiental del método de zanja abierta la referencia. Dividiendo el valor del costo ambiental del método mencionado para sí mismo se obtiene un valor de uno el cual en porcentaje equivale a 100 %, mientras que dividiendo el

valor del método *Pipe Relining* para el *Open Cut* el valor porcentual es de 75 %. (Calvo, ,2023)

2.5.2.5 Comparativa entre *Pipe Bursting* y *Open Cut*

Como se mencionó para el impacto ambiental se toma en cuenta que tanto influye la rehabilitación en la contaminación del suelo y del aire alrededor de la zona.

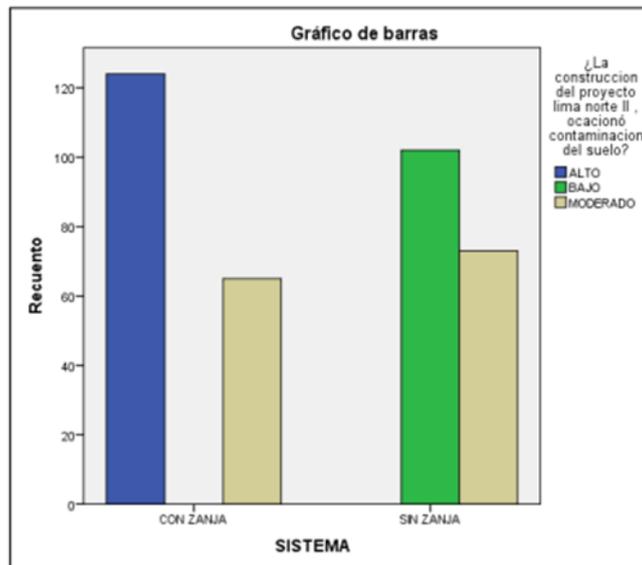
Figura 28. Variación de contaminación del aire que generó la Rehabilitación del sector 348 del proyecto lima norte II.



Fuente: Elaboración Propia-Programa IBM SPSS

Figura 2.25 Comparación entre la contaminación del suelo causada por método de zanja abierta vs sin zanja Fuente: (Matamoros & Michael, 2018)

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

Figura 2.26 Comparación entre la contaminación del aire causada por método de zanja abierta vs sin zanja Fuente: (Matamoros & Michael, 2018)

Como se mostró en la comparativa anterior, no existe mucha diferencia en el impacto ambiental tampoco en esta ocasión, teniendo un 41.7 % de impacto en el suelo con el método de *Pipe Bursting* y 65.6 % con el método de zanja abierta. Mientras que en la contaminación del aire se tiene un 51.9 % de contaminación en el método de zanja abierta y un 48.1 % en el método de zanja cerrada. Con esto se saca un promedio entre todos los valores consiguiendo 44.90 % de impacto para el *Pipe Bursting* y un 58.75 % para el open cut. Tomando una referencia de 100 % para el método open cut se tiene que el impacto ambiental del método *Pipe Bursting* es de 76 % (Matamoros & Michael, 2018).

2.5.2.6 Comparativa entre *pipe relining* y *Pipe Bursting*

Comparando ambos métodos se puede verificar cuál de las opciones es más factible emplear en la rehabilitación

Tabla 2.11. Comparativa de impacto ambiental entre método de zanja abierta y sin zanja
Fuente: Elaboración propia

Comparativa porcentual entre método de zanja abierta con métodos sin zanja	
Método	Mayor impacto
Open cut	100 %
Pipe bursting	76 %
Pipe relining	75 %

2.5.5 Resultado

2.5.5.1 Análisis de alternativas en colectores

Analizando las alternativas aplicables en la sectorización realizada junto a los impactos que ocasionan cada una de ellas se selecciona el método más favorable para cada uno de los problemas encontrados. Para conocer la mejor alternativa se debe asignar un porcentaje de importancia para cada uno de los impactos a considerar. Siendo el mayor valor el impacto técnico con un valor de 50 %, le sigue el económico con 30 %, luego el impacto social con 10 % y finalmente el ambiental con 10 %. En la tabla se muestra el porcentaje de impacto que tiene cada método para cada uno de los impactos evaluados.

Tabla 2.12 Análisis de alternativas para las zonas identificadas con problemas de infiltración

Fuente: Elaboración propia

Impactos	Solución	ID tubería: 263197
Impacto Económico 30 %	PIPE BURSTING	71
	PIPE RELINING	55
	ZANJA ABIERTA	22
Impacto Técnico 50 %	PIPE BURSTING	80
	PIPE RELINING	64
	ZANJA ABIERTA	22
Impacto Social 10 %	PIPE BURSTING	76
	PIPE RELINING	95
	ZANJA ABIERTA	10
Impacto Ambiental 10 %	PIPE BURSTING	24
	PIPE RELINING	25
	ZANJA ABIERTA	20
Mejor Alternativa	PIPE BURSTING	71
	PIPE RELINING	61
	ZANJA ABIERTA	21

En la tabla se puede observar que la mejor alternativa para la tubería con ID 263197 son los métodos sin zanja. Además, este análisis muestra que el método de rehabilitación *Pipe Bursting* es más óptimo que el método *Pipe Relining* (*CIPP*), sin embargo, se realizará un estudio más detallado con respecto al presupuesto y al impacto que genera cada uno de estos métodos, de tal forma que el cliente pueda seleccionar la tecnología más conveniente según su criterio.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑOS Y ESPECIFICACIONES

3.1. Diseños

3.1.1 Rehabilitación con *Pipe Bursting*

Para realizar la metodología de *Pipe Bursting* es importante primero tomar en cuenta varios detalles del diseño impuesto anteriormente para el alcantarillado sanitario. Se debe establecer las mismas dimensiones o mayores en el caso de que exista un incremento de la población, pero para dicho caso primero se debe hacer un diseño nuevo del alcantarillado que cumpla con las nuevas condiciones de la zona. Para los parámetros de diseño de ambas propuestas de rehabilitación no convencionales se debe ver detalles como el invert de la tubería, diámetro de este, longitud del tramo que se va a rehabilitar, y las afectaciones que existentes alrededor de la zona.

Para el cálculo se escogió uno de los colectores donde se encontró un aumento de la conductividad, para la realización de una posterior inspección del sistema con cámara CCTV. Después de implementar la cámara CCTV comprobando que efectivamente el colector no está en óptimas condiciones, por lo que se debe realizar un cambio de tubería por un método de rehabilitación, el cual puede ser tanto *Pipe Bursting* como *Pipe Relining (CIPP)*. Por ello se detallarán los parámetros de diseño necesarios implementando ambas tecnologías en la zona determinada, además se destaca que al ser métodos que no requieren la realización de zanjas a gran escala los cálculos son mínimos en comparación a la importancia que decae en la parte técnica de su ejecución.

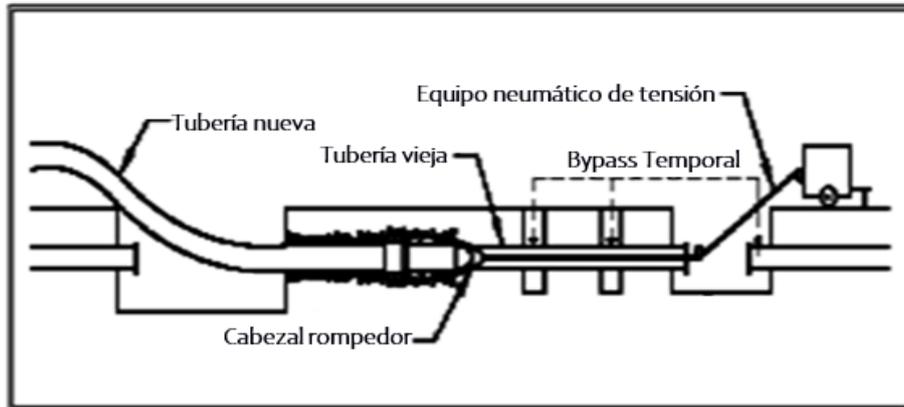


Figura 3.1 Funcionamiento detallado de *Pipe Bursting*
Fuente: (Simicevic & Sterling, 2001)

3.1.1.1. Excavación para nichos

La tecnología se aplicará al tramo constituido por los colectores descritos en la Tabla 3.1, puesto que existe una conductividad elevada a lo permitido de acuerdo con la normativa. Con respecto al terreno, la zona presenta una considerable pendiente ya que se encuentra aguas arriba iniciando la red sanitaria. Para calcular el volumen de excavación tipo rampa que permita el ingreso de la tubería nueva junto al equipo neumático, la norma ecuatoriana de construcción NC-MN-OC03-01 especifica que la profundidad para nichos de investigación es según lo establezcan los planos existentes, con un extra de 0.20 m por encima de la profundidad. El ancho de corte es proporcional a la tubería a instalar, y con respecto a la longitud de corte del nicho de entrada esta se determinó con la NS-035 que considera el radio de curvatura de la tubería PE100 y la profundidad de excavación. Por otro lado, para los nichos de salida, se recomienda un corte de excavación 2 m x 1.5 m.



Figura 3.2 Excavación de nicho de entrada
Fuente: (Sánchez, 2022)

Tabla 3.1 Tramo de la microcuenca Briz Sánchez con elevada conductividad
Fuente: (Veolia, 2023)

ID colector	Longitud [m]	Diámetro [mm]	Pendiente [m]	Altura invert inicial [m]	Altura invert final [m]
263197	102.00	1100	0.0032	6.03	5.70
263196	103.30	1100	0.0162	5.77	4.10
263324	100.70	1100	0.0072	4.12	3.39

$$a = 2 \cdot DN \text{ ecuación 3.1}$$

$$a = 2 \cdot (1.1) = 2.2 \text{ m}$$

Dimensiones para tuberías PE 100, norma ISO 4427 (Tensión admisible 80 Kg/cm²)

DN	≥DN (equiv)	3) Relación estándar de dimensión (SDR)																	
		SDR 41 (S20)		SDR 33 (S16)		SDR 26 (S12,5)		SDR 21 (S10)		SDR 17 (S8)		SDR 13,6 (S6,3)		SDR 11 (S5)		SDR 9 (S4)		SDR 7,4 (S3,2)	
		1) Presión Nominal (PN)																	
		PN4		PN5		PN6		PN8		PN10		PN12,5		PN16		PN20		PN25	
mm	pulg	e min	Peso Prom	e min	Peso Prom	e min	Peso Prom	e min	Peso Prom	e min	Peso Prom	e min	Peso Prom	e min	Peso Prom	e min	Peso Prom	e min	Peso Prom
16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	0,09	2,3	0,10
20	1/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	0,12	2,3	0,13	3,0	0,16
25	3/4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	0,15	2,3	0,17	3,0	0,21	3,5	0,24
32	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0	0,19	2,4	0,23	3,0	0,28	3,6	0,33	4,4	0,39
40	1 1/4	-	-	-	-	-	-	2,0	0,25	2,4	0,29	3,0	0,36	3,7	0,43	4,5	0,51	5,5	0,61
50	1 1/2	-	-	-	-	2,0	0,31	2,4	0,37	3,0	0,45	3,7	0,55	4,6	0,67	5,6	0,79	6,9	0,94
63	2	-	-	-	-	2,5	0,49	3,0	0,58	3,8	0,72	4,7	0,88	5,8	1,06	7,1	1,27	8,6	1,48
75	2 1/2	-	-	-	-	2,9	0,67	3,6	0,83	4,5	1,02	5,6	1,24	6,8	1,48	8,4	1,78	10,3	2,12
90	3	-	-	-	-	3,5	0,98	4,3	1,19	5,4	1,47	6,7	1,78	8,2	2,14	10,1	2,57	12,3	3,03
110	4	-	-	-	-	4,2	1,44	5,3	1,78	6,6	2,18	8,1	2,64	10,0	3,18	12,3	3,82	15,1	4,54
125	5	-	-	-	-	4,8	1,85	6,0	2,28	7,4	2,78	9,2	3,40	11,4	4,12	14,0	4,94	17,1	5,84
140	5 1/2	-	-	-	-	5,4	2,34	6,7	2,86	8,3	3,49	10,3	4,26	12,7	5,13	15,7	6,18	19,2	7,34
160	6	-	-	-	-	6,2	3,06	7,7	3,74	9,5	4,56	11,8	5,56	14,6	6,74	17,9	8,05	21,9	9,56
180	7	-	-	-	-	6,9	3,81	8,6	4,71	10,7	5,77	13,3	7,06	16,4	8,52	20,1	10,19	24,6	12,08
200	8	-	-	-	-	7,7	4,73	9,6	5,83	11,9	7,12	14,7	8,65	18,2	10,50	22,4	12,60	27,4	14,94
225	9	-	-	-	-	8,6	5,94	10,8	7,37	13,4	9,03	16,6	10,99	20,5	13,30	25,2	15,95	30,8	18,89
250	10	-	-	-	-	9,6	7,37	11,9	9,02	14,8	11,06	18,4	13,54	22,7	16,35	27,9	19,60	34,2	23,32
280	11	-	-	-	-	10,7	9,19	13,4	11,38	16,6	13,90	20,6	16,96	25,4	20,50	31,3	24,64	38,3	29,24
315	12	7,7	7,57	9,7	9,45	12,1	11,70	15,0	14,30	18,7	17,60	23,2	21,50	28,6	25,95	35,2	31,16	43,1	37,01
355	14	8,7	9,63	10,9	11,95	13,6	14,79	16,9	18,16	21,1	22,40	26,1	27,25	32,2	32,94	39,7	39,58	48,5	46,93
400	16	9,8	12,20	12,3	15,22	15,3	18,75	19,1	23,15	23,7	28,31	29,4	34,56	36,3	41,82	44,7	50,21	54,7	59,60
450	18	11,0	15,38	13,8	19,17	17,2	23,71	21,5	29,28	26,7	35,87	33,1	43,78	40,9	52,96	50,3	63,57	61,5	75,40
500	20	12,3	19,15	15,3	23,64	19,1	29,25	23,9	36,13	29,7	44,32	36,8	54,02	45,4	65,34	55,8	78,33	-	-
580	22	13,7	23,85	17,2	29,75	21,4	36,67	26,7	45,22	33,2	55,52	41,2	67,77	50,8	81,86	62,5	98,28	-	-
630	24	15,4	30,17	19,3	37,53	24,1	46,46	30,0	57,12	37,4	70,32	46,3	85,66	57,2	103,97	70,3	124,37	-	-
710	28	17,4	38,45	21,8	47,78	27,2	59,15	33,9	72,85	42,1	88,37	52,2	109,00	64,5	131,97	79,3	158,33	-	-
800	32	19,6	48,76	24,5	60,52	30,6	74,91	38,1	92,34	47,4	113,32	58,8	138,26	72,6	167,36	89,3	200,89	-	-
900	36	22,0	61,50	27,6	76,66	34,4	95,13	42,9	116,83	53,3	143,35	66,2	175,16	81,7	211,85	-	-	-	-
1000	40	24,5	76,15	30,6	94,00	38,2	116,91	47,7	144,34	59,3	177,16	72,5	213,34	90,2	260,09	-	-	-	-
1200	48	29,4	109,63	36,7	135,83	45,9	168,39	57,2	207,76	67,9	244,03	88,2	311,08	-	-	-	-	-	-
1400	54	34,3	149,18	42,9	185,15	53,5	229,03	66,7	282,49	82,4	344,68	102,9	423,24	-	-	-	-	-	-
1600	64	39,2	194,82	49,0	241,63	61,2	299,43	76,2	368,91	94,1	449,89	117,6	552,83	-	-	-	-	-	-
1800	70	43,8	244,72	54,5	302,56	69,1	380,25	85,7	466,60	105,9	569,33	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	76	48,3	301,45	60,6	373,72	76,9	469,88	95,2	576,01	117,6	702,55	-	-	-	-	-	-	-	-

Figura 3.3 Diámetros nominales de tubería PE100
Fuente: (iwia, 2023)

Tubos de PE			
PN	Radios máximos de curvatura, R		
	PE 40	PE 80	PE 100
2,5	30 DN	50 DN	
3,2	30 DN	40 DN	
4,0	20 DN	30 DN	50 DN
6,0	20 DN	20 DN	30 DN
10,0	20 DN	20 DN	20 DN
16,0		20 DN	20 DN
20,0		20 DN	20 DN
25,0		20 DN	20 DN

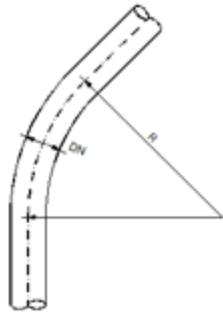


Figura 3.4 Radio de curvatura de tuberías PE
Fuente: ((CIDTA), s.f.)

$$R = 20 \text{ DN} \text{ ecuación 3.2}$$

$$R = 20 (1100) = 22000 \text{ mm}$$

$$L = \sqrt{H(4R - H)} \text{ ecuación 3.3}$$

$$L = \sqrt{6.03(4(22) - 6.03)} = 22 \text{ m}$$

Tabla 3.2 Longitud de corte para el ingreso de la tubería PE100 Ø 1100 mm
Fuente: Elaboración propia

ID colector	Longitud de corte de entrada [m]
263197	22
263196	22
263324	18

El volumen de tierra a excavar para la inserción de la nueva tubería PE considerando la excavación tipo rampa es de:

$$V = a * \frac{L * H}{2} = 145.92 \text{ m}^3$$

Tabla 3.3 Volumen total a excavar en los tres tramos
Fuente: Elaboración propia

ID colector	Volumen de excavación [m³]	Volumen total [m³]
263197	145.92 + 17.1	163.02
263196	139.64 + 12.3	151.94
263324	81.57 + 10.17	91.74
		406.70

Adicional, la NS-035 estipula que el volumen excavado debe ser menor al 35 % del volumen excavado en zanja abierta (1421 m³). Por lo tanto, el volumen de excavación con zanja abierta es 4060 m³ tomando como longitud de corte el tramo a rehabilitar.

3.1.1.1. Instalación de maquinaria

La selección de herramienta para la aplicación de esta tecnología se realizará de forma que mecánicamente no se generaren tensiones que excedan el esfuerzo máximo permisible de la tubería, de esta forma se evita deformaciones plásticas del material. El equipo utilizado es un compresor neumático que se instala en el área de la vía ejerciendo una fuerza de empuje desde el punto de partida que es donde ingresará la nueva tubería.



Figura 3.5 Equipo neumático de tensión
Fuente: (MOLE, 2017)

3.1.1.2. Introducción de barra de acero

Las barras de acero son dos cuchillas que perforan la tubería vieja permitiendo así el halado de la tubería nueva de PE. El material usado debe ser lo suficientemente resistente para evitar fallos en el sistema al ser tensionado, permitiendo así la óptima rehabilitación de dicha tubería.

3.1.1.3. Conexión de equipos de corte

Los tramos de tubería a rehabilitar en la red de la ciudadela Alborada son de hormigón armado y hormigón simple, por lo que el corte o rotura de la tubería vieja ejercerá mayor fuerza de empuje.

Tabla 3.4 Cuadro de selección de método de rotura según el material de tubería a cambiar
Fuente: (Acueducto de Bogotá, 2022)

Cuadro 1. Material de la Tubería y Métodos de Rotura Aplicables para Tubería de Acueducto entre 3 y 12 Pulgadas (75- 300 mm) de Diámetro

	Tuberías para Acueducto	Método de Rotura Aplicable		
Tubería Fracturable	Hierro Fundido (HF)	Halado Estático	Rotura Neumática	
Tubería No-fracturable	Polivinilo de Cloruro (PVC)	Halado Estático*	-	-
Otros	Concreto Reforzado con Cilindro de Acero y Varilla (CCP)	No especificar el método de rotura de tubería para este material 		

El accesorio que cortará el material de tubería antigua se compone de cuchillas de acero que facilitan la trituración del material. El funcionamiento de dichas cuchillas se basa en un movimiento lineal frente a la tubería, una vez triturado el material viejo la nueva tubería ocupa el lugar donde se ubicaba la anterior, esto último lo realiza el equipo neumático desde la superficie de la vía. Este equipo debe estar coordinado con el accesorio de corte para evitar vacíos en la línea de tubería.

3.1.1.4. Tensionamiento

En el momento de iniciar con el cambio de tubería, el supervisor de la empresa contratista debe tomar las medidas pertinentes para que el tensionamiento de la nueva tubería no ocasione daños del material o mal alineamiento por ocasionar curvas muy pronunciadas al ingreso de esta. Además, el suelo de Guayaquil se caracteriza por ser arcilloso de consistencia blanda por lo que generará menor complejidad la implementación de *Pipe Bursting*. Cabe destacar que se debe considerar los lineamientos de la **ASTM D 1248** para garantizar que el material de la tubería cumple y tiene las propiedades físicas para ser utilizada.

Tabla 3.5 Nivel de complejidad de acuerdo con el tipo de suelo
Fuente: (Acueducto de Bogotá, 2022)

Cuadro 2. Grado de Complejidad Para Reemplazar una Tubería Dependiendo del Tipo de Suelo Circundante

Menor Complejidad		→	Mayor Complejidad	
Arcillas Compactables	Gravas Redondeadas Seltas	Arenas (suelos muy sueltos)	Arcillas Densamente Compactadas	Roca Arenisca

3.1.1.5. Acometidas

El contratista debe tener presente la ubicación de las acometidas existentes en ese tramo para garantizar la permanente continuidad del servicio a los usuarios. Al ser un método de rehabilitación que invierte un tiempo máximo de 2 días por cada cambio, es posible que el corte de servicio de agua sea cuando los usuarios no estén presentes en su domicilio, aun así, puede realizarse un bypass de ser necesario aguas arriba de la zona a intervenir.

3.1.2 Rehabilitación con CIPP



Figura 3.6 Ejecución de la metodología Pipe Relining CIPP
Fuente: (s.f., 2023)

3.1.2.1 Limpieza y desazolve

Se realiza una limpieza de la tubería, retirando todos los desechos presentes en esta. Se aplican equipos necesarios como por ejemplo el *hidro-cleaner*, con este equipo se puede inyectar agua a presión mediante una manguera, la cual puede seguir avanzando, limpiando así cada extremo de dicha tubería. Para realizar dicha acción se considera todas las medidas de higiene y seguridad industrial para prevenir cualquier accidente (Neo, 2018).

3.1.2.2 Video de inspección

Se ingresa una cámara robot que sea capaz de localizar cualquier tipo de rotura. La cámara debe contar la capacidad para realizar movimientos de 360 grados que permita visualizar todos los espacios dentro del colector. Es

importante recordar realizar un taponamiento en el sistema para poder trabajar en la tubería sin ningún contratiempo (Neo, 2018).

3.1.2.3 Instalación

Se adhiere la resina con el liner o felpa, esto ayudará a que la tubería textil alcance mayores niveles de resistencia. Luego se comienza a realizar la instalación dentro de la tubería a rehabilitar y se ubica agua que permita el avance de toda la felpa en toda la parte interna de la tubería (Neo, 2018).

3.1.2.4 Curado

Este proceso es realizado a grandes temperaturas, puede ser tanto con agua caliente como con vapor. Esta fase ayuda a que la resina otorgue toda la resistencia posible a la tubería, para esto se debe esperar alrededor de 8 horas antes de enviar nuevamente la cámara CCTV (Neo, 2018).

3.1.2.5 Reapertura de la tubería

Se abre nuevamente toda la red de la tubería la cual constaría con un periodo de vida alrededor de 50 años, se envía nuevamente la cámara para saber si la rehabilitación fue todo un éxito (Neo, 2018).

3.2. Especificaciones técnicas

En el texto (EMAPAG, 2016) se presenta información de cada una de las actividades realizadas al momento de rehabilitar una tubería.

3.2.1. Topografía

Descripción: Se realiza un levantamiento de todos los alrededores de la zona, tanto vereda como calle

Procedimiento:

- Se utiliza la estación total y se la ubica en la parte central de cada tapa.
- El relevamiento y catastro se lo realiza de acuerdo con los formatos indicados.
- Se toma el levantamiento de las redes de alcantarillado, lo que corresponde a colectores, invert de tubería, tirante, entre otros.
- Se realiza sondeos y calicatas, en caso de ser necesario.

- Se toma el nivel de los cajones, cámaras, sumideros y todo lo que pertenezca a la red de alcantarillado que se encuentre en la superficie.

Medida y pago: Se realiza por metros lineales (m), cubriendo costo de mano de obra, material, herramientas y equipo.

3.2.2. Inspección CCTV

Descripción: Con ayuda de un robot se visualiza todo a detalle de lo que se encuentra en la parte interior de los colectores, ayudando así a identificar los niveles de afectación.

Procedimiento:

- Previamente se debe limpiar la tubería antes de hacer la revisión.
- Se realiza la filmación de todos los alrededores de la parte interna del colector, haciendo un enfoque en las zonas más afectadas (EMAPAG, 2016).
- Se genera un informe de las afectaciones de la tubería o colector.

Medida y pago: Se mide en metros de tubería observada. El rubro va de la mano con los costos de mano de obra, material, herramientas y equipo.

3.2.3. Limpieza de tubería

Descripción: Consiste en limpiar previamente la tubería para retirar cualquier material extraño adherido en sus paredes, permitiendo así realizar un diagnóstico completo de la tubería por cámara CCTV. El contratista debe reducir el impacto del tráfico lo mayor posible mientras se realiza la labor.

Procedimiento:

- Limpieza manual: Se realiza por la dificultad de limpiar ciertos materiales con el hidrocleaner, un ejemplo de estos materiales son los restos de concreto.
- Lavado de tubería: Con un hidrocleaner se retira todos los materiales finos que se encuentran en las paredes de la tubería, este se realiza hasta que la tubería quede libre de sedimentos.

Medida y pago: Se mide todo el volumen de desalojo de material, adicional a eso también los metros de lavado de tubería. También se incluye el costo del

equipo, como en la mayoría de los casos es el hidrocleaner y mano de obra (EMAPAG, 2016).

3.2.4. By pass para desviar aguas residuales

Descripción: Antes de realizar la limpieza respectiva se debe desviar las aguas residuales, mediante uso de bombas y tuberías. Esta ejecución debe garantizar mínimo impacto sonoro.

Procedimiento:

- Se establece captación y descarga del bypass y se instala el equipo necesario para desviar totalmente las aguas del sistema.
- Se realiza un taponamiento de la tubería que no se considera en la rehabilitación.
- La contratista proporcionará el equipo necesario tales como válvulas de paso, tubos, mangueras y todo tipo de material que permita que la tubería se encuentre seca.

Medida y pago: Este rubro se mide entre captación y descarga, según los metros de bypass instalados (EMAPAG, 2016).

3.2.5. Rehabilitación (Tecnología sin zanja – CIPP)

Descripción: Se implementa técnica conocida como tubería revestida y curada en sitio. Consta de una tubería de plástico, conocida también como felpa, que se impregna con resina epoxi, esta es curada una vez colocada dentro de la tubería que se va a rehabilitar. Este material debe resistir cualquier tipo de peligro existente bajo tierra, esto por la resina, la cual le otorga una mayor resistencia (EMAPAG, 2016).

Procedimiento:

- **Inspección y diagnóstico:** Se determina la capacidad estructural con el lavado de esta.
- **Suministro:** Consta de los materiales que permiten generar la combinación de tubería resistente, acompañada de la mano de obra suministrada.

➤ **Materiales:**

Manga – Felpa/fieltro – Forro: Esta formado por varias capas de poliéster, es debido a esto que se conoce también como tubería textil. El uso de este material se debe a que es un buen absorbente de la resina, sumado a su gran capacidad de expansión alrededor de toda la tubería.

Resina Epóxica: Esta resina debe ser suficiente para cubrir todos los extremos de la nueva tubería tapando así cualquier tipo de fuga de aire (EMAPAG, 2016).

➤ **Equipos:**

- Caldera
- Bandas de rodamiento
- Mezclador
- Distribuidor de resina

Instalación:

- **Fase de Impregnación:** Con el equipo de impregnación se adhiere la resina en la parte interna de la tubería textil
- **Fase de Instalación y curado:** Se ubica en el interior del colector y se empieza con la fase del curado

Inserción: Se inyecta aire comprimido a una presión de 0.5 bar dentro de la línea textil y esta su vez se va instalando dentro de la tubería.

Curado: Esta fase se realiza a altas temperaturas, puede ser tanto con agua caliente, como también con vapor. Por lo general es un proceso que demora 8 horas en concluir completamente, pasado ese tiempo la felpa obtiene la dureza que le otorga la resina.

Corte: Se debe considerar los costos unitarios propuestos, consiste en cortar cada extremo de la tubería textil para que funcione correctamente en el sistema (EMAPAG, 2016).

Normas en *Pipe Relining*:

➤ **Pruebas a corto plazo:**

- Flexión de la tubería (ASTM D790) (EMAPAG, 2016)

- Tensión que posee el colector (ASTM D368) (EMAPAG, 2016)
- Delaminación del conducto (ASTM D903) (EMAPAG, 2016)
- Espesor de paredes internas (ASTM D3567/ASTM D5813) (EMAPAG, 2016)
- **Pruebas a largo plazo:**
- Resistencia a químicos provenientes del suelo (ASTM D543/ASTM F1216/ASTM D1538/ ASTM F1743) (EMAPAG, 2016)
- Resistencia a flexión secundaria que aparece con el tiempo (ASTM D2990) (EMAPAG, 2016)
- Corrosión (ASTM D3681) (EMAPAG, 2016)

Medida de pago: Se mide en metros con respecto a cada borde que posee la cámara de inspección. (EMAPAG, 2016)

3.2.6. Rehabilitación (Tecnología sin zanja – *Pipe Bursting*)

Descripción: Método el cual se basa en una cabeza expansiva que rompe la anterior tubería implantando una nueva por el lugar donde se ubicaba la anterior. Con este método es posible aumentar las dimensiones de la tubería.

Procedimiento:

Pipe Bursting neumático: Su metodología consiste realizar 580 golpes por minuto con un tubo neumático con forma de cono que será impulsado por aire comprimido, formando así una fractura en la anterior tubería. Esta acción del cabezal se fusiona con el tensionamiento que ejercerá el cable, que está enganchado en la tubería antigua, este cable se conecta a la parte frontal de dicho cabezal.

La presión de aire usada para la percusión se suministra por el compresor de aire a través de una manguera que se conecta a la parte trasera de la herramienta de ruptura. El compresor de aire y el cabrestante se mantiene en constante presión y tensión respectivamente. La ruptura no necesita intervención por parte del operador.

Los fragmentos de la primera tubería son comprimidos en el suelo circundante por el espaciador. Este sistema es conveniente para el hierro fundido,

hierro dúctil, asbesto cemento, PVC, en gama de diámetros entre 50 y 450 mm. La tubería insertada es de PEAD, la longitud de esta es del orden de los 80 a 120 m.

Pipe Bursting expansión hidráulica: Por medio de la entrada de la anterior tubería se introduce la línea hidráulica o barras articuladas hasta el extremo excavado de salida. En el nicho de entrada se instala la máquina de tensión, en el nicho excavado de salida se cambia la barra por una cuchilla de corte junto al expansor que lleva enganchada la tubería.

En el mecanismo la tubería vieja es cortada o reventada, destrozada y compactada en el terreno. El expansor sirve para compactar y amplía el canal, este es seguido por la tubería nueva que reemplazará la anterior. Este método está diseñado para tuberías con longitudes cortas.

Pipe Bursting tracción estática: En este método la ruptura de la tubería proviene de tensionar hacia al frente la cabeza de la antigua tubería. Este tensionamiento se realiza con un torno unido al cable insertado a través de la tubería anterior adjuntada a la zona frontal del cabezal rompedor. Este cabezal va destruyendo por medio de una fuerza horizontal y radial de tal forma permite la instalación de la nueva tubería.

Importante: En caso de observar deformaciones en la superficie durante la rehabilitación *Pipe Bursting*, el operador debe tomar las medidas correspondientes para eliminar estas deformaciones. Usar el equipo necesario para evitar cualquier tipo de daño de la nueva tubería. Se puede usar lubricación en caso de ser necesario.

No exceder la capacidad de la tubería más allá del límite elástico, esta nueva tubería debe estar alineada en el tubo que se fragmentará. Considerar el periodo de relajación para el enfriamiento de la tubería por los esfuerzos de tensión, antes de conectar la tubería de servicio. Terminado dicho periodo realizar las correspondientes conexiones de servicios, accesorios y sellado de espacios anulares. Finalmente se ubica la cámara CCTV para buscar alguna irregularidad en la nueva tubería.

Normativas en *Pipe Bursting*:

Implementar la tecnología Pipe Bursting como método de rehabilitación sin zanja en las tuberías de alcantarillado de mal estado implica considerar una serie de normativas sobre el material de tubería y su adecuada manipulación con el equipo necesario. La normativa ASTM referencia las siguientes técnicas y consideraciones:

- ASTM D 1248 – Moldeado y extrusión de plásticos polietileno

La tubería de polietileno está categorizada de acuerdo con su densidad, composición, categoría y grado lo que permite identificar fácilmente su capacidad a diferentes necesidades de la industria. La normativa presenta un detallado de las pruebas de moldeado, características y propiedades físicas a las que se somete el material para su fácil identificación en el mercado (ASTM, 2005)

Tabla 3.6 Clasificación de densidad de una tubería PEAD
Fuente: (ASTM, 2005)

Identificación por densidad nominal g/cm³		
Tipo I	0.910 – 0.925	Baja densidad
Tipo II	0.926 – 0.940	Mediana densidad
Tipo III	– 0.959	Alta densidad
Tipo IV	>0.960	Alta densidad

Tabla 3.7 Clasificación por su composición de una tubería PEAD
Fuente: (ASTM, 2005)

Identificación por composición	
Clase A	Solo color natural
Clase B	Todos los colores
Clase C	Negra (2% o más de negro humo)
Clase D	Colores resistente a UV

Tabla 3.8 Clasificación por categoría de acuerdo con el valor nominal de flujo para tuberías PEAD
Fuente: (ASTM, 2005)

Identificación por categoría (valor nominal de flujo g/10 min a 190 °C, 2160 g de carga)	
1	>25
2	10 – 25
3	1 – 10
4	0.4 – 1
5	hasta 0.4

TABLE 3 Detail Requirements for Molded Test Specimens

Property and Unit	Grade ^A									
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Tensile stress, min. ^D										
MPa	8	10	10	12	12	17	17	19	19	22
[psi]	[1200]	[1500]	[1500]	[1800]	[1800]	[2400]	[2400]	[2800]	[2800]	[3200]
Elongation, min, % ^D	300	400	400	500	500	400	400	400	400	400
Brittleness temperature, max, °C	-50	-60	-60	-75	-75	-45	-75	-75	-75	-75
Environmental stress-crack resistance, ^{C,D} min, t ₂₀ h	...	...	...	48	48	...	...	48	48	48
Thermal stress-crack resistance, h without cracking, min	...	...	...	...	...	...	...	96	96	168
Dissipation factor, ^E max:										
Class A										
Before milling	0.0005	0.0002	0.0005	0.0002	0.0005	0.0002	0.0005	0.0002	0.0005	0.0002
After milling	0.0005	0.0003	0.0005	0.0003	0.0005	0.0003	0.0005	0.0003	0.0005	0.0003
Class B	0.001	0.0005	0.001	0.0005	0.001	0.0005	0.001	0.0005	0.001	0.0005
Class C	0.01	0.005	0.01	0.005	0.01	0.005	0.01	0.005	0.01	0.005
Dielectric constant ^E max increase over nominal ^F :										
Class A	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01	0.05	0.01
Class B	0.12	0.04	0.12	0.04	0.12	0.04	0.12	0.04	0.12	0.04
Class C	0.52	0.30	0.52	0.30	0.52	0.30	0.50	0.30	0.50	0.30
Volume resistivity, min, Ω-cm:										
Classes A, B	10 ¹⁵ _G	10^{15}_{G}	10^{15}_{G}	10^{15}_{G}	10^{15}_{G}	10^{15}_{G}	10^{15}_{G}	10^{15}_{G}	10^{15}_{G}	10^{15}_{G}
Water immersion stability										
	E11	J1	J3	J4	J5					
Tensile strength, min:										
MPa	22	10	12	19	22					
[psi]	[3200]	[1500]	[1800]	[2800]	[3200]					
Elongation, min, %	400	400	500	400	400					
Brittleness temperature, max, °C	-75	-60	-75	-75	-75					
Environmental stress-crack resistance, ^{C,D} min, t ₂₀ h	48	...	24	24	24					
Thermal stress-crack resistance, h without cracking, min	168	...	...	...	...	
Dissipation factor, ^E max:										
Class A										
Before milling	0.0005	...	...	...	...	
After milling	0.0005	...	...	...	...	
Class B	0.001	...	...	...	...	
Class C	0.01	...	0.01	0.01	...					

Figura 3.7 Propiedades y características que considera la normativa ASTM D 1248
Fuente: (ASTM, 2005)

- ASTM D 2657 – Pruebas de unión por temperatura entre la tubería y los accesorios termoplásticos
- ASTM D 3035 – Tubería de polietileno (SDR-PP) de acuerdo con su diámetro exterior
- ASTM D 3261 – Especificaciones para materiales de tubería y accesorios de plásticos de polietileno

Equipos y materiales:

El. *Pipe Bursting* estático requiere de tres equipos o materiales de obra para realizar la rehabilitación de la tubería que son; unidad de potencia, accesorios de corte - expansión y el equipo de accionamiento, donde cada uno cumple su función detallada a continuación:



Figura 3.8 Equipos y accesorios para la tecnología *Pipe bursting*
 Fuente: (TRELTEC INGENIERIA LTDA., s.f.)

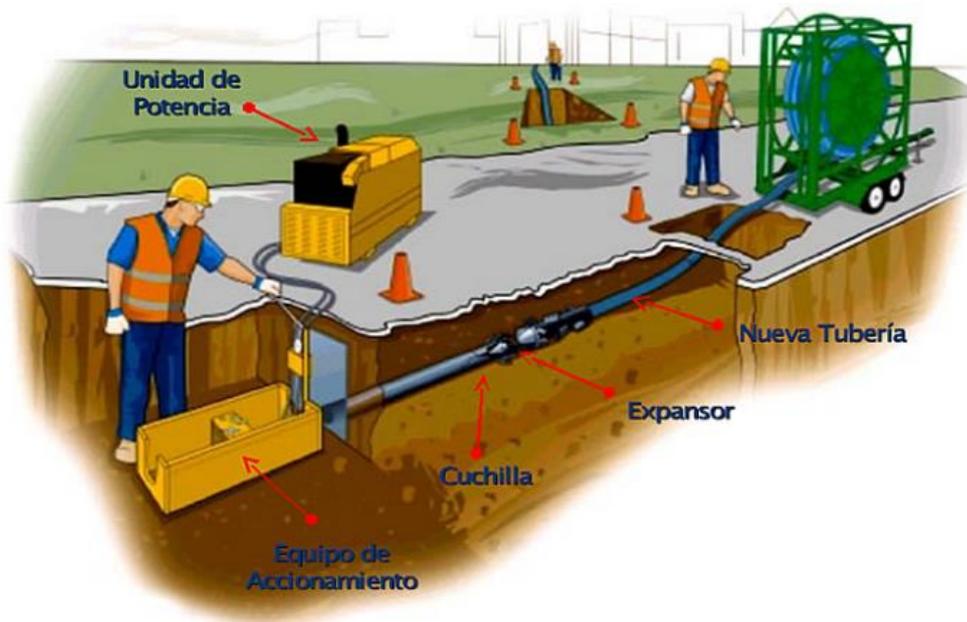


Figura 3.9 Ubicación y empleo de los equipos y accesorios para *pipe bursting*
 Fuente: (TRELTEC INGENIERIA LTDA., s.f.)

Además, la maquinaria necesaria para movimiento de tierras y rompimiento de pavimento que complete la primera fase de rehabilitación debido a la extracción de un porcentaje de movimiento de tierra entre cámaras de AASS para el ingreso de la nueva tubería son la máquina excavadora con martillo y la pala excavadora.

Medida y pago Para medir el pago por tubería rehabilitada empleando pipe Bursting se contabiliza los metros de tubería ya instalados, es decir, considerando la longitud real entre los extremos del tramo. Esto cubre todos los costos unitarios como transporte, descarga, desperdicios, mano de obra, entre otros.

CAPÍTULO 4

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1. Descripción del proyecto

En el sector de “La Alborada” de la ciudad de Guayaquil, se han identificado fugas en la red de alcantarillado por lo que se requiere un análisis en su red para identificar y solucionar dichas infiltraciones, que afectan gravemente a la calidad de vida de las personas y el ecosistema. Por lo que, esta investigación, aportará al cumplimiento del objetivo 6 sobre el agua limpia y saneamiento; el objetivo 3, de salud y bienestar; y objetivo 15, de vida de ecosistemas terrestre.

La urbanización La Alborada está en el extremo norte de Guayaquil, en una de las parroquias más conocidas llamada Tarqui. La ciudadela La Alborada ha sido dividida por el sector Este y el Oeste.



Figura 4.1 Mapa de la Urbanización La Alborada
Fuente: Google Earth

Ubicada en las costas del Océano Pacífico, Guayaquil como cabecera cantonal y capital de la provincia del Guayas, está rodeada de varios cuerpos de

aguas muy conocidos en la región, ubicándose el río Guayas en la parte Este y en la parte Suroccidental está rodeada por el Estero.

Guayaquil tiene una superficie de 347 km², donde 316 km² corresponde el 91,9 % con tierra firme (suelo) y los 29 km² restantes son los cuerpos de agua.

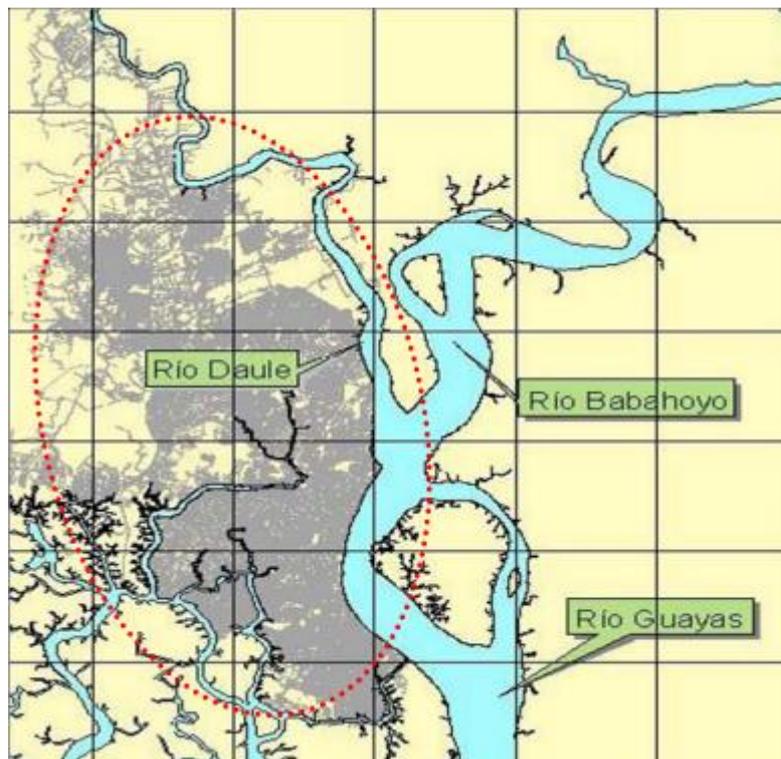


Figura 4.2 Mapa de la ciudad de Guayaquil
Fuente: Hazen & Sawyer, P.C. (2014)

Para categorizar un proyecto es necesario detallar su actividad principal en el Sistema Único de Información Ambiental (UISE) y obtener el tipo de licencia requerida, que puede ser certificado, registro o licencia ambiental. Estas regulaciones dependerán del impacto del proyecto, debiendo solicitarse la licencia ambiental y los registros de alto, bajo y medio impacto.

Con el propósito de brindar un mejor nivel de saneamiento a los habitantes de la urbanización La Alborada es necesario realizar el estudio ambiental, para identificar los impactos ambientales que pudieren resultar de la implementación del proyecto Análisis de infiltración, identificación de conexiones erradas y selección de tecnologías convencionales y no convencionales para la rehabilitación de las redes de alcantarillado sanitario de la ciudadela La Alborada,

en las zonas poblacionales antes indicadas, con la finalidad de diseñar propuestas para mitigar los efectos ambientales negativos.

El método utilizado para determinar el impacto de este proyecto es la matriz de Leopold modificada y asociada al proyecto. La matriz detalla cada actividad en las diferentes fases: construcción, operación, cierre y desmantelamiento. Las etapas se comparan con aspectos del entorno, como el entorno biológico, el entorno abiótico, el entorno de percepción y el entorno socioeconómico. Se realizará el estudio mediante 4 fases:



Figura 4.3 Fases del estudio ambiental
Fuente: Elaboración propia

4.2. Línea base ambiental

4.2.1. Medio físico

Se encuentra comprendido por los medios físicos que integran el medio ambiente: clima, aire, suelo y agua.

4.2.1.1. Clima

Por su ubicación la ciudad depende constantemente de las corrientes de Humboldt y de El Niño, ya que, al estar ubicado en las costas del Pacífico, estos marcan dos periodos climáticos. La temporada seca entre junio y diciembre las cuales presentan temperaturas de 23 °C a 25 °C, temperatura fresca en esta zona

del país y la temporada invernal con temperaturas que alcanzan los 26 °C y 32 °, caracterizada por su intenso calor y fuertes lluvias.

Desde el 2012 hasta el 2015 se han contabilizado alrededor de 71 inundaciones en la ciudad. Esto muestra el gran problema en que se han convertido estas temporadas invernales, llegando a causar bastantes daños no solo a las estructuras de la ciudad sino también a miles de familias que lo han perdido todo en estas fechas. (Reguero, 2015).

Las intensas lluvias, sumadas a las mareas altas en ciertas horas del día han ocasionado que Guayaquil se convierta en una de las ciudades que genera más pérdidas económicas en temporadas invernales. Esta situación se agrava por el pobre mantenimiento existente en la ciudad con los sistemas de alcantarillado, ocasionando que exista un colapso en estas redes que afectan el buen vivir de los ciudadanos, y contaminan no solo las zonas urbanas sino también los cuerpos de agua de nuestra ciudad (Ludeña & Wilk, 2013).

4.2.1.2. Aire

En Guayaquil existe una gran cantidad de fuentes contaminantes fijas y móviles del área urbana que producen contaminantes como material particulado, gases, compuestos orgánicos volátiles y ruido, siendo los automotores, las industrias y las centrales termoeléctricas, fuentes importantes de contaminación atmosférica. Además, se registran mayores valores de emisiones de dióxido de azufre (SO₂) y dióxido de nitrógeno (NO₂) en las vías de circulación rápida, gran tráfico vehicular y periodos de mayor congestión (SENPLADES, 2015).

4.2.1.3. Suelo

Guayaquil consta con una superficie de 609.474,54 ha, de las cuales casi un 80 % corresponden a áreas ocupadas para uso antrópico, protección y conservación, tierras improductivas y agua, mientras casi un 20 % se dedica a las actividades acuícola, pecuaria, forestal, entre otros, mostrando un sistema productivo determinado.

Cubierta por un bosque seco tropical se encuentra la cordillera Chongón Colonche conocido por miles de ecuatorianos como uno de los principales sistemas montañosos. Otra de las áreas protegidas de nuestra ciudad es el

Bosque Protector de Cerro Blanco, el cual cuenta con una de las reservas más importantes de nuestro país por la gran cantidad de vida que existe.

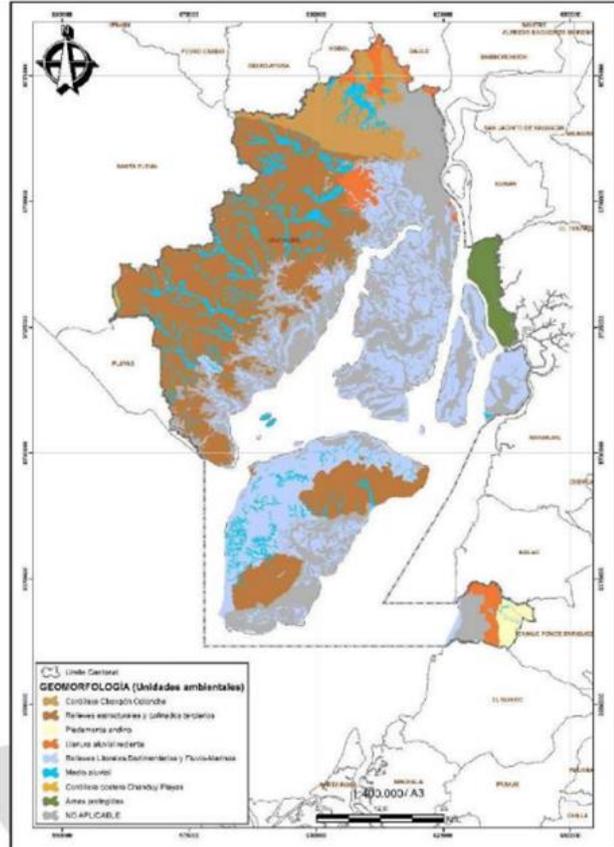


Figura 4.4 Mapa de geomorfología del cantón Guayaquil
Fuente: Dirección de planificación Urbana, P. y O. T.-A. de G. (2020)

4.2.1.4. Agua

Ubicada en la desembocadura de la cuenca del río Guayas, considerada como la más importante del país, Guayaquil es considerada por los ciudadanos como uno de los principales pilares de la economía del país, con un gran potencial agropecuario para Ecuador y la costa del Pacífico Sur. Se estima que la subcuenca del río Daule, es la más extensa de la cuenca del Guayas, drenando aproximadamente entre el 36 % al 39 % de esta cuenca, representando alrededor del 5 % del territorio nacional. Toda esta información resalta su importancia en el abastecimiento del agua para Guayaquil apoyando la agricultura y la industrialización de la ciudad.

El río Daule es el principal tributario de esta subcuenca, a cuyas orillas se han asentado varios poblados. El desarrollo de la región unido al incremento poblacional ha hecho que aumente la demanda y así las amenazas sobre este

importante recurso, ocasionando escenarios con una mayor degradación ambiental (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Del Cantón Guayaquil – GAD -, 2021).

4.2.2. Medio Biótico

Comprende la biota que se encuentra la zona estudio como son las especies de flora y fauna, teniendo primordial atención a las especies categorizadas como parte de la preservación.

4.2.2.1. Flora y fauna

Dentro del límite urbano y en sus alrededores, Guayaquil se encuentra rodeada de áreas de preservación para recreación y áreas protegidas. Dentro del área urbana existen cerros como el Colorado, Papagayo, Paraíso, Prosperina, Blanco y Germania; parques como Los Samanes, áreas de preservación como el estero Viernes Santo y el sistema de manglares del Salado. La ciudad cuenta con flora y fauna endémica que se reproduce en estas áreas, pero que se encuentra constantemente amenazada por la urbanización informal (GAD - Municipal Del Cantón Guayaquil, 2021).

4.2.3. Medio socioeconómico

4.2.3.1. Datos sociodemográficos

Según el censo INEC 2010, Guayaquil tiene una población total de 2 350 915 habitantes entre las áreas urbana y rural. La zona urbana cuenta con 2 278 691 habitantes, de los cuales 1 120 331 corresponde al género masculino y 1 158 360 son del género femenino. El área rural tiene 72 224 habitantes, donde 37 890 son masculinos y 34 334 del género femenino.

4.2.3.2. Medio socioeconómico

De acuerdo con el censo INEC 2010, las actividades que engloban en sector económico de Guayaquil corresponden al sector terciario de forma mayoritaria alcanzando un 62,7 %. Este sector está formado por el comercio al por mayor y menor, sector transportista y bodegas, educación, alojamiento, restaurantes y

trabajadores del hogar. Con un 18,99 % se encuentra el sector secundario abarcando la industrialización, construcción, distribución de agua, saneamiento y control de los desechos. Por último, el sector primario alcanza un 2,37 % con actividades en la agricultura, ganadería, pesca, explotación de minas y canteras. El 8,75 % es un sector no determinado, mientras que el 6,89 % corresponde a los nuevos empleados (GAD - Municipal Del Cantón Guayaquil, 2021).

4.3. Actividades del proyecto

Las actividades del proyecto implementando *Pipe Bursting* que podrían causar un impacto ambiental, en el sitio de estudio son:

- Rotura del pavimento entre ambos extremos de la tubería que se va a cambiar.
- Excavación y movimiento de tierra para ingresar el equipo neumático.
- Residuos de la rotura de tubería en mal estado.
- Reposición de la capa pavimentada

Por otro lado, aplicando la tecnología *Pipe Relining (CIPP)* las actividades que causarían un impacto ambiental son:

- Impregnación de felpa con la resina
- Proceso de inversión
- Curado de la resina con calor

4.4. Identificación de impactos ambientales

La metodología implementada considera las características ambientales de la zona, los factores que provoquen algún impacto, los componentes ambientales sensibles a cualquier impacto originado por las actividades involucradas en el proyecto, así como la valorización y evaluación de estos. Este método se constituye por la Matriz de Leopold (1971) o también conocida matriz causa-efecto que contempla relaciones de causalidad entre las diferentes fases del proyecto mediante un análisis cuali-cuantitativos.

La matriz de Leopold está distribuida en tres diferentes medios, medio físico, medio biológico y medio socioeconómico como se mencionó anteriormente.

Las labores que intervendrán en el proyecto perjudicarán de forma distinta cada uno de estos medios con lo cual se analiza el impacto existente dependiendo de la fase en que se encuentra el proyecto, estas son tres fases, fase de rehabilitación, fase de funcionamiento y la fase de rediseño. La primera fase muestra las actividades existentes al momento de reemplazar la tubería, tales como excavación, transporte de material, instalación de equipo, entre otros. La fase de funcionamiento muestra las actividades que existirán continuamente en la tubería reemplazada. Por último, la fase de rediseño muestra las actividades a realizar una vez que el diseño anterior supere su año de vida útil, momento el cual es importante hacer un nuevo diseño que cumpla con las demandas contemporáneas de la ciudadela.

Para el cálculo de la tabla de Leopold se considera la importancia y magnitud de cada actividad con respecto al medio con la que interactúa. Para cada una de las actividades se debe considerar que no todas tienen un impacto negativo con lo cual dicho valor de magnitud puede variar de signo, un ejemplo de esto es el impacto que genera en el empleo al medio socioeconómico, el cual actúa como un impacto positivo. Una vez obtenidos todos los impactos e importancias se hace una multiplicación de cada uno de estos y se lo suma para obtener el valor del impacto por acciones en cada una de las fases, finalmente estas se suman y se obtiene el total definitivo de las afectaciones existentes al aplicar la rehabilitación con el método de *Pipe Bursting* y *Pipe Relining*.

Valoración		Magnitud: 1-10 Importancia: 1-10	ACCIONES CON POSIBLES EFECTOS											Total Acciones			
			1. Fase de rehabilitación				3. Fase de funcionamiento			3. Fase de rediseño							
			Rotura de pavimento	Movimiento de tierra	Instalación de equipo neumático	Tensionamiento de tubería	Total Acción 1	Correcta distribución del sistema	Uso como sistema de alcantarillado sanitario	Total Acción 2	Senso	Ampliación	Rediseño de la red de alcantarillado		Total Acción 3		
FACTORES AMBIENTALES	Medio físico	1. Clima	No afecta el nivel freático							3	5	24				24	
			Gestionamiento óptimo de las inundaciones						3		5	24				24	
		2. Aire	Generación de polvo	-5	-5					-55				-3	4	-12	-67
			Generación de ruido	-6	-2	-2				-50				-3	4	-12	-62
			Compuestos orgánicos volátiles	-3						-12				-3	5	-24	-36
		3. Suelo	Contaminación por excavación		-4					-16				-3	6	-18	-34
	Residuos por rotura de tubería						3		-15							-15	
	4. Agua	Residuos de tubería							6						-25	-25	
		Corte de agua potable	-3	-2					-35				-3	5	-24	-59	
	Medio biótico	1. Flora y fauna	Afectaciones en áreas de recreación		-2					-8				-3	5	-15	-23
			Afectaciones en áreas protegidas							6						0	0
	Medio socioeconómico	1. Social	Afectación del tránsito vehicular	-5	-2					-21				-4	5	-20	-41
Generación de empleo			5	4	3	3			75			2	5	5	70	145	
2. Económico		Afectaciones a los locales	-3	-3					-30		6		10	5	50	50	
	TOTALES							-167				53			-5	-119	

Figura 4.5 Matriz Leopold implementando *Pipe Bursting*
Fuente: Elaboración propia

4.5. Valoración de impactos ambientales

La valoración y evaluación de los impactos resulta del seguimiento de la metodología de identificación por medio de la Matriz de causa-efecto que se caracteriza por dar una puntuación de acuerdo con el método analítico propuesto por Vicente Conesa Fernández-Vitora que contempla la importancia de un impacto ambiental en base a la ecuación 4.1; misma que analiza y evalúa de forma matricial los parámetros socioambientales que se originan por las actividades consideradas para el desarrollo del proyecto. (S.A., s.f.)

$$I = [3i + 2 EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC] \text{ ecuación 4.1}$$

Jerarquía	Rango	Simbología
Bajo	<-25	
Moderado	-25 ≤ I < -50	
Alto	-50 ≤ I < -75	
Critico	-75 a -100	
Positivo	0 < I	

Figura 4.7 Jerarquización del nivel de impacto ambiental
Fuente: (S.A., s.f.)

4.5.1. Impacto ambiental del método *Pipe Bursting*

Actividades	Signo (- +)									
	Reducción de infiltraciones	Generación de polvos	Generación de ruido	Compuestos orgánicos volátiles	Contaminación por excavación	Residuos de tuberías	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Rotura de pavimento		-1	-1	-1	-1			-1	1	-1
Movimiento de Tierra		-1	-1		-1		-1	-1	1	-1
Instalación equipo neumático			-1						1	
Transporte de tubería nueva		-1	-1	-1				-1	1	-1
Conexión tubería con accesorios	1						-1		1	
Tensionamiento de cable			-1						1	
Rotura de tubería			-1			-1	-1		1	
Reposición de capa pavimentada	1	-1	-1	-1			-1	-1	1	-1
Producción de tuberías	1		-1	-1					1	
Rehabilitación completa	1									

Figura 4.8 Análisis de la matriz signo implementando *Pipe Bursting*
Fuente: Elaboración propia

Actividades	Intensidad									
	Reducción de infiltraciones	Generación de polvos	Generación de ruido	Compuestos orgánicos volátiles	Contaminación por excavación	Residuos de tuberías	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Rotura de pavimento		6	8	8	4			3	6	4
Movimiento de Tierra		5	7	8	7		4	3	6	4
Instalación equipo neumático			7						1	
Transporte de tubería nueva		1	5	7				3	3	4
Conexión tubería con accesorios	3						4		1	
Tensionamiento de cable			5						1	
Rotura de tubería			4			8	4		1	
Reposición de capa pavimentada	3	7	7	8			4	3	6	4
Producción de tuberías	5		7	7					8	
Rehabilitación completa	10									

Figura 4.9 Análisis de la matriz intensidad implementando *Pipe Bursting*
Fuente: Elaboración propia

Actividades	Extensión									
	Reducción de infiltraciones	Generación de polvos	Generación de ruido	Compuestos orgánicos volátiles	Contaminación por excavación	Residuos de tuberías	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Rotura de pavimento		1	1	2	2			2	2	1
Movimiento de Tierra		2	1	2	1		1	2	2	1
Instalación equipo neumático			1						1	
Transporte de tubería nueva		2	1	2				2	1	1
Conexión tubería con accesorios	1						1		1	
Tensionamiento de cable			1						1	
Rotura de tubería			1			2	1		1	
Reposición de capa pavimentada	2	1	1	2			1	2	2	1
Producción de tuberías	4		4	8					4	
Rehabilitación completa	8									

Figura 4.10 Análisis de la matriz extensión implementando *Pipe Bursting*
Fuente: Elaboración Propia

Actividades	Reversibilidad									
	Reducción de infiltraciones	Generación de polvos	Generación de ruido	Compuestos orgánicos volátiles	Contaminación por excavación	Residuos de tuberías	Corte de agua potable	Tránsito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Rotura de pavimento		1	1	1	2			1	1	1
Movimiento de Tierra		1	1		2		1	2	1	1
Instalación equipo neumático			1						1	
Transporte de tubería nueva		1	1	1				1	1	1
Conexión tubería con accesorios	4						1		1	
Tensionamiento de cable			1						1	
Rotura de tubería			1			4	1		1	
Reposición de capa pavimentada	4	1	1	1			1	2	1	1
Producción de tuberías	4		2	2					2	
Rehabilitación completa	4									

Figura 4.11 Análisis de la matriz reversibilidad implementando *Pipe Bursting*
Fuente: Elaboración propia

Actividades	Momento									
	Reducción de infiltraciones	Generación de polvos	Generación de ruido	Compuestos orgánicos volátiles	Contaminación por excavación	Residuos de tuberías	Corte de agua potable	Tránsito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Rotura de pavimento		4	4	4	2			4	1	2
Movimiento de Tierra		4	4		4		4	2	1	4
Instalación equipo neumático			2						1	
Transporte de tubería nueva		4	2	4				4	1	4
Conexión tubería con accesorios	2						4		1	
Tensionamiento de cable			4						1	
Rotura de tubería			2			1	4		1	
Reposición de capa pavimentada	1	1	1	1			4	1	1	-1
Producción de tuberías	1		4	1					1	
Rehabilitación completa	1									

Figura 4.12 Análisis de la matriz momento implementando *Pipe Bursting*
Fuente: Elaboración propia

Persistencia										
Actividades	Reducción de infiltraciones	Generación de polvos	Generación de ruido	Compuestos orgánicos volátiles	Contaminación por excavación	Residuos de tuberías	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Rotura de pavimento		1	1	1	2			1	1	1
Movimiento de Tierra		1	1		2		1	2	1	2
Instalación equipo neumático			1						1	
Transporte de tubería nueva		1	1	1				1	1	1
Conexión tubería con accesorios	4						1		1	
Tensionamiento de cable			1						1	
Rotura de tubería			1			4	1		1	
Reposición de capa pavimentada	4	1	1	1			1	2	1	2
Producción de tuberías	4		2	2					2	
Rehabilitación completa	4									

Figura 4.13 Análisis de la matriz persistencia implementando *Pipe Bursting*
Fuente: Elaboración propia

Sinergia										
Actividades	Reducción de infiltraciones	Generación de polvos	Generación de ruido	Compuestos orgánicos volátiles	Contaminación por excavación	Residuos de tuberías	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Rotura de pavimento		4	4	4	4			2	1	2
Movimiento de Tierra		2	2		2		1	1	1	1
Instalación equipo neumático			1						1	
Transporte de tubería nueva		2	2	2				2	1	1
Conexión tubería con accesorios	1						1		1	
Tensionamiento de cable			1						1	
Rotura de tubería			1			1	1		1	
Reposición de capa pavimentada	4	2	4	2			-1	2	1	1
Producción de tuberías	1		2	2					1	
Rehabilitación completa	1									

Figura 4.14 Análisis de la matriz sinergia implementando *Pipe Bursting*
Fuente: Elaboración propia

Acumulación										
Actividades	Reducción de infiltraciones	Generación de polvos	Generación de ruido	Compuestos organicos volatiles	Contaminación por excavación	Residuos de tuberías	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Rotura de pavimento		1	1	1	1			1	1	1
Movimiento de Tierra		1	1		1		1	1	1	1
Instalación equipo neumatico			1						1	
Transporte de tubería nueva		1	1	1				1	1	1
Conexión tubería con accesorios	1						1		1	
Tensionamiento de cable			1						1	
Rotura de tubería			1			1	1		1	
Reposición de capa pavimentada	1	1	1	1			1	1	1	1
Producción de tuberías	1		1	4					1	
Rehabilitación completa	4									

Figura 4.15 Análisis de la matriz sinergia implementando *Pipe Bursting*
Fuente: Elaboración propia

Efecto										
Actividades	Reducción de infiltraciones	Generación de polvos	Generación de ruido	Compuestos organicos volatiles	Contaminación por excavación	Residuos de tuberías	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Rotura de pavimento		1	1	1	4			1	4	1
Movimiento de Tierra		4	1		4		4	1	4	1
Instalación equipo neumatico			1						4	
Transporte de tubería nueva		1	1	1				1	4	1
Conexión tubería con accesorios	4						4		4	
Tensionamiento de cable			1						4	
Rotura de tubería			1			4	1		4	
Reposición de capa pavimentada	4	4	1	1			1	1	4	1
Producción de tuberías	4		1	1					4	
Rehabilitación completa	4									

Figura 4.16 Análisis de la matriz efecto implementando *Pipe Bursting*
Fuente: Elaboración propia

Actividades	Periodicidad									
	Reducción de infiltraciones	Generación de polvos	Generación de ruido	Compuestos orgánicos volátiles	Contaminación por excavación	Residuos de tuberías	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Rotura de pavimento		1	1	1	1			1	1	1
Movimiento de Tierra		1	1		1		1	1	1	1
Instalación equipo neumático			1						1	
Transporte de tubería nueva		1	1	1				1	1	1
Conexión tubería con accesorios	1						1		1	
Tensionamiento de cable			1						1	
Rotura de tubería			1			4	1		1	
Reposición de capa pavimentada	1	1	1	1			1	1	1	1
Producción de tuberías	4		2	2					4	
Rehabilitación completa	4									

Figura 4.17 Análisis de la matriz periodicidad implementando *Pipe Bursting*
Fuente: Elaboración propia

Actividades	Recuperabilidad									
	Reducción de infiltraciones	Generación de polvos	Generación de ruido	Compuestos orgánicos volátiles	Contaminación por excavación	Residuos de tuberías	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Rotura de pavimento		1	1	1	2			1	1	1
Movimiento de Tierra		1	1		2		1	1	1	1
Instalación equipo neumático			1						1	
Transporte de tubería nueva		1	1	1				1	1	1
Conexión tubería con accesorios	4						1		1	
Tensionamiento de cable			1						1	
Rotura de tubería			1			4	1		1	
Reposición de capa pavimentada	4	1	1	1			1	1	1	1
Producción de tuberías	4		2	2					4	
Rehabilitación completa	4									

Figura 4.18 Análisis de la matriz recuperabilidad implementando *Pipe Bursting*
Fuente: Elaboración propia

Actividades	Importancia									
	Reducción de infiltraciones	Generación de polvos	Generación de ruido	Compuestos orgánicos volátiles	Contaminación por excavación	Residuos de tuberías	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Rotura de pavimento		-34	-40	-42	-34			-25	33	-24
Movimiento de Tierra		-34	-35		-41		-28	-24	33	-26
Instalación equipo neumático			-32						16	
Transporte de tubería nueva		-19	-27	-37				-25	22	-25
Conexión tubería con accesorios	32						-28		16	
Tensionamiento de cable			-28						16	
Rotura de tubería			-23			-51	-25		16	
Reposición de capa pavimentada	36	-35	-34	-37			-23	-24	33	-21
Producción de tuberías	46		-45	-53					51	
Rehabilitación completa	72									

Figura 4.19 Análisis de importancia del impacto ambiental implementando *Pipe Bursting*
Fuente: Elaboración propia

Observando la tabla de impacto generada por las actividades que intervienen en la aplicación de la metodología de rehabilitación se puede ver que el impacto positivo más alto es de 72 con respecto a la reducción de la infiltración existentes en la ciudadela Alborada, mientras que los impacto negativos más alto es de 51 con respecto a los residuos de tuberías generados al aplicar el método de rehabilitación pipe Bursting, dichos residuos estarían presentes en el suelo donde se ubica las nuevas tuberías, y 53 por la producción de tuberías de PEAD, por los compuestos volátiles generados en las fábricas.

4.5.2. Impacto ambiental del método *Pipe Relining* (CIPP)

Signo (- +)							
Actividades	Reducción de infiltraciones	Generación de ruido	Compuestos organicos volatiles	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Transporte de materiales		-1	-1		-1	1	-1
Instalación de maquinaria		-1		-1	-1	1	-1
Impregnación de felpa con resina		-1	-1	-1	-1	1	-1
Producción de resina epoxica	1	-1	-1			1	
Producción de felpa	1	-1	-1			1	
Rehabilitación completa	1						

Figura 4.20 Análisis de la matriz signo implementando *Pipe Relining* CIPP
Fuente: Elaboración propia

Intensidad							
Actividades	Reducción de infiltraciones	Generación de ruido	Compuestos organicos volatiles	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Transporte de materiales		2	4		4	5	4
Instalación de maquinaria		2		1	2	3	2
Impregnación de felpa con resina		4	6	1	2	3	2
Producción de resina epoxica	8	5	6			7	
Producción de felpa	8	5	6			7	
Rehabilitación completa	10						

Figura 4.21 Análisis de la matriz intensidad implementando *Pipe Relining* CIPP
Fuente: Elaboración propia

Extensión							
Actividades	Reducción de infiltraciones	Generación de ruido	Compuestos organicos volatiles	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Transporte de materiales		1	1		1	1	1
Instalación de maquinaria		1		1	1	1	1
Impregnación de felpa con resina		1	2	1	1	1	1
Producción de resina epoxica	4	2	4			1	
Producción de felpa	4	2	4			1	
Rehabilitación completa	8						

Figura 4.22 Análisis de la matriz extensión implementando *Pipe Relining CIPP*
Fuente: Elaboración propia

Momento							
Actividades	Reducción de infiltraciones	Generación de ruido	Compuestos organicos volatiles	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Transporte de materiales		2	2		4	1	4
Instalación de maquinaria		2		4	4	1	4
Impregnación de felpa con resina		2	2	4	4	1	4
Producción de resina epoxica	1	2	2			1	
Producción de felpa	1	2	2			1	
Rehabilitación completa	1						

Figura 4.23 Análisis de la matriz momento implementando *Pipe Relining CIPP*
Fuente: Elaboración propia

Persistencia							
Actividades	Reducción de infiltraciones	Generación de ruido	Compuestos organicos volatiles	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Transporte de materiales		1	1		1	1	1
Instalación de maquinaria		2		1	1	1	1
Impregnación de felpa con resina		2	2	1	1	1	1
Producción de resina epoxica	4	4	4			2	
Producción de felpa	4	4	4			2	
Rehabilitación completa	4						

Figura 4.24 Análisis de la matriz persistencia implementando *Pipe Relining CIPP*
Fuente: Elaboración propia

Reversibilidad							
Actividades	Reducción de infiltraciones	Generación de ruido	Compuestos organicos volatiles	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Transporte de materiales		1	1		1	1	1
Instalación de maquinaria		1		1	1	1	1
Impregnación de felpa con resina		1	1	1	1	1	1
Producción de resina epoxica	2	1	2			2	
Producción de felpa	2	1	2			2	
Rehabilitación completa	4						

Figura 4.25 Análisis de la matriz reversibilidad implementando *Pipe Relining CIPP*
Fuente: Elaboración propia

Sinergia							
Actividades	Reducción de infiltraciones	Generación de ruido	Compuestos orgánicos volátiles	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Transporte de materiales		1	1		1	1	1
Instalación de maquinaria		2		1	1	1	1
Impregnación de felpa con resina		2	1	1	1	1	1
Producción de resina epoxica	1	2	2			1	
Producción de felpa	1	2	2			1	
Rehabilitación completa	1						

Figura 4.26 Análisis de la matriz sinergia implementando *Pipe Relining CIPP*
Fuente: Elaboración propia

Acumulación							
Actividades	Reducción de infiltraciones	Generación de ruido	Compuestos orgánicos volátiles	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Transporte de materiales		1	1		1	1	1
Instalación de maquinaria		1		1	1	1	1
Impregnación de felpa con resina		1	1	1	1	1	1
Producción de resina epoxica	4	4	4			4	
Producción de felpa	4	4	4			4	
Rehabilitación completa	4						

Figura 4.27 Análisis de la matriz acumulación implementando *Pipe Relining CIPP*
Fuente: Elaboración propia

Efecto							
Actividades	Reducción de infiltraciones	Generación de ruido	Compuestos organicos volatiles	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Transporte de materiales		1	1		1	1	1
Instalación de maquinaria		1		1	1	1	1
Impregnación de felpa con resina		1	1	1	1	1	1
Producción de resina epoxica	4	1	4			1	
Producción de felpa	4	1	4			1	
Rehabilitación completa	4						

Figura 4.28 Análisis de la matriz efecto implementando *Pipe Relining CIPP*
Fuente: Elaboración propia

Periodicidad							
Actividades	Reducción de infiltraciones	Generación de ruido	Compuestos organicos volatiles	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Transporte de materiales		2	2		1	2	1
Instalación de maquinaria		2		1	1	2	1
Impregnación de felpa con resina		2	2	1	1	2	1
Producción de resina epoxica	4	4	4			4	
Producción de felpa	4	4	4			4	
Rehabilitación completa	4						

Figura 4.29 Análisis de la matriz periodicidad implementando *Pipe Relining CIPP*
Fuente: Elaboración propia

Recuperabilidad							
Actividades	Reducción de infiltraciones	Generación de ruido	Compuestos orgánicos volátiles	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Transporte de materiales		1	1		1	1	1
Instalación de maquinaria		2		1	1	1	1
Impregnación de felpa con resina		2	2	1	1	1	1
Producción de resina epoxica	4	2	2			4	
Producción de felpa	4	2	2			4	
Rehabilitación completa	4						

Figura 4.30 Análisis de la matriz recuperabilidad implementando *Pipe Relining CIPP*
Fuente: Elaboración propia

Importancia							
Actividades	Reducción de infiltraciones	Generación de ruido	Compuestos orgánicos volátiles	Corte de agua potable	Transito vehicular	Generación de empleo	Afectaciones a los locales
Transporte de materiales	0	-18	-24	0	-25	26	-25
Instalación de maquinaria	0	-21	0	-16	-19	20	-19
Impregnación de felpa con resina	0	-27	-34	-16	-19	20	-19
Producción de resina epoxica	56	-39	-50	0	0	42	0
Producción de felpa	56	-39	-50	0	0	42	0
Rehabilitación completa	72	0	0	0	0	0	0

Figura 4.31 Análisis de importancia del impacto ambiental implementando *Pipe Relining CIPP*
Fuente: Elaboración propia

Observando la tabla de impacto generada por las actividades que se realizan aplicando la metodología de *Pipe Relining* se puede ver que el impacto positivo más alto es de 72 con respecto a la reducción de la infiltración existentes en la ciudadela Alborada, mientras que el impacto negativo más alto es de 50 con respecto a la contaminación del aire por compuestos orgánicos volátiles generados por la producción de la resina epóxica y la felpa necesarias para poder realizar dicha metodología, ocasionando un impacto negativo alto para el medio ambiente.

4.6. Medidas de prevención/mitigación

Considerar el Plan de Prevención, Recuperación y/o Mitigación Ambiental, para disminuir el impacto en los factores físicos, biológicos y socioeconómicos causados por las actividades de construcción. La ejecución de las medidas para prevenir, remediar y reducir los impactos ambientales, deben prestar atención a los más importantes. Las medidas planteadas establecerían las mejores prácticas para un proyecto prioritario en la previsión del impacto negativo en la ejecución del proyecto. (EMAPAG-EP, 2015)

Considerando el Plan de Manejo Ambiental existen algunos programas esenciales a implementar como medidas de prevención y mitigación del impacto ambiental que ocasionarían los trabajos ejecutables para la realización de ambas tecnologías no convenciones sin zanja, entre ellos están:

- El programa de conservación de la calidad del aire ambiental controla las actividades ejecutables en *Pipe Bursting* y *Pipe Relining* relacionadas con la generación de ruido, emisión de compuestos orgánicos y partículas suspendidas a causa de la rotura del pavimento o los equipos utilizados para cada tecnología.
- El programa de conservación de la calidad del recurso suelo gestiona de forma integral los desechos sólidos o peligrosos que puedan sobrar durante y al finalizar la ejecución de ambas tecnologías.

- El programa de capacitación es indispensable para evitar y disminuir los errores en obra y por consecuente un retraso de esta, por ende, cada trabajador contratado debe tener el conocimiento básico y suficiente de su función en la obra para trabajar con la eficiencia esperada.
- El programa de seguridad industrial y salud ocupacional permitirá la prevención de futuros accidentes en obra y a su vez, capacitará a los trabajadores sobre la manipulación de equipos, lubricantes, accesorios y los equipos de protección que deberán usar.

Como plan de contingencias se deben considerar los siguientes programas para la implementación de ambas tecnologías:

- El programa de contingencias se deberá implementar para la evaluación de posibles riesgos que puedan originarse en obra. Se considerará los riesgos debido al transporte, derrame o incendio por combustible necesario para los equipos que requiera la tecnología a ejecutar.

Los programas considerados en el plan de monitoreo y seguimiento para la ejecución de la tecnología son:

- El programa de monitoreo de variables ambiental es necesario para la supervisión o control de los niveles de presión sonora generados en obra.

Como medidas de prevención y mitigación para el impacto ambiental ocasionado por el tránsito vehicular está el plan de tránsito vehicular que abarca el siguiente programa:

- El programa de señalización en las vías que serán intervenidas será necesario para disminuir la congestión vehicular durante el desarrollo de la obra.

CAPÍTULO 5

5. PRESUPUESTO

5.1. Estructura Desglosada de Trabajo

La estructura desglosada de trabajo para el proyecto de rehabilitación de alcantarillado con *Pipe Bursting* es la mostrada a continuación:



Figura 5.1 Estructura de Desglose del Proyecto
Fuente: Elaboración propia

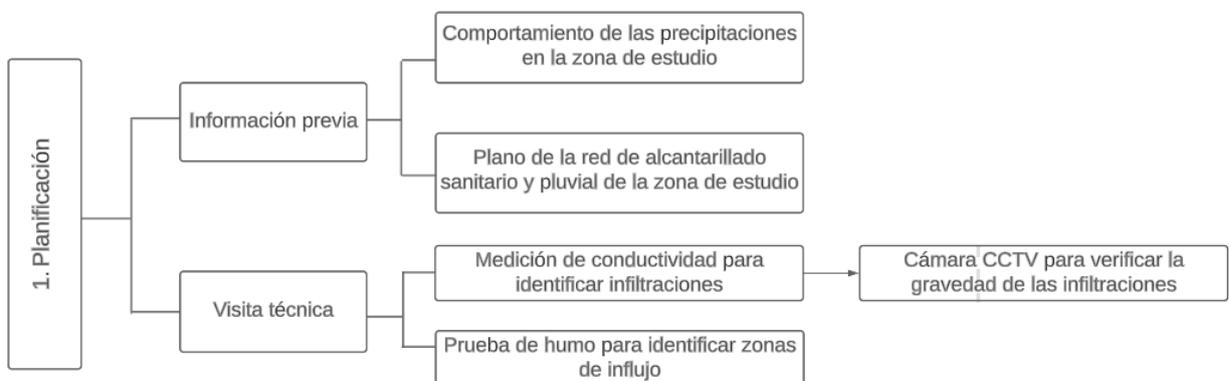


Figura 5.2 Desglose de la Planificación del Proyecto
Fuente: Elaboración propia

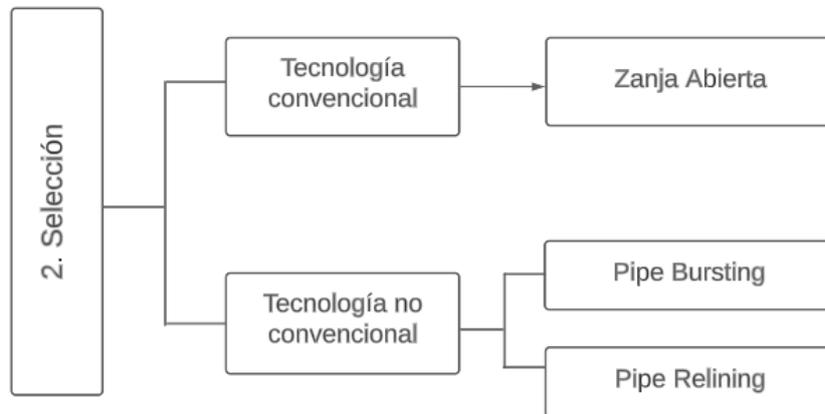


Figura 5.3 Desglose de Selección del Proyecto
Fuente: Elaboración propia

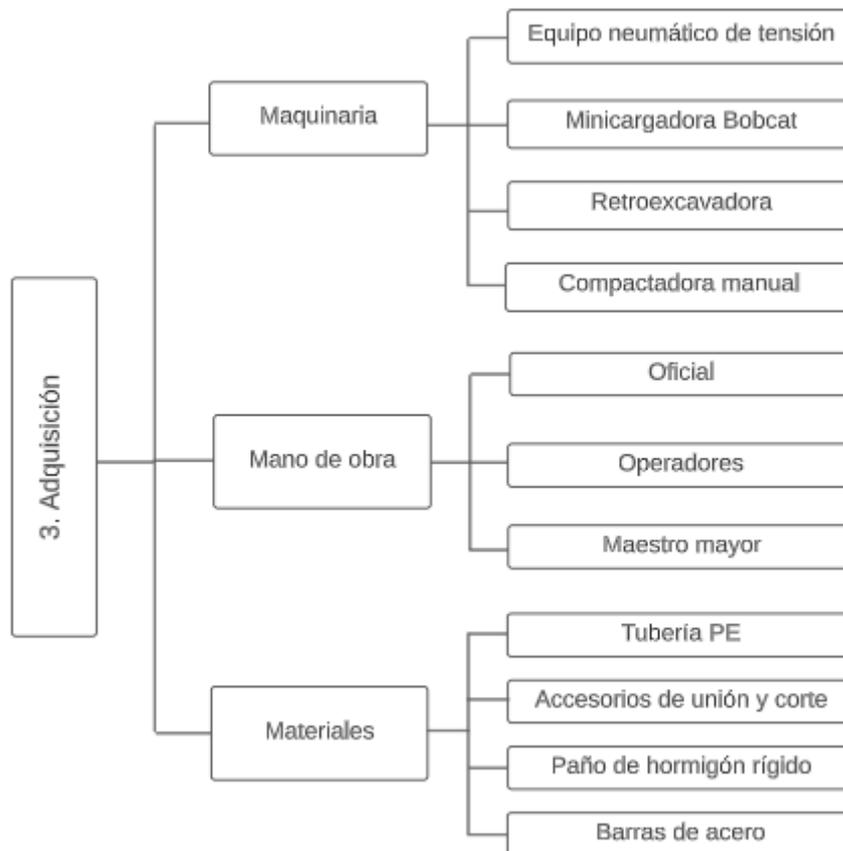


Figura 5.4 Desglose de Adquisición del Proyecto
Fuente: Elaboración propia

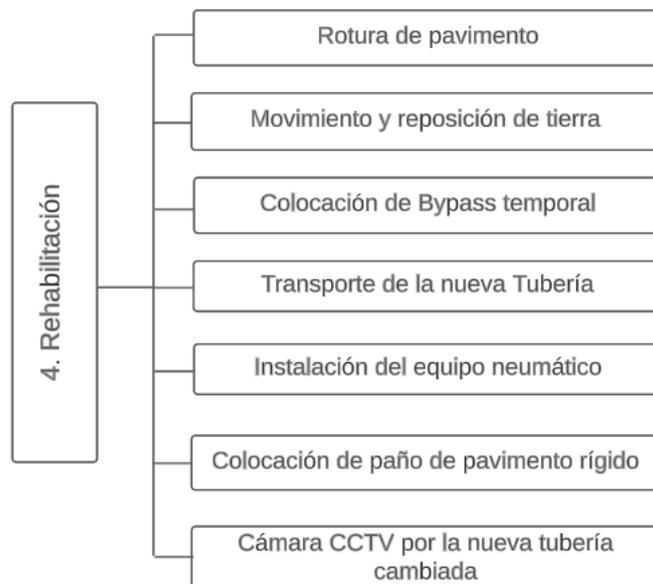


Figura 5.5 Desglose de Rehabilitación del Proyecto
Fuente: Elaboración propia

5.2. Rubros y análisis de precios unitarios

5.2.1. Tecnología *Pipe Bursting*

Para la implementación de la tecnología no convencional *Pipe Bursting*, los rubros que se consideran para su ejecución son los siguientes mostrados en la Tabla 5.1 y en la sección de Anexos el análisis de precios unitarios de cada rubro mencionado. Adicional, de acuerdo con la cámara de la industria de construcción, los salarios mínimos de los trabajadores fueron actualizados en base al ACUERDO MINISTERIAL No. MDT-2022-216 (CAMICON,2023).

Tabla 5.1 Lista de rubros que intervienen en la metodología *Pipe Bursting*
Fuente: Elaboración propia

No.	Rubro
01	Preparación de sitio, replanteo y nivelación de la obra
02	Rotura de pavimento rígido en calle metro lineal
03	Excavación de nichos
04	Limpieza de tuberías de la red de alcantarillado
05	Suministro e instalación de tubería PEAD/POLIETILENO Ø1100mm (Termofusión) (in. arena) <i>Pipe Bursting</i>
06	Inspección CCTV de colectores incluye documentación
07	Relleno compactado con comp. manual de nichos de entrada y salida
08	Bacheo asfáltico como reposición de capa de rodadura
19	Control de polvo
10	Control y monitoreo de ruido
11	Señalización de la zona de trabajo

Preparación de sitio, replanteo y nivelación de la obra

Este rubro corresponde a las actividades dirigidas por un topógrafo dispuesto por la CONTRATISTA para realizar la colocación de los mojoneros de concreto para que el topógrafo verifique la localización y dimensiones ya estipuladas en los planos existentes, así como el comprobar que los niveles, replanteo y mediciones se ajusten al proyecto.

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 1 de 11

Rubro: "01

Unidad: m²

Detalle: Preparación de sitio, replanteo y nivelación de la obra

EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	COSTO	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
HERRAMIENTA MENOR (5% M	1,00	0,05	0,05		0,03	
EQ. TOPOGRÁFICO	0,20	3,75	0,75	0,0333	0,02	
SUBTOTAL M					0,05	
MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	COSTO	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
PEON/ AYUDANTE (albañil, ca	3,00	4,05	12,15	0,0333	0,40	
CARPINTERO (E.O.D2)	1,00	4,10	4,10	0,0333	0,14	
MAESTRO MAYOR EN EJECUC	0,20	4,55	0,91	0,0333	0,03	
TOPÓGRAFO	0,20	4,55	0,91	0,0333	0,03	
SUBTOTAL N					0,60	
MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	COSTO		
		A	B	C=A*B		
CUARTON SEMIDURO (ENCOFRADO)	u	0,02	3,63	0,07		
TIRA SEMIDURA (ENCOFRADO)	u	0,03	1,96	0,06		
CLAVOS 2 1/2	Kg	0,01	2,66	0,03		
SUBTOTAL O					0,16	
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	COSTO		
		A	B	C=A*B		
TRANSPORTE DE MATERIALES	Gbl	1,00	0,01	0,01		
SUBTOTAL P					0,01	
ene-22	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				0,82	
	INDIRECTOS %				20,00%	0,16
	UTILIDAD %					0,00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				0,99	
	VALOR OFERTADO				0,99	

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA

5.2.2. Tecnología *Pipe Relining*

Para la implementación de la tecnología no convencional *Pipe Relining*, los rubros que se consideran son los presentados en la Tabla 5.2 y en la sección de Anexos el análisis de precios unitarios de cada rubro mencionado. Así mismo, según el ACUERDO MINISTERIAL No. MDT-2022-216 se actualizaron los salarios de cada trabajador requerido de acuerdo con su oficio. (CAMICON,2023).

Tabla 5.2 Lista de rubros que intervienen en la metodología *Pipe Relining*
Fuente: Elaboración propia

No.	Rubro
01	Preparación de sitio, replanteo y nivelación de la obra
02	Limpieza de tuberías de la red de alcantarillado
03	Inspección CCTV de colectores incluye documentación
04	Suministro e instalación de felpa de poliéster con resina epoxi Θ 1100mm <i>Pipe Relining</i>
05	Control y monitoreo de ruido
06	Señalización de la zona de trabajo

Suministro e instalación de felpa de poliéster con resina epoxi Θ 1100mm *Pipe Relining*

Este rubro corresponde a las actividades dirigidas por varios operadores dispuesto por la CONTRATISTA para realizar la instalación de la felpa con resina con los equipos y materiales necesarios. Así mismo, se considera el curado de la felpa con agua caliente una vez ingresado los metros lineales de material.

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 4 de 6

Rubro: **PR 04**

Unidad: **m**

Detalle: **SUMINISTRO E INSTALACIÓN FELPA DE POLIÉSTER CON RESINA EPOXI Ø1100mm
Pipe Relining**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
HERRAMIENTAS MENORES (5º)	1,00	0,50	0,50	0,0550	0,05
CALDERA DE AGUA	1,00	3,90	3,90	0,0550	0,21
BOMBA DE VACÍO	1,00	25,00	25,00	0,0550	1,38
BANDAS DE RODAMIENTO	1,00	12,5	12,50	0,0550	0,69
SUBTOTAL M					1,64
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
PEON/ AYUDANTE (albañil, car)	2,00	4,05	8,10	0,0550	0,45
OP. Equipo liviano	1,00	4,10	4,10	0,0550	0,23
MAESTRO MAYOR	1,00	4,55	4,55	0,0550	0,25
SUBTOTAL N					0,93
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
RESINA EPÓXICA SAYERLACK 1kg - ENDUREC	u	10,00	40,99	409,90	
MANGA FIBRA POLIÉSTER - FELPA 935mm	m	1,00	100,00	100,00	
SUBTOTAL O				509,90	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P				0,00	
ago-23	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				512,47
	INDIRECTOS %				20,00%
	UTILIDAD %				0,00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				614,96
	VALOR OFERTADO				614,96

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA

5.3. Descripción de cantidades de obra

5.3.1. Tecnología *Pipe Bursting*

Para determinar la cuantificación de los rubros de la tecnología *Pipe Bursting* en el tramo de tuberías a rehabilitar, se considera lo siguiente:

- El volumen por movimiento de tierra total es 467.26 m³ para el ingreso de las tres tuberías nuevas y 39.57 m³ de excavación en los extremos donde las barras de acero tensionan la tubería a lo largo de la longitud a rehabilitar. Para el primer tramo se requiere una excavación tipo rampa en el ingreso y una excavación normal para la salida con el siguiente detalle:

Ingreso

Largo = 22 m

Ancho = 2.8 m

Profundidad = 6.03 m

Salida

Largo = 2 m

Ancho = 1.5 m

Profundidad = 5.70 m

- No se considera el uso de obturadores neumático para el taponamiento del colector aguas arriba puesto que se encuentra la zona a rehabilitar al inicio de red.
- Se considera limpieza de tubería e inspección con CCTV como trabajos preliminares para los 306 m a intervenir.
- La longitud de tubería PE es distribuida de acuerdo con los diámetros requeridos, es decir, secciones de tubería superiores a 160 mm son suministrados en barras de 11,80 m, y secciones inferiores a dicho diámetro se la proporciona en rollos de 50 m, 60 m o 100 m. Para la rehabilitación se necesitan 26 barras PE100 de 1100 mm acoplados entre sí por termofusión.

5.3.2. Tecnología *Pipe Relining*

Para determinar la cuantificación de los rubros para la tecnología de rehabilitación *Pipe Relining* en el tramo a rehabilitar, es importante considerar lo siguiente:

- Se considera usar obturadores neumáticos para el taponamiento del colector en el caso de que nos encontremos aguas abajo, permitiendo así trabajar en la donde se desea rehabilitar.
- Como trabajo preliminar se realiza una limpieza de tubería, quitando todo residuo, para que se pueda realizar libremente la inspección con cámara CCTV verificando los daños de la tubería en los 306 m.
- Se impregna la resina epoxi por toda la tubería textil o felpa de 100 metros, la cual es previamente aplastada para permitir el fácil vertimiento del líquido por todas las paredes de esta. Aproximadamente se vierte 1kg de resina por cada 6 metros de tubería, Con lo cual se necesitarían 17 kg de resina para cubrir toda la tubería que se ubicará en las paredes del colector.
- Para el costo de la felpa se toma en cuenta el diámetro de esta, el cual es 1100 mm, dicho precio incrementa a medida que aumenta, dicho precio se divide en los metros lineales en los que se distribuye el tramo.

5.4. Valoración integral del costo del proyecto

5.4.1 Presupuesto

De acuerdo con el análisis de precio unitario de los diferentes rubros a intervenir para la ejecución de la metodología sin zanja *Pipe Bursting*, se obtuvo el costo total presentado en la Tabla 5.1.

Tabla 5.3 Presupuesto *Pipe Bursting* - metodología sin Zanja
Fuente: Elaboración propia

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
TRABAJOS PRELIMINARES					
01	Preparación de sitio, replanteo y nivelación de la obra	m2	856.8	\$ 0,99	\$ 848,23
02	Rotura de pavimento rígido en calle metro lineal	ml	68	\$ 7,14	\$ 485,52
03	Excavación de nichos	m3	506.83	\$ 2,29	\$ 1160,64
04	Limpieza de tuberías de la red de alcantarillado	m3	306	\$ 2,39	\$ 731,34
REHABILITACIÓN					
05	Suministro e instalación de tubería PEAD/POLIETILENO Ø1100mm (Termofusión) (in. arena) <i>Pipe Bursting</i>	ml	306	\$ 299.62	\$ 91683,72
06	Inspección CCTV de colectores incluye documentación	m	306	\$ 3,20	\$ 979,20
07	Relleno compactado con comp. manual de nichos de entrada y salida	m3	506.83	\$ 29.61	\$ 15007,24
08	Bacheo asfáltico como reposición de capa de rodadura	m2	6,8	\$ 13,30	\$ 90,44
MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN					
09	Control de polvo	m3	15	\$ 4,40	\$ 66,00
10	Control y monitoreo de ruido	ESTAC	1	\$ 34,97	\$ 34,97
11	Señalización de la zona de trabajo	u	2	\$ 110,55	\$ 221,1
TOTAL					\$ 111 777,08

De acuerdo con el análisis de precio unitario de los diferentes rubros a intervenir para la ejecución de la metodología sin zanja *Pipe Relining*, se obtuvo el costo total presentado en la Tabla 5.2.

Tabla 5.4 Presupuesto *Pipe Relining* - Tecnología sin Zanja
Fuente: Elaboración propia

No.	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
TRABAJOS PRELIMINARES					
01	Preparación de sitio, replanteo y nivelación de la obra	m2	856,8	\$ 0,99	\$ 848,23
02	Inspección CCTV de colectores incluye documentación	m	306	\$ 3,20	\$ 979,20
REHABILITACIÓN					
03	Limpieza de tuberías de la red de alcantarillado	ml	306	\$ 2,39	\$ 731,34
04	Suministro e instalación felpa de poliéster con resina epoxi Ø1100mm <i>Pipe Relining</i>	ml	306	\$ 614,96	\$ 187 994,49
05	Inspección CCTV de colectores incluye documentación	m	306	\$ 3,20	\$ 979,20
MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN					
06	Control y monitoreo de ruido	ESTAC	1	\$ 34,97	\$ 34,97
07	Señalización de la zona de trabajo	u	2	\$ 110,55	\$ 221,1
TOTAL					\$ 191 788,54

5.4.2 Análisis financiero

Es importante conocer los costos por operabilidad del sistema de alcantarillado, dicho valor fue proporcionado por la empresa Interagua. Los costos por operación abarcan los gastos por consumo de electricidad de la estación por lo que dependen directamente del volumen bombeado por la red de alcantarillado sanitario. Por ello, al exceder la capacidad de bombeo por el porcentaje de infiltración existente en la ciudadela, mayor serán los costos por kW. Para el análisis se consideró el volumen por infiltración de la microcuenca Briz Sánchez en las dos épocas del presente año, invierno y seco, debido a las elevadas lecturas de conductividad que se encontraron en algunas cámaras de AASS. También el costo por rehabilitación con ambas tecnologías no convencionales interviene en el análisis de tal forma que permita concluir si la rehabilitación presenta un beneficio a futuro para el cliente.

Tabla 5.5 Costos mensuales por operación de la estación de Bombeo en Briz Sánchez
Fuente: (Interagua, 2023)

ESTACION	MES R13 (Year Month)	VALOR TOTAL A PAGAR
E.B. AASS BRIZ SÁNCHEZ	Jan 2023	359,61
E.B. AASS BRIZ SÁNCHEZ	Feb 2023	573,07
E.B. AASS BRIZ SÁNCHEZ	Mar 2023	531,57
E.B. AASS BRIZ SÁNCHEZ	Apr 2023	529,09
E.B. AASS BRIZ SÁNCHEZ	May 2023	415,25

Tabla 5.6 Análisis de infiltración antes de la rehabilitación
Fuente: Elaboración propia

MES	PRE-REHABILITACION			
	VOLUMEN BOMBEADO	VOLUMEN DE INFILTRACION PROMEDIO	% INFILTRACION PROMEDIO	VOLUMEN INFILTRACION CORREGIDO
INVERNAL	162743	106035	62 %	101458
SECA	132970	75449	57 %	75449

Tabla 5.7 Análisis de infiltración después de la rehabilitación
Fuente: Elaboración propia

MES	POST-REHABILITACION		
	% INFILTRACION	VOLUMEN DE INFILTRACION	VOLUMEN BOMBEADO
INVERNAL	5 %	8137	69422
SECA	5 %	6649	64169

Se realizó un promedio de los costos generados por el sistema para ambas épocas proyectado a una duración de 10 años con la finalidad de estimar el costo a invertir por parte del cliente. Por ende, en el análisis sin la rehabilitación realizada solo se consideran los costos de operación con un alto porcentaje de infiltración en las redes, mientras que para el análisis con la ejecución de la rehabilitación se relacionan los costos de operación con un máximo de 5% de infiltración sumado al costo por el método de rehabilitación.

5.4.2.1 Análisis financiero con *Pipe Bursting*

*Tabla 5.8 Análisis financiero implementando *Pipe Bursting* para época invernal*
Fuente: Elaboración propia

EPOCA INVERNAL	VOLUMEN BOMBEADO [m ³]	COSTO POR OPERACIÓN	COSTO TOTAL DURANTE 10 AÑOS
NO REHABILITADO	162743	\$ 498	\$ 4.983
REHABILITADO	69422	\$ 213	\$ 113.903

*Tabla 5.9 Análisis financiero implementando *Pipe Bursting* para época seca*
Fuente: Elaboración propia

EPOCA SECA	VOLUMEN BOMBEADO[m ³]	COSTO POR OPERACIÓN	COSTO TOTAL DURANTE 10 AÑOS
NO REHABILITADO	132970	\$ 415	\$ 4.153
REHABILITADO	64169	\$ 200	\$ 113.781

5.4.2.2 Análisis financiero con *Pipe Relining CIPP*

*Tabla 5.10 Análisis financiero implementando *Pipe Relining CIPP* para época invernal*
Fuente: Elaboración propia

EPOCA INVERNAL	VOLUMEN BOMBEADO	COSTO POR OPERACIÓN	COSTO TOTAL DURANTE 10 AÑOS
NO REHABILITADO	162743	\$ 498	\$ 4.983
REHABILITADO	69422	\$ 213	\$ 193.914

*Tabla 5.11 Análisis financiero implementando Pipe Relining CIPP para época seca
Fuente: Elaboración propia*

EPOCA SECA	VOLUMEN BOMBEADO	COSTO POR OPERACIÓN	COSTO TOTAL DURANTE 10 AÑOS
NO REHABILITADO	132970	\$ 415	\$ 4.153
REHABILITADO	64169	\$ 200	\$ 193.792

5.5. Cronograma de obra

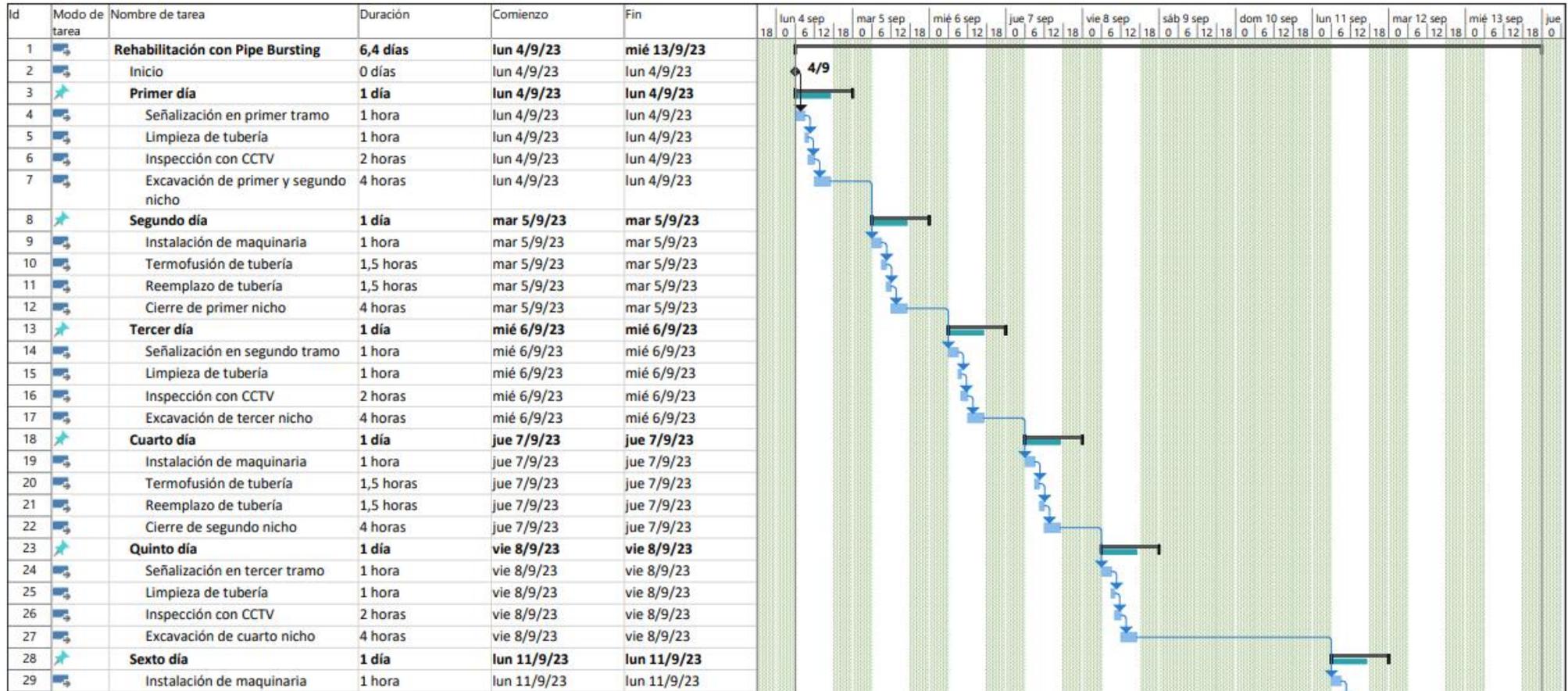


Figura 5.6 Cronograma de obra aplicando *Pipe Bursting*
Fuente: Elaboración propia

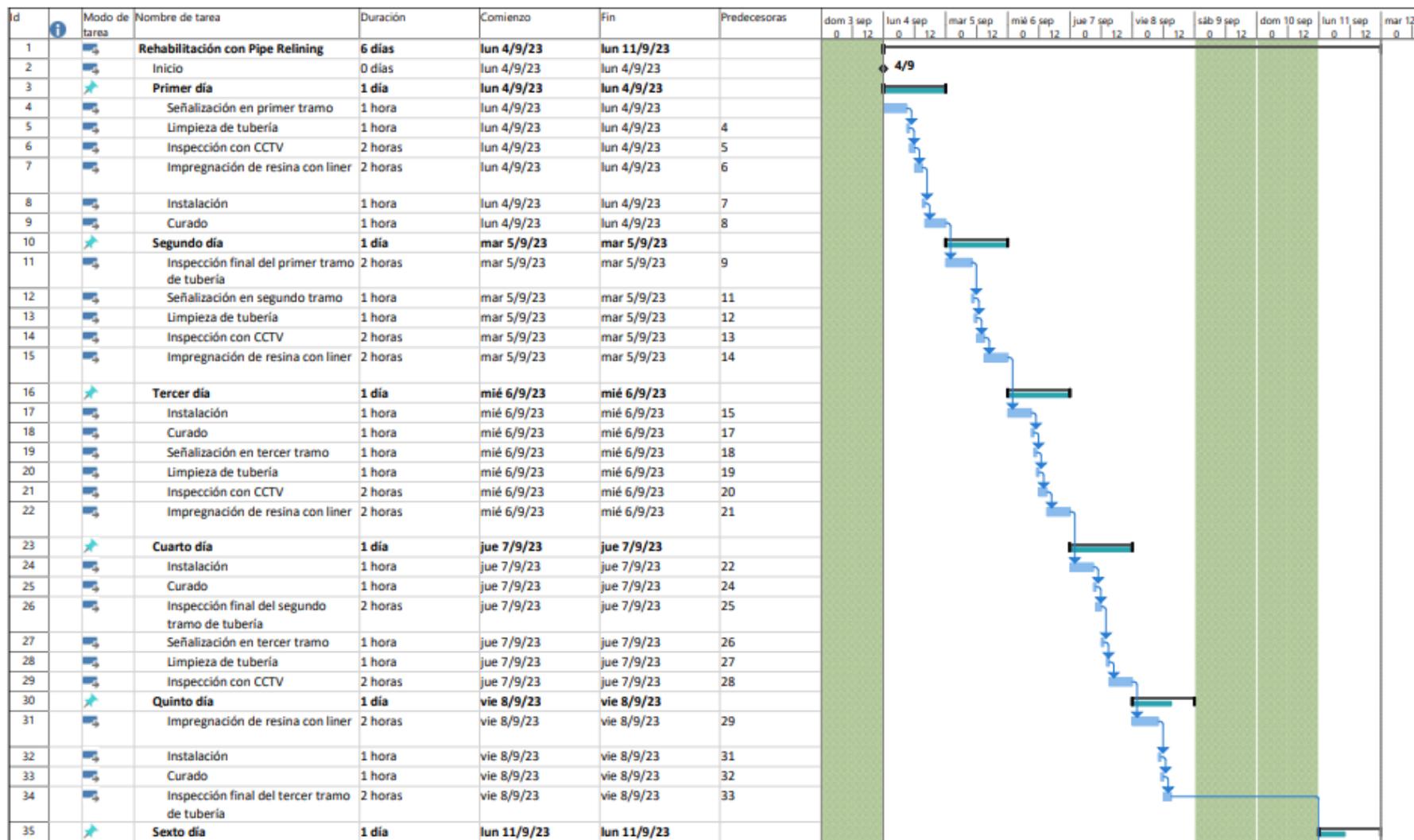


Figura 5.7 Cronograma de obra aplicando *Pipe Relining*
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- Mediante el análisis de caudal de infiltración se denotó que existe mayor sensibilidad en la microcuenca de Briz Sánchez (61 %) que en la de Alborada XIII etapa (54 %), corroborando así lo observado en trabajo en campo, una gran cantidad de infiltraciones e influjos en esa zona, por ende, la sensibilidad de esta fue empeorando progresivamente de acuerdo con los registros climáticos y más aún si en un futuro próximo como es la llegada del Fenómeno El Niño estos daños no se solucionan a la brevedad posible.
- Mediante las inspecciones se comprobó la existencia de múltiples infiltraciones alrededor de toda La Alborada a comparación de las conexiones erradas, el cual fue un problema encontrado en solo una urbanización que no contaba con alcantarillado de aguas lluvias, lo cual es un problema muy fuerte por el alto nivel freático que existe en la ciudad
- Se seleccionó la tecnología *Pipe Bursting* como una solución eficiente y factible de implementar en todos los aspectos ingenieriles, económicos y sostenibles para la población de La Alborada como para el cliente, a su vez, considerando los eventos climáticos pronosticados la ejecución de esta solventa retrasos o limitaciones que pudieran existir en la ejecución de la tecnología convencional o *Pipe Relining*.
- Mediante el análisis presupuestal de ambas tecnologías no convencionales se demostró que la implementación de la metodología *Pipe Bursting* que requiere una inversión de \$ 111.777,08 genera menores costos que la metodología *Pipe Relining* cuyo costo de inversión es \$ 191.788,54 cuando los diámetros de tubería a rehabilitar sobrepasan los 250 mm.
- Tanto la tecnología de *Pipe Relining* como la de *Pipe Bursting* comparten grandes ventajas en el impacto ambiental y técnico, al ser métodos que no generan grandes impactos ambientales en la zona, consiguiendo resultados más rápidos en comparación a la tecnología convencional (Zanja Abierta). Por ello, mediante estas tecnologías no convencionales se cumplen con los objetivos de

sostenibilidad hacia la sociedad como al medio ambiente al asegurar el agua limpia y saneamiento, a la vez genera la innovación de infraestructuras en la industria ingenieril de Guayaquil convirtiéndola así en una ciudad que se direcciona a la sostenibilidad,

6.2. Recomendaciones

- Es importante que las inspecciones consideren las lecturas de conductividad de cada cámara AASS con un mínimo de dos veces, debido a las diferentes variantes que puedan influir en las condiciones del nivel freático en distinta hora del día.
- Para realizar el test de humo se debe tener presente que los colectores a los alrededores deberían estar vacíos en lo posible, de esta forma el humo tiene libre acceso por toda la línea de tubería, esto se puede lograr conociendo el tiempo en que sube y baja la marea.
- Para futuros trabajos investigativos se debería empezar un control de precipitaciones y niveles de marea a mayor profundidad, es decir, registros continuos que permitan determinar volúmenes de infiltración y conexiones erradas por separado.
- Se debería considerar la actualización de las normativas ecuatorianas de construcción en donde se permita un apartado de especificaciones técnicas y parámetros de diseño de nuevas tecnologías no convencionales sostenibles que faciliten al gremio de ingenieros implementarlas como lo ha realizado la normativa colombiana.
- Para la comunidad ingenieril es necesario tener responsabilidad con la población a la que se está destinando alguna obra de construcción porque existen casos donde la recepción de obra pierde su función y en años posteriores se encuentran problemas de operabilidad debido a fallas que pudieron haberse prevenido y, con ello, la incomodidad a los usuarios.

BIBLIOGRAFÍA

- Acueducto de Bogotá. (2022). *NS 167 y NS 168 Criterios de diseño y construcción Pipe Bursting Versión 1*. Evento de socialización normas técnicas de Pipe Bursting NS-167 y NS-168
- Alzate, F. S. (2002). *Causas y consecuencias de las conexiones erradas en el canal*. BOGOTA: Universidad de La Salle, Bogotá.
- Aguirre, M. U., Solano, J., García, A., López, D., Carrión, P., Segarra, C., & Yamunaqué, L. (2018). EVALUATION OF ENVIRONMENTAL IMPACT ON ARCHITECTURAL HERITAGE THROUGH APPLICATION THE LEOPOLD MATRIX AS A POSSIBLE INTERDISCIPLINARY MONITORING SYSTEM. *ASRI- Arte y Sociedad. Revista de Investigación*, 14, 17–34. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6266256.pdf>
- ASTM international. (2018). *ASTM D1248-16 Standard Specification for Polyethylene Plastics Extrusion Materials for Wire and Cable*. <https://www.astm.org/d1248-16.html>
- Blanco S, H. A., De Williams, M. L., Velezmoro, A. C., & Aguilar, V. H. (2014). *CONSUMO DE AGUA EN ACTIVIDADES DOMÉSTICAS. CASO DE ESTUDIO: ESTUDIANTES DE LA ASIGNATURA SANEAMIENTO AMBIENTAL DE LA UCV WATER CONSUMED BY DOMESTIC ACTIVITIES. CASE STUDY: STUDENTS OF ENVIRONMENTAL SANITATION COURSE UCV* (Vol. 29, Number 1).
- (CIDTA), C. d. (s.f.). *U4: Instalación de tuberías enterradas y aéreas. S5: Montaje de la tubería*. Obtenido de cidta.usal.es
- Dirección de planificación Urbana, P. y O. T.-A. de G. (2020). *Plan de Uso y Gestión del suelo del cantón Guayaquil*. <https://www.guayaquil.gob.ec/wp-content/uploads/Documentos/PDN/2021-07-27%20Borrador-PUGS-GYE.pdf>
- Donoso Chiriboga, P. (2022). *ACUERDOMINISTERIALNo.MDT-2022-216* (pp. 1–3). <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2022/11/MDT-2022-216-ACUERDO-MINISTERIAL-SBU-2023-30.11.2022-signed.pdf?x42051>
- E&E Construcción. (2018). *Tubería polimérica curada en sitio*.
- Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil, E.-E. (2015). *Anexo-Especificaciones-RE-CHALA-18112015*. En *Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Guayaquil, EMAPAG-EP*. <https://www.emapag-ep.gob.ec/emapag/wp-content/uploads/2016/02/Anexo-Especificaciones-RE-CHALA-18112015.pdf>

- EPA SALES. (2023). *HURCO RIPCORDER SMOKER*.
https://www.epasales.com/products/smoke_testing_equipment/1252505310
- Esplana Matamoros, M. (2018). *DEFICIENCIA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL PROYECTO LIMA NORTE II Y VENTAJAS DEL SISTEMA "PIPE BURSTING"* [Tesis Pregrado, Universidad Peruana de los Andes]. <https://hdl.handle.net/20.500.12848/530>
- GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DEL CANTÓN GUAYAQUIL. (2021). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) cantón Guayaquil*. <https://www.guayaquil.gob.ec/wp-content/uploads/Documentos/PDN/2021-07-27%20Borrador-PDOT-GYE.pdf>
- Hashemi, S. B. (2008). *CONSTRUCTION COST OF UNDERGROUND INFRASTRUCTURE RENEWAL: A COMPARISON OF TRADITIONAL OPEN-CUT AND PIPE BURSTING TECHNOLOGY*.
- Hidroar S.A. (2015). *Metodología para el Cálculo de las Matrices Ambientales Metodología para el Cálculo de las Matrices Ambientales*. <http://www.ambiente.chubut.gov.ar/wp-content/uploads/2015/01/Metodolog%C3%ADa-para-el-Calculo-de-las-Matrices-Ambientales.pdf>
- I Care Environnement. (2018). *Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Guayaquil*. Corporación Andina de Fomento. <https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1276/Vulnerabilidad%20Guayaquil.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Interagua. (2023). *Costos de operación de la estación de bombeo Briz Sánchez*. Guayaquil.
- Interagua. (2023). *Registro de lecturas de pluviómetro, nivel de marea (IGM) y tiempo de bombeo de las microcuencas Briz Sánchez y Alborada XIII etapa*.
- iwia. (2023). *iwia Productos & Equipamiento Hidráulico*. www.iwia.ec
- Levlin, E. (s. f.). *CONDUCTIVITY MEASUREMENTS FOR CONTROLLING MUNICIPAL WASTE-WATER TREATMENT*. Recuperado 23 de junio de 2023, de <http://mx1.energiomiljo.org/kth/Polishproject/rep15/ConductV15.pdf>
- Maker, A., Shen, K., & Evans, T. (2012). Cost Effectiveness of Inflow/Infiltration Remedial Works. *CEED Seminar Proceedings 2012*, 109–115. <https://ceed.wa.edu.au/wp-content/uploads/2017/02/Cost-Effectiveness-of-Inflow-Infiltration-Remedial-Works-Maker.pdf>

- Naranjo Calvo, V. O. (2023). *HUELLA DE CARBONO DE LA INSTALACIÓN Y/O RENOVACIÓN Y/O REHABILITACIÓN DE TUBERÍAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO: ZANJA ABIERTA VS. TECNOLOGÍAS SIN ZANJA* [Tesis Maestría]. Universidad de los Andes.
- MOLE. (2017). *MOLE Tecnología sin zanja*. Obtenido de www.mole.cl
- Reguero, B. G., Losada, I. J., Díaz-Simal, P., Méndez, F. J., & Beck, M. W. (2015). Effects of Climate Change on Exposure to Coastal Flooding in Latin America and the Caribbean. *PLOS ONE*, *10*(7), e0133409. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133409>
- Sánchez, J. (2022). *Análisis cualitativo y cuantitativo del método Pipe Bursting, para la renovación de redes de alcantarillado, considerando su implementación en el distrito de los Olivos*. Lima.
- Santamaría Alzate, F. (2002). *Causas y consecuencias de las conexiones erradas en el canal Córdoba* (pp. 1–134). https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2732&context=ing_ambiental_sanitaria
- SENPLADES. (2015). *Agenda Zonal, Zona 8 - Guayaquil, Samborondón y Durán*.
- Simicevic, & Sterling. (2001). *Guidelines for Pipe Bursting*.
- The International Pipe Bursting Association (IPBA). (2012). *Guideline for Pipe Bursting the International Pipe Bursting Association (IPBA)*. <https://www.hammerheadtrenchless.com/sites/default/files/IPBA%20General%20Specifications%20for%20Pipe%20Bursting.pdf>
- TRELTEC INGENIERIA LTDA. (s.f.). *Pipe Bursting (P.B.)*. www.treltec.com
- Veolia. (2023). *Archivo shapefile de la red de alcantarillado de la microcuenca Briz Sánchez y Alborada XIII etapa*. Guayaquil.
- Vinayak Kaushal, M. N., & Serajiantehrani, R. (2020). *SANITARY SEWER CONSTRUCTION COST*. Texas: ISEC Press

PLANOS Y ANEXOS



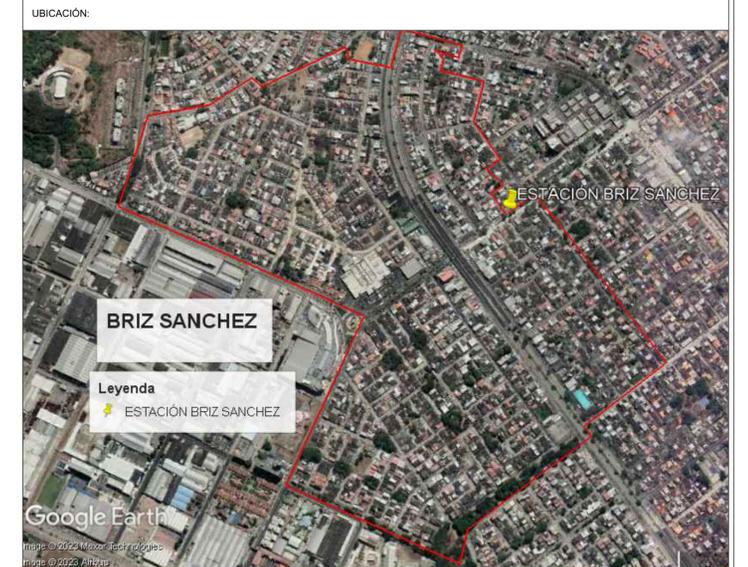
ID TUBERÍA	DIÁMETRO NOMINAL	LONGITUD DE LA TUBERÍA	ALTURA INVERT INICIAL	ALTURA INVERT FINAL
48404	300	48.14	3.33	3.43
48405	400	78.25	4.36	4.30
226896	250	37.15	2.06	2.21
227421	300	41.00	2.51	2.56
45489	200	36.45	-	-
43722	200	60.40	1.52	-
263324	1100	100.70	4.12	3.39
263196	1100	103.30	5.77	4.10
263197	1100	102.00	6.03	5.70
912757	1100	33.8	5.55	6.10
912826	1100	83.5	4.24	4.94
43588	200	87.5	-	1.17

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:
Análisis de infiltración, identificación de conexiones erradas y selección de tecnologías convencionales y no convencionales para la rehabilitación de las redes de alcantarillado sanitario de la ciudadela Alborada

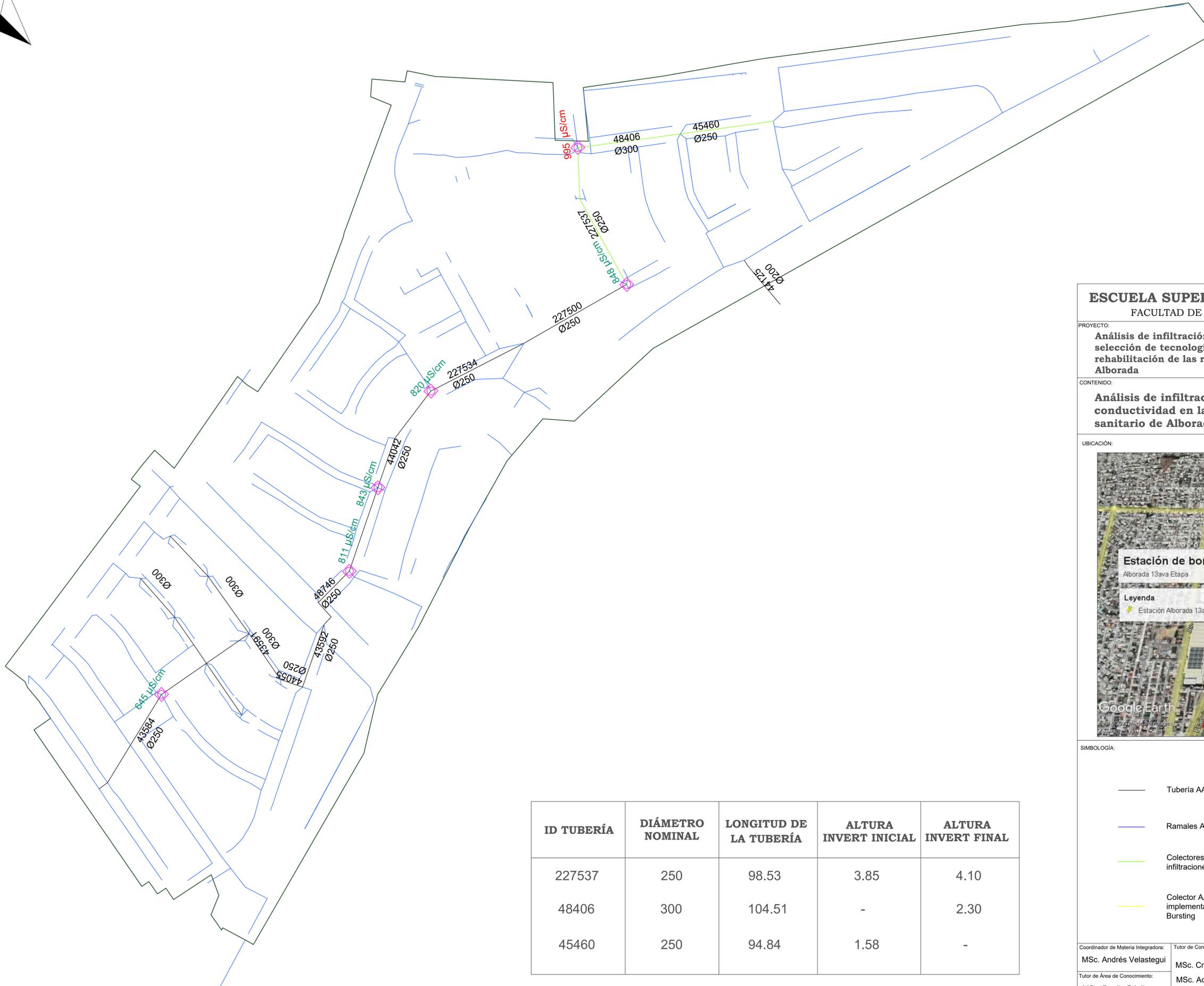
CONTENIDO:
Análisis de infiltración a través de mediciones de conductividad en las cámaras AASS de la red de alcantarillado sanitario de Briz Sánchez



SIMBOLOGÍA:

	Tubería AASS		Cámara AASS
	Ramales AASS		µS/cm Conductividad alta en cámara AASS
	Colectores AASS con infiltraciones		µS/cm Conductividad normal en cámara AASS
	Colector AASS implementando Pipe Bursting		##### ID de tubería Ø mm diámetro de tubería

Coordinador de Materia Integradora: MSc. Andrés Velastegui	Tutor de Conocimientos Específicos: MSc. Cristian Salas	Estudiantes: Diego Asanza Moreira Leonela García Jiménez	Fecha de entrega: 25 - 08 - 2023
Tutor de Área de Conocimiento: MSc. Danilo Dávila	MSc. Adriana Valarezo	Lámina: 1/5	Escala:

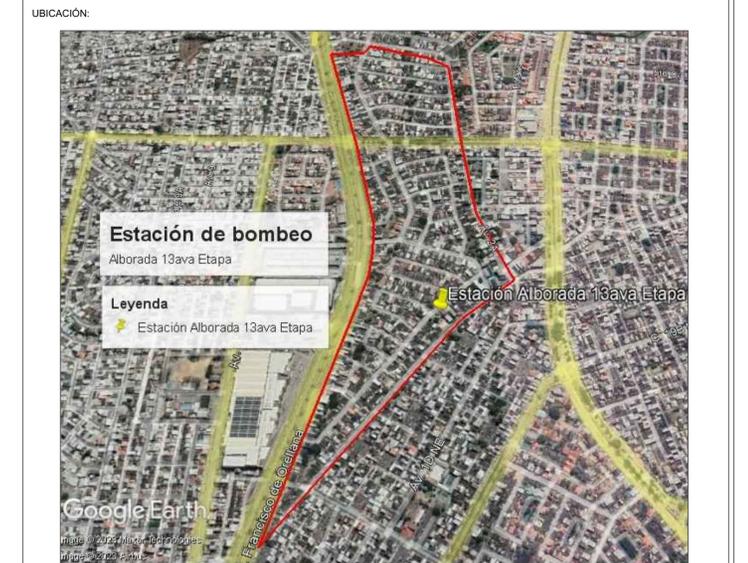


ID TUBERÍA	DIÁMETRO NOMINAL	LONGITUD DE LA TUBERÍA	ALTURA INVERT INICIAL	ALTURA INVERT FINAL
227537	250	98.53	3.85	4.10
48406	300	104.51	-	2.30
45460	250	94.84	1.58	-

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:
Análisis de infiltración, identificación de conexiones erradas y selección de tecnologías convencionales y no convencionales para la rehabilitación de las redes de alcantarillado sanitario de la ciudadela Alborada

CONTENIDO:
Análisis de infiltración a través de mediciones de conductividad en las cámaras AASS de la red de alcantarillado sanitario de Alborada 13ava Etapa



SIMBOLOGÍA:

	Tubería AASS		Cámara AASS
	Ramales AASS		µS/cm Conductividad alta en cámara AASS
	Colectores AASS con infiltraciones		µS/cm Conductividad normal en cámara AASS
	Colector AASS implementando Pipe Bursting		##### ID de tubería Ø mm diámetro de tubería

Coordinador de Materia Integradora: MSc. Andrés Velastegui	Tutor de Conocimientos Específicos: MSc. Cristian Salas	Estudiantes: Diego Asanza Moreira Leonela García Jiménez	Fecha de entrega: 25 - 08 - 2023
Tutor de Área de Conocimiento: MSc. Danilo Dávila	MSc. Adriana Valarezo	Lámina: 2/5	Escala:



ID CAMARA	COTA INVERT	COTA DE TAPA
2144	-	-
1947	-	-
1951	4.52	5.34
1953	- 0.04	4.16
2082	-	-
2070	2.63	3.77
1934	-	-

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:
Análisis de infiltración, identificación de conexiones erradas y selección de tecnologías convencionales y no convencionales para la rehabilitación de las redes de alcantarillado sanitario de la ciudadela Alborada

CONTENIDO:
Identificación de conexiones erradas a través de la prueba de humo en las cámaras AASS de la red de alcantarillado sanitario de Briz Sánchez

UBICACIÓN:



SIMBOLOGÍA:

	Cámara sin novedades		Colectores AASS
	Rehabilitación de cámara		Ramales AASS
	Presencia de infiltración por la superficie		ID de cámara
	Influjos		

Coordinador de Materia Integradora: MSc. Andrés Velastegui	Tutor de Conocimientos Específicos: MSc. Cristian Salas	Estudiantes: Diego Asanza Moreira Leonela García Jiménez	Fecha de entrega: 25 - 08 - 2023
Tutor de Área de Conocimiento: MSc. Danilo Dávila	MSc. Adriana Valarezo	Lámina: 3/5	Escala:



ID TUBERÍA	COTA INVERT	COTA DE TAPA
769558	2.4889	4.3189
1773	1.5125	4.2125
2284	0.425	3.675

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:
Análisis de infiltración, identificación de conexiones erradas y selección de tecnologías convencionales y no convencionales para la rehabilitación de las redes de alcantarillado sanitario de la ciudadela Alborada

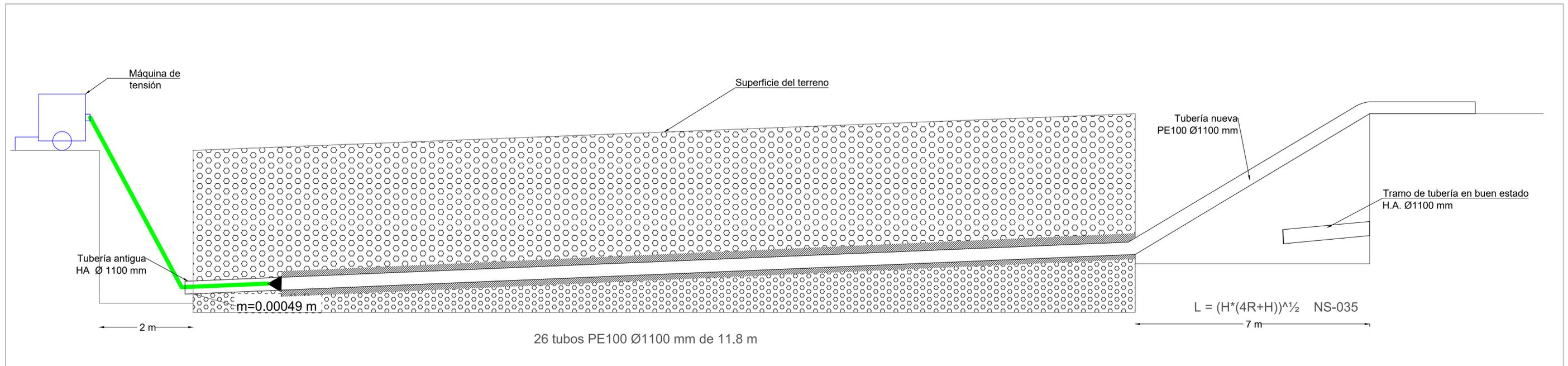
CONTENIDO:
Identificación de conexiones erradas a través de la prueba de humo en las cámaras AASS de la red de alcantarillado



SIMBOLOGÍA:

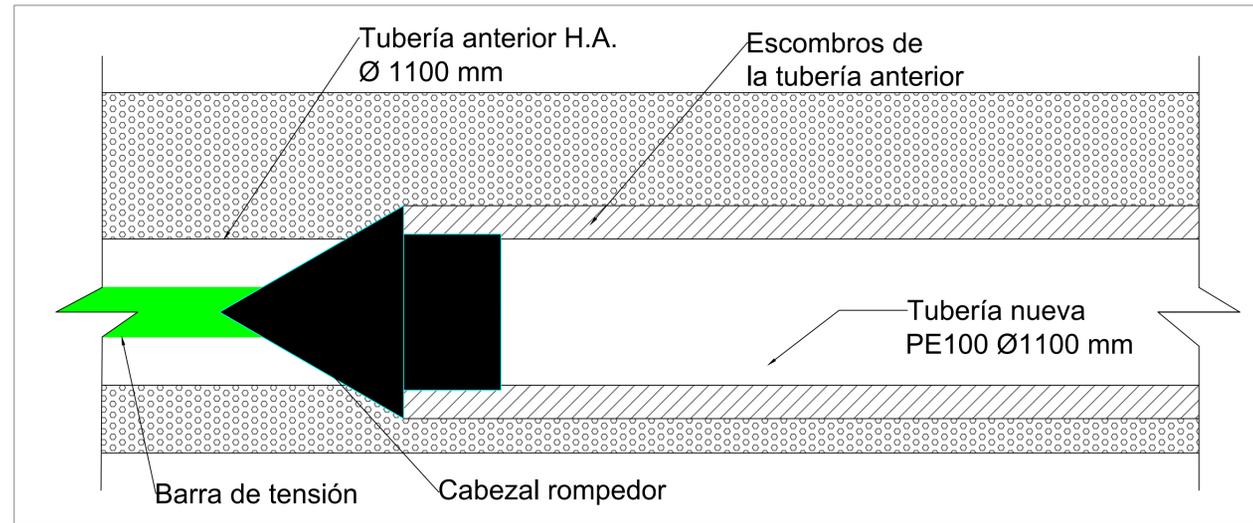
	Cámara sin novedades		Colectores AASS
	Rehabilitación de cámara		Ramales AASS
	Presencia de infiltración por la superficie		ID de cámara
	Influjos		

Coordinador de Materia Integradora: MSc. Andrés Velastegui	Tutor de Conocimientos Específicos: MSc. Cristian Salas	Estudiantes: Diego Asanza Moreira Leonela García Jiménez	Fecha de entrega: 25 - 08 - 2023
Tutor de Área de Conocimiento: MSc. Danilo Dávila	MSc. Adriana Valarezo	Lámina: 4/5	Escala:

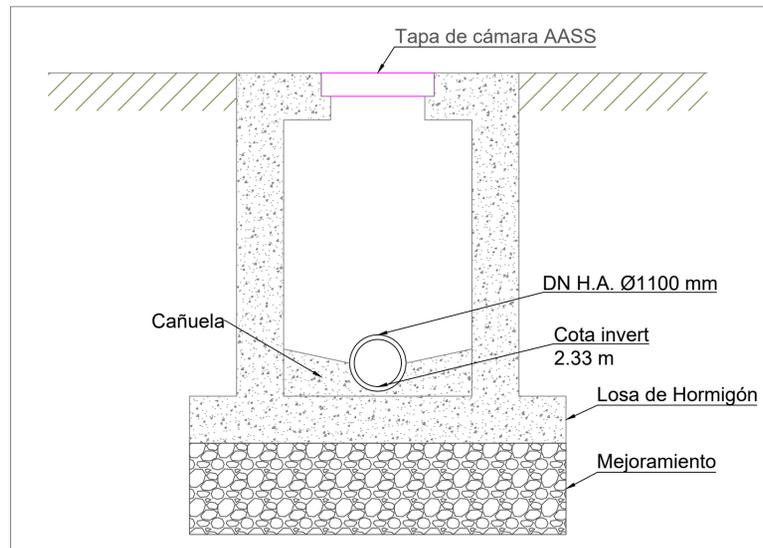


CORTE LONGITUDINAL

ID TUBERÍA	DIÁMETRO NOMINAL	LONGITUD DE EXCAVACIÓN AL INGRESO DE LA TUBERÍA
48404	300	$(H*(80*DN+H))^{1/2}$
48405	400	
226896	250	
227421	300	
45489	200	
43722	200	
263124	1100	
263196	1100	
263197	1100	
912757	1100	
912896	1100	
43588	200	
227537	250	
48406	300	



CORTE LONGITUDINAL DEL FUNCIONAMIENTO DE PIPE BURSTING



CORTE TRANSVERSAL

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
PROVEEDOR DE MATERIAL: TIGRE	
<ul style="list-style-type: none"> - Para diámetro nominal inferior o igual a 110 mm se despacha en rollos de 50 m o 100 m. - Para diámetro nominal superior a 110 mm se despacha por barras de acuerdo a la especificación del proyecto 	
CERTIFICACIONES:	
ISO 9001:2015	Calidad en la recepción de materia prima y entrega de producto terminado
ISO/IEC 17025:2015	Garantiza la competencia y confianza en la ejecución de los ensayos.
ISO 14001:2015	Gestión en el medio ambiente.
OHSAS 18001:2007	Gestión en seguridad
BENEFICIOS:	CARACTERÍSTICAS:
<ul style="list-style-type: none"> - Alta flexibilidad y resistencia mecánica - Bajo coeficiente de rugosidad hidráulico - Resistencia a la corrosión - Facilidad de manipulación y montaje por su bajo peso - Resistencia a la abrasión - Vida útil mínima de 50 años 	<ul style="list-style-type: none"> - Norma de calidad INEN 1744 - Vida útil mínima de 50 años - Radio de curvatura para PE100 es 20DN de la tubería - Presiones nominales de 6 a 16 kgf/cm (PN6 PN16)

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PROYECTO:
Análisis de infiltración, identificación de conexiones erradas y selección de tecnologías convencionales y no convencionales para la rehabilitación de las redes de alcantarillado sanitario de la ciudadela Alborada

CONTENIDO:
Aplicación de la tecnología no convencional Pipe Bursting para la rehabilitación de la red de alcantarillado sanitario

UBICACIÓN:



SIMBOLOGÍA:	
	Tubería AASS
	Torpedo Rompedor
	Equipo neumático
	Barras de acero de tensionamiento

Coordinador de Materia Integradora: MSc. Andrés Velastegui	Tutor de Conocimientos Específicos: MSc. Cristian Salas	Estudiantes: Diego Asanza Moreira Leonela García Jiménez	Fecha de entrega: 25 - 08 - 2023
Tutor de Área de Conocimiento: MSc. Danilo Dávila	MSc. Adriana Valarezo	Lámina: 5/5	Escala:

ANEXOS

Análisis de la estación de bombeo Briz Sánchez en junio 2022

FECHA	B1 [m3]	B3 [m3]	V bombeo [m3]	IGM [m]	Precipitación [mm]
1/6/2022	730,98	322,74	1054	0,379	0,10
2/6/2022	786,60	500,34	1287	0,330	0,72
3/6/2022	527,70	614,76	1142	0,322	0,42
4/6/2022	728,34	1460,58	2189	0,289	0,00
5/6/2022	767,04	1406,58	2174	0,272	0,68
6/6/2022	761,70	793,38	1555	0,267	0,12
7/6/2022	710,82	982,74	1694	0,255	0,35
8/6/2022	772,56	686,34	1459	0,283	1,53
9/6/2022	752,22	973,44	1726	0,294	0,00
10/6/2022	715,62	794,04	1510	0,417	0,41
11/6/2022	761,10	610,86	1372	0,479	0,50
12/6/2022	758,04	90,24	848	0,489	0,45
13/6/2022	755,64	1289,82	2045	0,467	1,23
14/6/2022	786,66	218,58	1005	0,441	0,60
15/6/2022	825,96	1601,58	2428	0,485	0,20
16/6/2022	785,58	1250,82	2036	0,486	0,18
17/6/2022	754,68	59,70	814	0,471	0,61
18/6/2022	728,16	2516,16	3244	0,393	0,05
19/6/2022	729,84	2710,08	3440	0,369	0,29
20/6/2022	770,22	894,18	1664	0,246	0,21
21/6/2022	747,18	191,82	939	0,246	0,59
22/6/2022	747,06	178,44	926	0,273	0,15
23/6/2022	744,66	1084,74	1829	0,296	0,38
24/6/2022	743,46	969,36	1713	0,331	0,26
25/6/2022	771,12	85,92	857	0,336	0,36
26/6/2022	733,26	268,56	1002	0,253	0,99
27/6/2022	727,74	308,94	1037	0,311	0,00
28/6/2022	729,00	302,34	1031	0,329	0,26
29/6/2022	763,20	329,10	1092	0,338	0,91
30/6/2022	732,24	1537,98	2270	0,203	0,23

Análisis de la estación de bombeo Briz Sánchez en enero 2023

FECHA	B1 [m3]	B3 [m3]	V bombeo [m3]	IGM [m]	Precipitación [mm]
1/1/2023	601,74	1597,08	2199	0,133	0,00
2/1/2023	475,68	1997,70	2473	0,232	0,00
3/1/2023	457,38	2406,06	2863	0,206	0,00
4/1/2023	279,12	3665,10	3944	0,167	0,00
5/1/2023	488,40	2677,74	3166	0,246	0,00
6/1/2023	493,20	2455,38	2949	0,200	0,00
7/1/2023	505,92	2428,44	2934	0,257	0,00
8/1/2023	486,30	2451,90	2938	0,332	0,00
9/1/2023	815,28	2427,12	3242	0,179	4,26
10/1/2023	658,92	2659,56	3318	0,297	2,02
11/1/2023	679,50	2400,12	3080	0,314	0,00
12/1/2023	702,36	2050,20	2753	0,274	0,87
13/1/2023	444,78	2718,18	3163	0,216	0,00
14/1/2023	434,40	3136,14	3571	0,189	27,69
15/1/2023	557,28	2538,00	3095	0,181	3,64
16/1/2023	540,96	2395,62	2937	0,200	0,00
17/1/2023	519,96	2273,28	2793	0,240	0,00
18/1/2023	573,36	2555,04	3128	0,244	0,16
19/1/2023	555,30	3902,10	4457	0,244	11,98
20/1/2023	0,00	2906,64	2907	0,328	0,00
21/1/2023	0,00	2804,76	2805	0,374	0,00
22/1/2023	0,00	2896,68	2897	0,462	0,00
23/1/2023	0,00	3497,94	3498	0,610	0,00
24/1/2023	0,00	3119,28	3119	0,666	0,00
25/1/2023	1305,12	2735,64	4041	0,618	0,00
26/1/2023	528,42	3816,72	4345	0,452	3,97
27/1/2023	307,02	3468,78	3776	0,422	0,16
28/1/2023	315,42	3273,30	3589	0,330	13,02
29/1/2023	1042,50	3939,18	4982	0,43	9,18
30/1/2023	1272,54	2867,82	4140	0,29	2,13
31/1/2023	748,86	3595,92	4345	0,24	1,20

Análisis de la estación de bombeo Briz Sánchez en marzo 2023

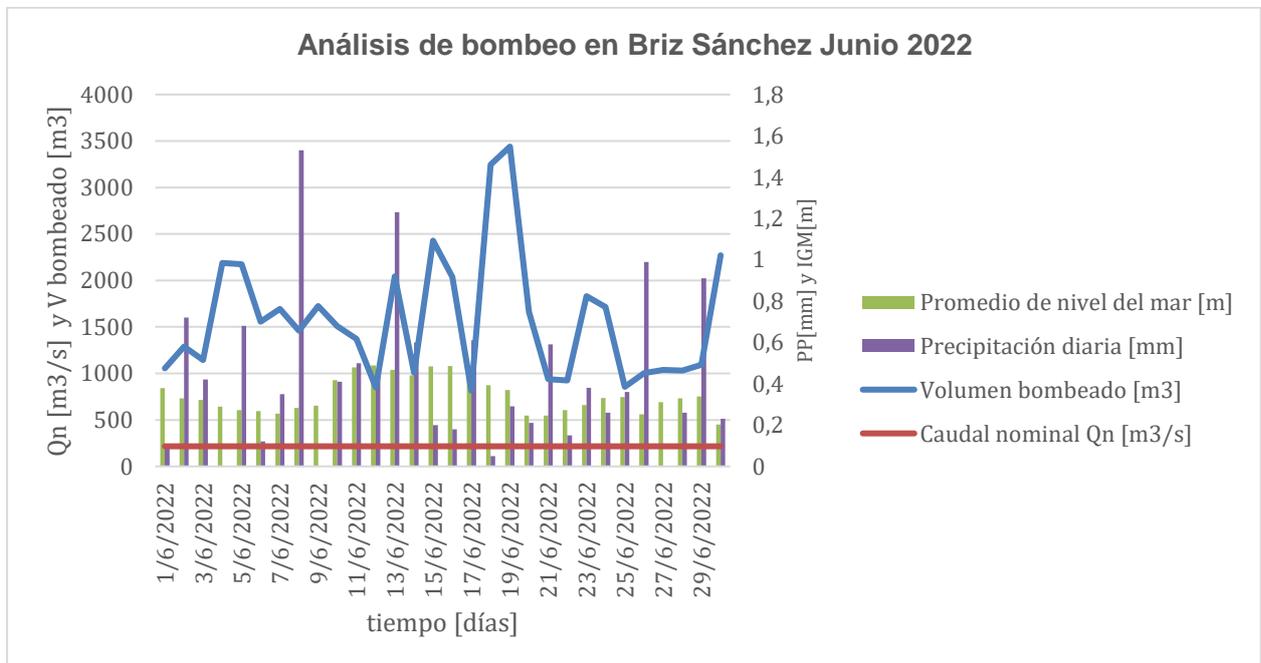
FECHA	B1 [m3]	B3 [m3]	V bombeo [m3]	IGM [m]	Precipitación [mm]
1/3/2023	639,18	3442,8	4082	0,33	0,00
2/3/2023	673,44	3336,48	4010	0,48	9,41
3/3/2023	1133,16	3209,64	4343	0,33	1,80
4/3/2023	569,22	3316,26	3885	0,75	0,07
5/3/2023	736,62	3766,62	4503	0,50	11,69
6/3/2023	5059,26	5231,7	10291	0,56	47,43
7/3/2023	4073,58	2764,08	6838	0,45	47,69
8/3/2023	5328,78	5314,5	10643	0,85	147,98
9/3/2023	5212,02	5212,02	10424	0,87	23,75
10/3/2023	4726,32	4262,46	8989	0,85	4,80
11/3/2023	5245,08	124,14	5369	0,79	2,21
12/3/2023	5203,2	0	6008	1,12	0,00
13/3/2023	4800,24	0	7890	0,53	36,62
14/3/2023	4504,26	805,02	8867	0,85	56,87
15/3/2023	1680,6	3089,94	4815	0,40	0,00
16/3/2023	1048,26	4362,6	4564	0,19	2,10
17/3/2023	2343	3134,82	5939	0,58	25,96
18/3/2023	912,36	3515,4	4833	0,72	0,00
19/3/2023	1038,36	3595,5	2898	0,88	0,00
20/3/2023	1247,88	3920,28	4069	0,99	5,24
21/3/2023	3151,02	1859,64	5747	0,92	0,71
22/3/2023	2621,7	2820,84	7804	1,01	27,00
23/3/2023	5107,74	2596,32	8383	1,19	186,72
24/3/2023	5181,96	5181,96	9229	0,97	3,72
25/3/2023	4230,12	3274,86	8916	0,96	8,54
26/3/2023	2301,9	4046,94	4341	0,73	2,68
27/3/2023	4928,4	4685,94	7823	0,81	55,28
28/3/2023	3755,88	2039,16	8132	0,58	0,38
29/3/2023	2355,96	2894,46	6122	0,55	59,93
30/3/2023	2082,48	4376,58	2082	0,50	19,27
31/3/2023	2244,96	3766,38	2245	0,54	8,67

Análisis de la estación de bombeo Briz Sánchez en abril 2023

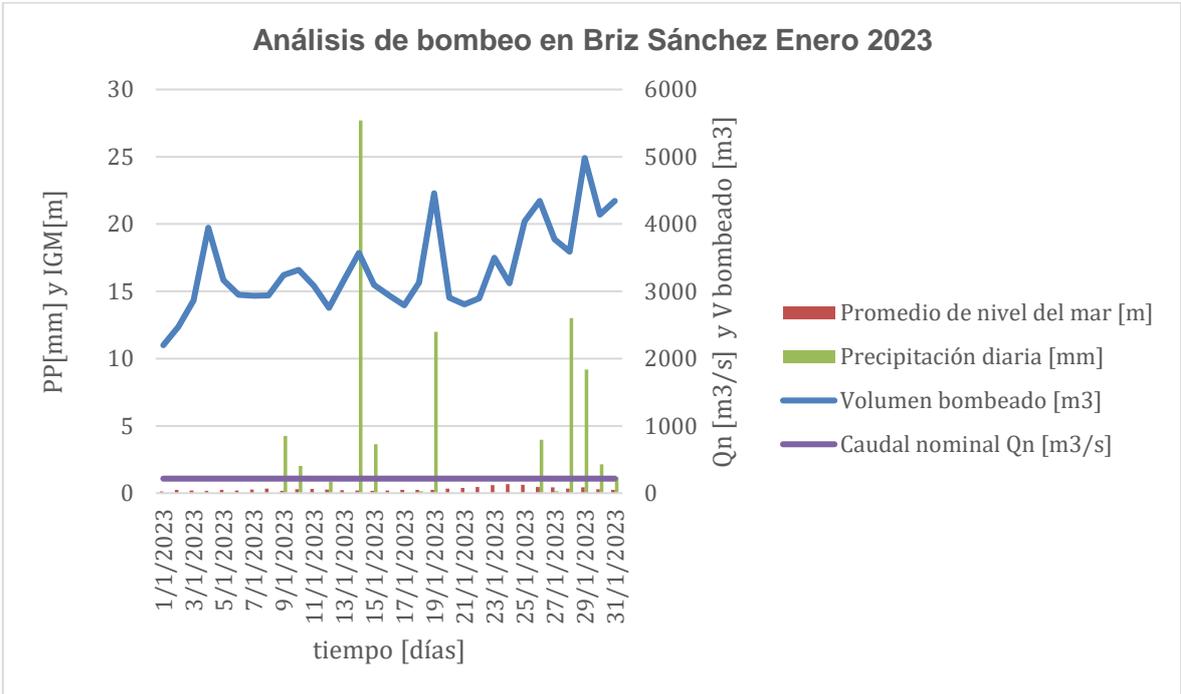
FECHA	B1 [m3]	B3 [m3]	V bombeo [m3]	IGM [m]	Precipitación [mm]
1/4/2023	2249,04	2845,68	5095	0,64	2,12
2/4/2023	259,86	4338,00	4598	0,65	2,00
3/4/2023	2007,84	4065,72	6074	0,75	34,93
4/4/2023	5186,76	5186,76	10374	0,82	26,79
5/4/2023	4023,60	3661,02	7685	0,87	28,31
6/4/2023	4767,00	4816,92	9584	0,90	22,90
7/4/2023	3770,94	3076,50	6847	0,95	4,36
8/4/2023	1861,32	4152,96	6014	2,01	0,00
9/4/2023	3487,14	2390,88	5878	0,78	0,00
10/4/2023	1528,74	4091,70	5620	0,82	2,89
11/4/2023	2595,42	3505,14	6101	0,87	18,36
12/4/2023	3829,38	2226,06	6055	0,99	3,08
13/4/2023	851,16	4147,98	4999	0,80	1,44
14/4/2023	4077,18	1733,58	5811	0,59	16,68
15/4/2023	1987,56	3848,10	5836	0,76	17,79
16/4/2023	5384,04	5384,04	10768	0,82	82,97
17/4/2023	5234,82	5234,82	10470	0,96	5,98
18/4/2023	3723,48	3460,20	7184	0,99	0,00
19/4/2023	4356,36	2404,50	6761	1,14	0,17
20/4/2023	2443,86	4367,94	6812	1,00	15,53
21/4/2023	2179,44	3844,74	6024	1,07	2,13
22/4/2023	1869,90	4207,68	6078	0,99	20,73
23/4/2023	2416,14	3436,50	5853	0,90	10,02
24/4/2023	701,70	4259,46	4961	0,86	0,00
25/4/2023	302,76	4161,48	4464	0,88	1,72
26/4/2023	538,68	4273,26	4812	0,81	5,27
27/4/2023	1815,12	4491,72	6307	0,73	85,25
28/4/2023	4120,92	3037,20	7158	0,69	1,87
29/4/2023	2331,06	3182,76	5514	0,66	26,85
30/4/2023	2661,72	2252,04	4914	0,81	7,52

Análisis de la estación de bombeo Briz Sánchez en mayo 2023

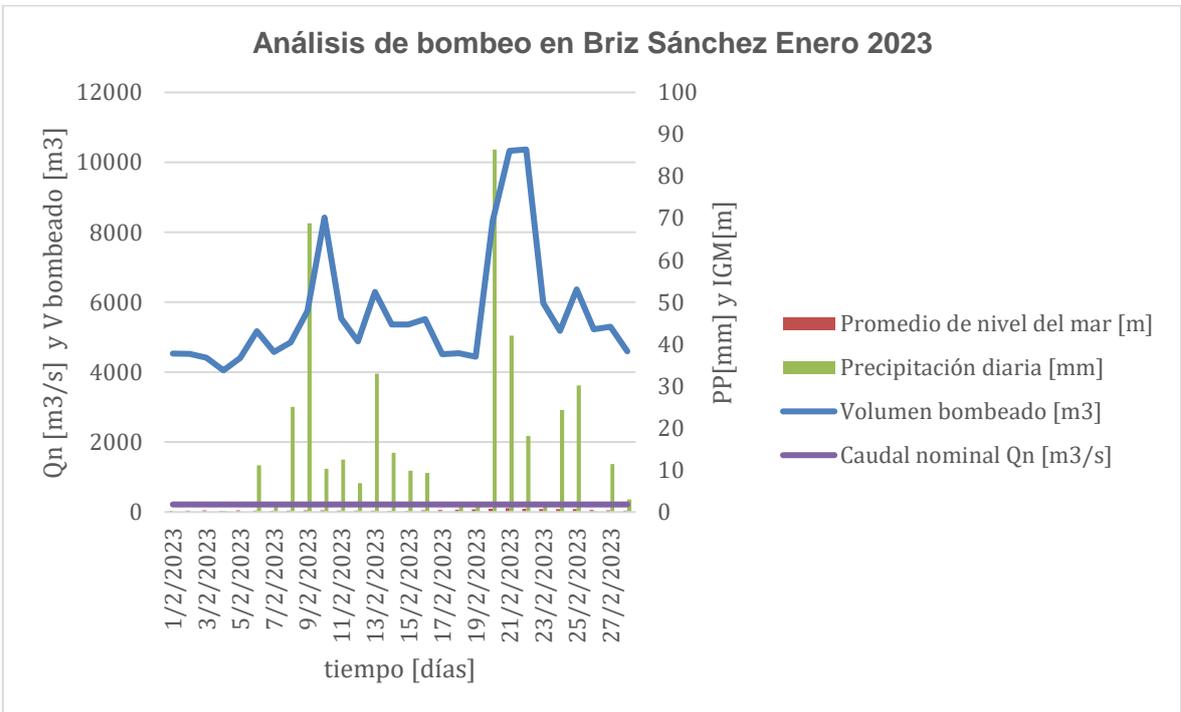
FECHA	B1 [m3]	B3 [m3]	V bombeo [m3]	IGM [m]	Precipitación [mm]
1/5/2023	1711,32	3272,28	4984	0,86	7,61
2/5/2023	456,12	4165,44	4622	0,87	0,00
3/5/2023	462,96	4049,16	4512	0,94	0,00
4/5/2023	791,58	3795,00	4587	0,90	0,25
5/5/2023	1000,98	3657,42	4658	0,91	0,81
6/5/2023	1173,90	3675,90	4850	0,96	0,00
7/5/2023	1353,18	3390,48	4744	0,91	0,10
8/5/2023	1368,66	3805,14	5174	0,97	0,51
9/5/2023	1175,58	2990,04	4166	0,99	0,29
10/5/2023	1504,68	2511,24	4016	0,83	7,36
11/5/2023	1437,00	2582,22	4019	0,78	1,35
12/5/2023	164,76	4064,76	4230	0,72	0,00
13/5/2023	221,46	3770,22	3992	0,80	0,00
14/5/2023	255,66	3466,62	3722	0,78	7,45
15/5/2023	238,80	3650,34	3889	0,76	0,00



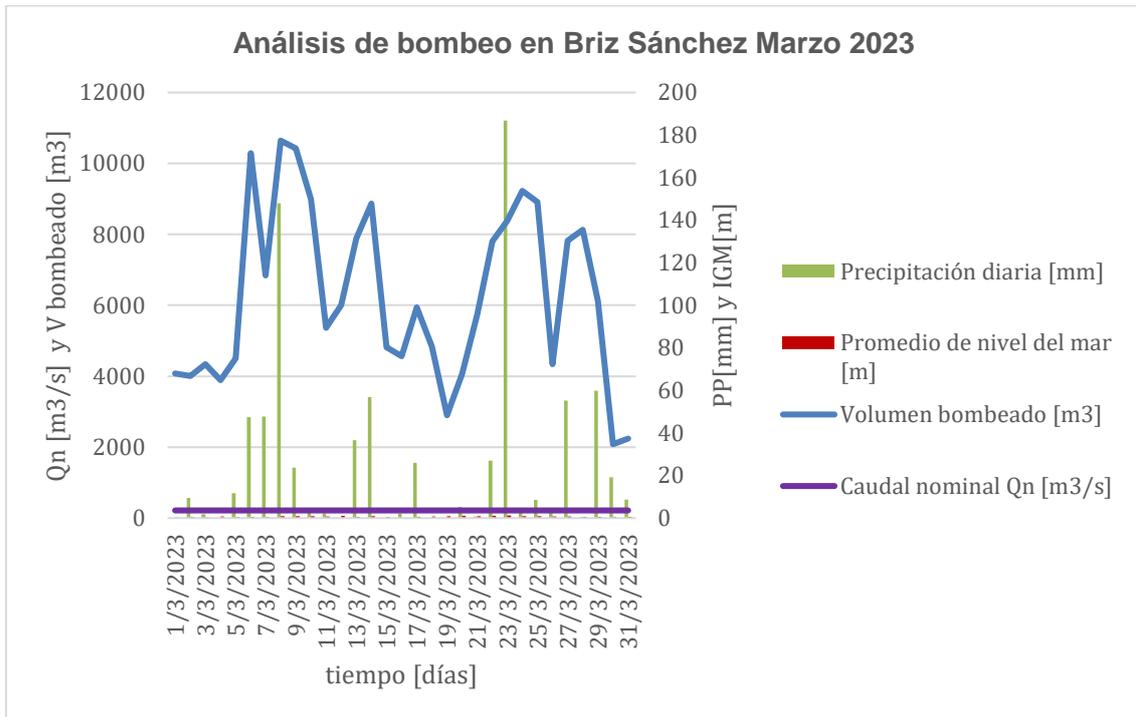
Análisis de la estación de bombeo Briz Sánchez en junio 2022



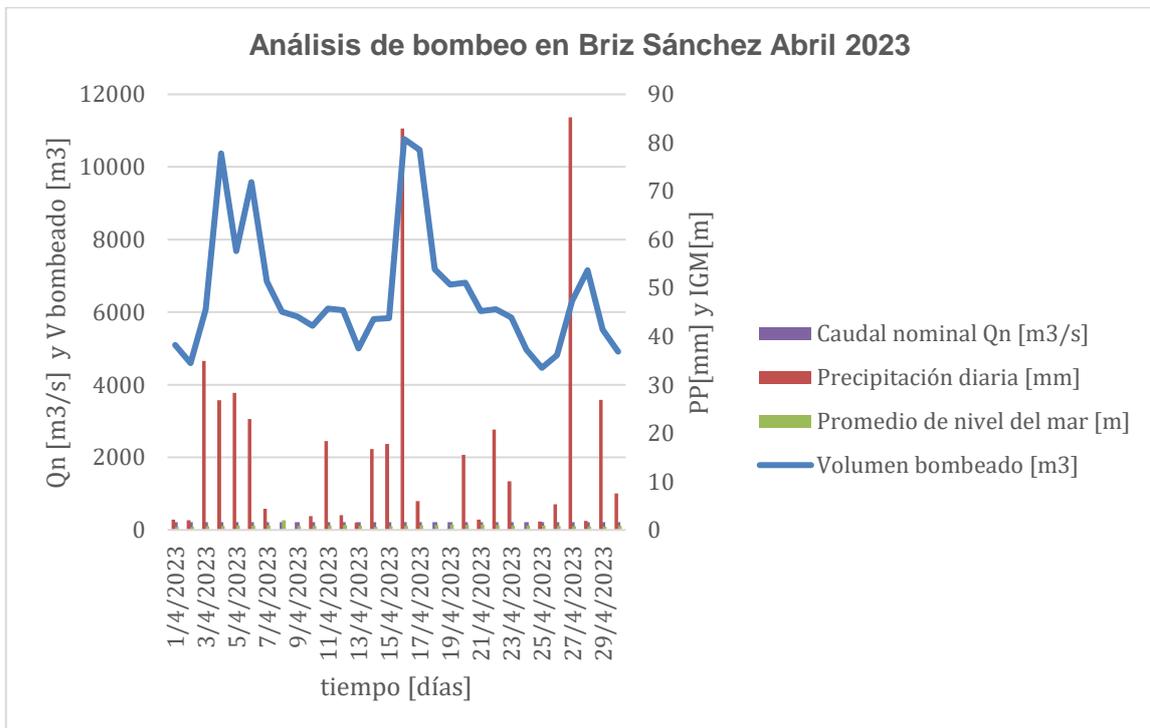
Análisis de la estación de bombeo Briz Sánchez en enero 2023



Análisis de la estación de bombeo Briz Sánchez en febrero 2023



Análisis de la estación de bombeo Briz Sánchez en marzo 2023



Análisis de la estación de bombeo Briz Sánchez en abril 2023



Análisis de la estación de bombeo Briz Sánchez en mayo 2023

Análisis de la estación de bombeo Alborada XIII etapa en junio 2022

FECHA	B1 [m3]	B2 [m3]	V bombeo [m3]	Qn [m3/s]	IGM [m]	Precipitación [mm]
1/6/2022	536,05	1040,29	1576	158,4	0,379	0,10
2/6/2022	576,84	1080,73	1658	158,4	0,330	0,72
3/6/2022	386,98	733,39	1120	158,4	0,322	0,42
4/6/2022	534,12	991,89	1526	158,4	0,289	0,00
5/6/2022	562,50	1034,79	1597	158,4	0,272	0,68
6/6/2022	558,62	964,66	1523	158,4	0,267	0,12
7/6/2022	521,27	948,55	1470	158,4	0,255	0,35
8/6/2022	566,54	921,23	1488	158,4	0,283	1,53
9/6/2022	551,67	951,85	1504	158,4	0,294	0,00
10/6/2022	524,79	936,32	1461	158,4	0,417	0,41
11/6/2022	558,14	995,28	1553	158,4	0,479	0,50
12/6/2022	555,90	1034,13	1590	158,4	0,489	0,45
13/6/2022	554,14	994,27	1548	158,4	0,467	1,23
14/6/2022	576,88	1055,34	1632	158,4	0,441	0,60
15/6/2022	605,75	1083,24	1689	158,4	0,485	0,20
16/6/2022	576,09	1016,36	1592	158,4	0,486	0,18
17/6/2022	553,43	1010,15	1564	158,4	0,471	0,61
18/6/2022	533,98	1041,22	1575	158,4	0,393	0,05
19/6/2022	535,26	1008,00	1543	158,4	0,369	0,29
20/6/2022	564,83	1038,71	1604	158,4	0,246	0,21
21/6/2022	547,98	1026,30	1574	158,4	0,246	0,59
22/6/2022	547,84	980,76	1529	158,4	0,273	0,15
23/6/2022	546,08	983,18	1529	158,4	0,296	0,38
24/6/2022	545,20	962,46	1508	158,4	0,331	0,26
25/6/2022	565,49	1015,04	1581	158,4	0,336	0,36
26/6/2022	537,72	938,92	1477	158,4	0,253	0,99
27/6/2022	533,68	945,87	1480	158,4	0,311	0,00
28/6/2022	534,60	952,56	1487	158,4	0,329	0,26
29/6/2022	559,72	967,03	1527	158,4	0,338	0,91
30/6/2022	537,02	952,60	1490	158,4	0,203	0,23

Análisis de la estación de bombeo Alborada XIII etapa en enero 2023

FECHA	B1 [m3]	B2 [m3]	V bombeo [m3]	Qn m3/s	IGM [m]	Precipitación [mm]
1/1/2023	306,50	267,17	574	158,4	0,133	0,00
2/1/2023	321,11	279,44	601	158,4	0,232	0,00
3/1/2023	321,51	279,93	601	158,4	0,206	0,00
4/1/2023	336,64	288,29	625	158,4	0,167	0,00
5/1/2023	340,08	313,06	653	158,4	0,246	0,00
6/1/2023	341,35	294,01	635	158,4	0,200	0,00
7/1/2023	342,89	295,55	638	158,4	0,257	0,00
8/1/2023	364,01	298,85	663	158,4	0,332	0,00
9/1/2023	391,60	348,70	740	158,4	0,179	4,26
10/1/2023	383,64	308,00	692	158,4	0,297	2,02
11/1/2023	382,49	310,60	693	158,4	0,314	0,00
12/1/2023	352,04	309,89	662	158,4	0,274	0,87
13/1/2023	444,44	235,84	680	158,4	0,216	0,00
14/1/2023	468,16	179,17	647	158,4	0,189	27,69
15/1/2023	701,36	0,00	701	158,4	0,181	3,64
16/1/2023	644,78	210,41	855	158,4	0,200	0,00
17/1/2023	501,12	958,28	1459	158,4	0,240	0,00
18/1/2023	218,81	198,13	417	158,4	0,244	0,16
19/1/2023	680,50	395,30	1076	158,4	0,244	11,98
20/1/2023	335,15	280,94	616	158,4	0,328	0,00
21/1/2023	231,66	206,71	438	158,4	0,374	0,00
22/1/2023	328,81	274,38	603	158,4	0,462	0,00
23/1/2023	356,58	298,10	655	158,4	0,610	0,00
24/1/2023	416,42	329,03	745	158,4	0,666	0,00
25/1/2023	354,73	291,02	646	158,4	0,618	0,00
26/1/2023	439,52	1222,85	1662	158,4	0,452	3,97
27/1/2023	365,07	313,50	679	158,4	0,422	0,16
28/1/2023	495,31	414,66	910	158,4	0,330	13,02
29/1/2023	601,13	1172,47	1774	158,4	0,43	9,18
30/1/2023	487,21	1285,90	1773	158,4	0,29	2,13
31/1/2023	356,00	302,85	659	158,4	0,24	1,20

Análisis de la estación de bombeo Alborada XIII etapa en febrero 2023

FECHA	B1 [m3]	B2 [m3]	V bombeo [m3]	Qn m3/s	IGM [m]	Precipitación [mm]
1/2/2023	328,90	292,20	621	158,4	0,28	0,00
2/2/2023	337,13	304,92	642	158,4	0,31	0,00
3/2/2023	343,38	298,94	642	158,4	0,38	0,00
4/2/2023	363,88	317,15	681	158,4	0,25	0,22
5/2/2023	348,66	314,25	663	158,4	0,41	0,00
6/2/2023	509,34	402,12	911	158,4	0,36	11,13
7/2/2023	455,40	403,83	859	158,4	0,24	1,41
8/2/2023	742,10	655,78	1398	158,4	0,36	25,02
9/2/2023	1560,81	1430,88	2992	158,4	0,44	68,79
10/2/2023	814,75	727,45	1542	158,4	0,43	10,26
11/2/2023	1068,41	207,37	1276	158,4	0,30	12,51
12/2/2023	1217,61	598,09	1816	158,4	0,33	6,88
13/2/2023	1797,44	1958,62	3756	158,4	0,30	32,97
14/2/2023	1460,01	1483,02	2943	158,4	0,25	14,07
15/2/2023	1270,41	1273,54	2544	158,4	0,29	9,81
16/2/2023	1368,44	1230,11	2599	158,4	0,37	9,27
17/2/2023	1306,45	862,09	2169	158,4	0,45	0,00
18/2/2023	1417,28	983,00	2400	158,4	0,60	1,85
19/2/2023	1413,50	903,76	2317	158,4	0,64	1,69
20/2/2023	2820,05	2742,87	5563	158,4	0,78	86,36
21/2/2023	2154,33	2306,22	4461	158,4	0,91	42,05
22/2/2023	1583,91	1681,33	3265	158,4	0,82	18,10
23/2/2023	976,32	889,99	1866	158,4	0,74	1,42
24/2/2023	1151,39	1075,36	2227	158,4	0,72	24,32
25/2/2023	1173,52	1029,82	2203	158,4	0,70	30,12
26/2/2023	752,80	681,87	1435	158,4	0,52	0,17
27/2/2023	552,90	702,59	1255	158,4	0,44	11,45
28/2/2023	637,08	569,80	1207	158,4	0,31	3,03

Análisis de la estación de bombeo Alborada XIII etapa en marzo 2023

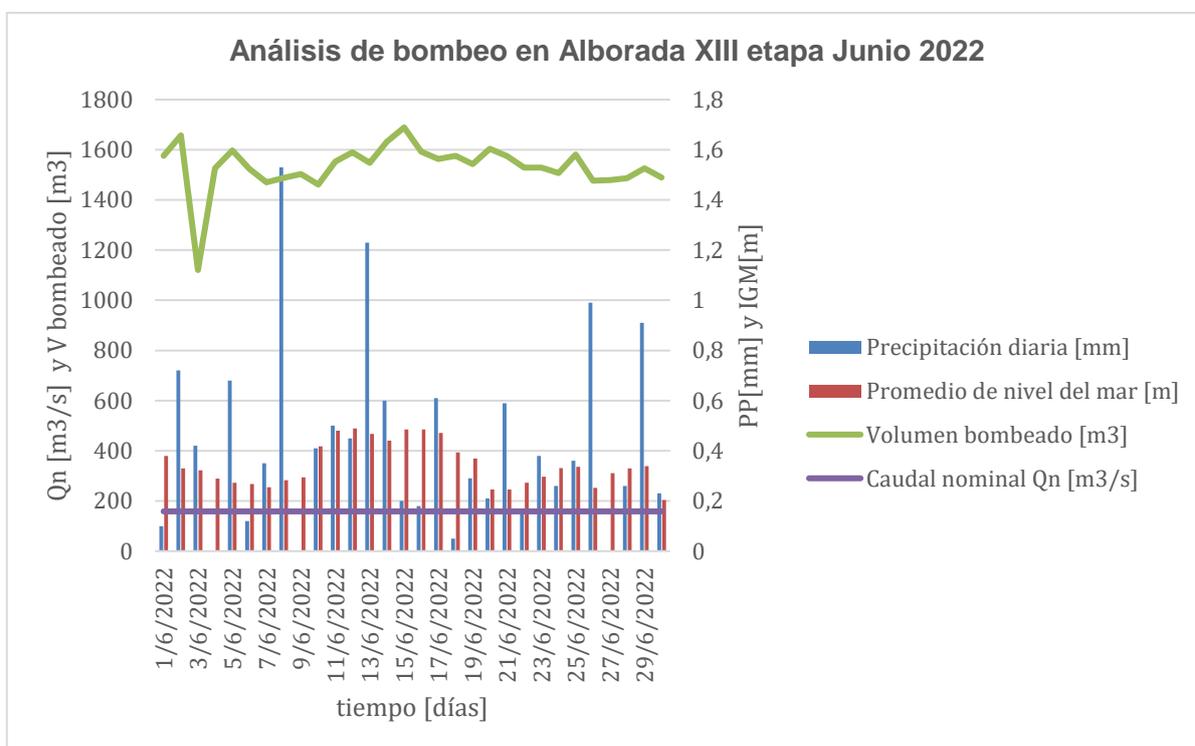
FECHA	B1 [m3]	B2 [m3]	V bombeo [m3]	Qn m3/s	IGM [m]	Precipitación [mm]
1/3/2023	466,796	419,408	886	158,4	0,33	0,00
2/3/2023	492,316	415,052	907	158,4	0,48	9,41
3/3/2023	549,604	475,904	1026	158,4	0,33	1,80
4/3/2023	527,648	462,308	990	158,4	0,75	0,07
5/3/2023	606,936	524,084	1131	158,4	0,50	11,69
6/3/2023	1841,576	1722,556	3564	158,4	0,56	47,43
7/3/2023	1326,732	1175,768	2503	158,4	0,45	47,69
8/3/2023	4805,812	4822,356	9628	158,4	0,85	147,98
9/3/2023	931,744	91,52	1023	158,4	0,87	23,75
10/3/2023	1785,52	420,464	2206	158,4	0,85	4,80
11/3/2023	867,856	751,168	1619	158,4	0,79	2,21
12/3/2023	754,864	528,44	1838	158,4	1,12	0,00
13/3/2023	685,476	591,668	1147	158,4	0,53	36,62
14/3/2023	1032,548	1082,84	1571	158,4	0,85	56,87
15/3/2023	535,92	461,824	1260	158,4	0,40	0,00
16/3/2023	643,236	538,516	1107	158,4	0,19	2,10
17/3/2023	781,352	724,108	1247	158,4	0,58	25,96
18/3/2023	539,748	463,364	1218	158,4	0,72	0,00
19/3/2023	565,62	465,828	1419	158,4	0,88	0,00
20/3/2023	709,984	678,304	1128	158,4	0,99	5,24
21/3/2023	935,88	852,984	1954	158,4	0,92	0,71
22/3/2023	1564,112	417,824	2912	158,4	1,01	27,00
23/3/2023	3454,792	1017,72	4655	158,4	1,19	186,72
24/3/2023	1571,108	1347,588	2244	158,4	0,97	3,72
25/3/2023	1342,88	1200,188	2738	158,4	0,96	8,54
26/3/2023	873,928	672,672	1328	158,4	0,73	2,68
27/3/2023	1573,572	1395,328	2348	158,4	0,81	55,28
28/3/2023	713,856	454,476	1455	158,4	0,58	0,38
29/3/2023	1143,736	774,532	1659	158,4	0,55	59,93
30/3/2023	1102,816	740,828	1103	158,4	0,50	19,27
31/3/2023	828,652	515,504	829	158,4	0,54	8,67

Análisis de la estación de bombeo Alborada XIII etapa en abril 2023

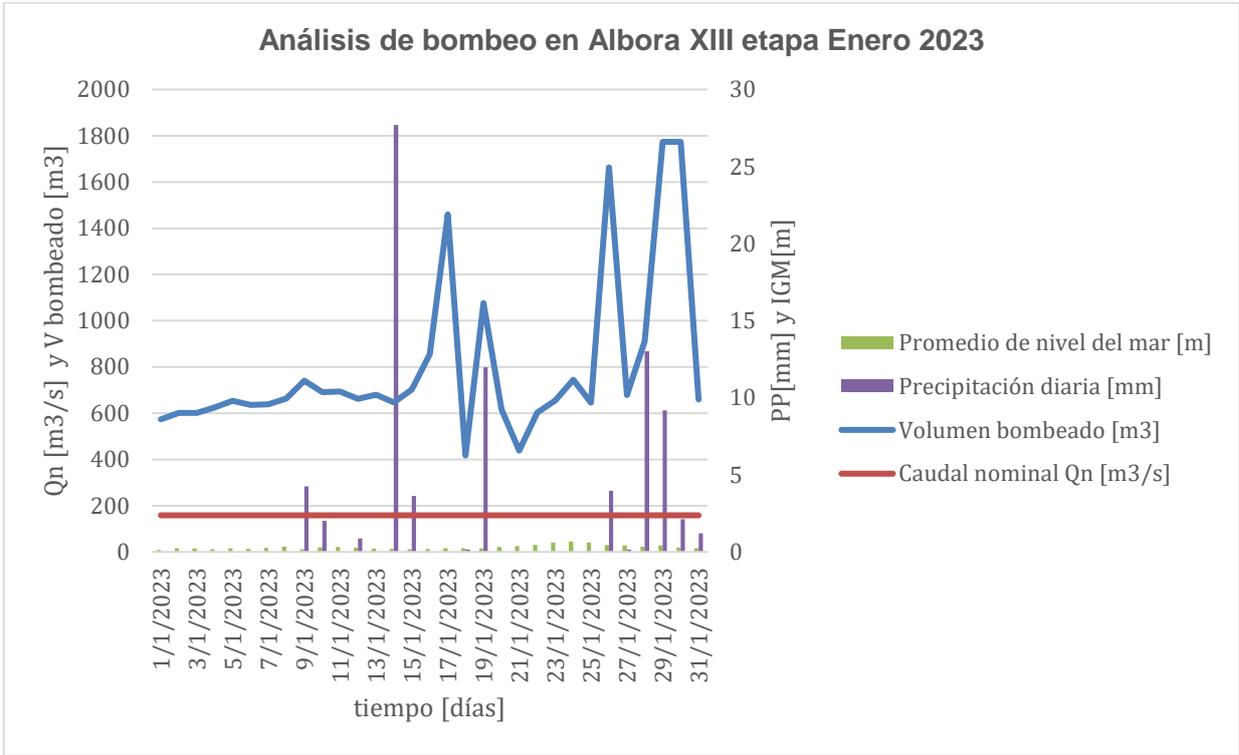
FECHA	B1 [m3]	B2 [m3]	V bombeo [m3]	Qn m3/s	IGM [m]	Precipitación [mm]
1/4/2023	803,53	447,26	1251	158,4	0,64	2,12
2/4/2023	895,14	468,95	1364	158,4	0,65	2,00
3/4/2023	1604,06	623,92	2228	158,4	0,75	34,93
4/4/2023	2930,93	0,00	2931	158,4	0,82	26,79
5/4/2023	2299,57	930,86	3230	158,4	0,87	28,31
6/4/2023	2418,46	1749,00	4167	158,4	0,90	22,90
7/4/2023	1509,55	1142,46	2652	158,4	0,95	4,36
8/4/2023	1227,64	858,35	2086	158,4	2,01	0,00
9/4/2023	1172,16	871,07	2043	158,4	0,78	0,00
10/4/2023	1031,45	646,01	1677	158,4	0,82	2,89
11/4/2023	1408,26	1087,81	2496	158,4	0,87	18,36
12/4/2023	1352,34	277,95	1630	158,4	0,99	3,08
13/4/2023	1048,21	0,00	1048	158,4	0,80	1,44
14/4/2023	1485,35	0,00	1485	158,4	0,59	16,68
15/4/2023	1805,50	0,00	1805	158,4	0,76	17,79
16/4/2023	2547,56	5,50	2553	158,4	0,82	82,97
17/4/2023	2455,68	0,00	2456	158,4	0,96	5,98
18/4/2023	1818,70	0,00	1819	158,4	0,99	0,00
19/4/2023	1438,67	449,20	1888	158,4	1,14	0,17
20/4/2023	1718,20	885,68	2604	158,4	1,00	15,53
21/4/2023	1785,65	0,00	1786	158,4	1,07	2,13
22/4/2023	1921,88	0,00	1922	158,4	0,99	20,73
23/4/2023	1961,87	0,00	1962	158,4	0,90	10,02
24/4/2023	1378,04	0,00	1378	158,4	0,86	0,00
25/4/2023	1327,00	0,00	1327	158,4	0,88	1,72
26/4/2023	1240,14	1140,00	2380	158,4	0,81	5,27
27/4/2023	1815,84	1154,78	2971	158,4	0,73	85,25
28/4/2023	1746,01	0,00	1746	158,4	0,69	1,87
29/4/2023	1523,10	907,46	2431	158,4	0,66	26,85
30/4/2023	1888,04	0,00	1888	158,4	0,81	7,52

Análisis de la estación de bombeo Alborada XIII etapa en mayo 2023

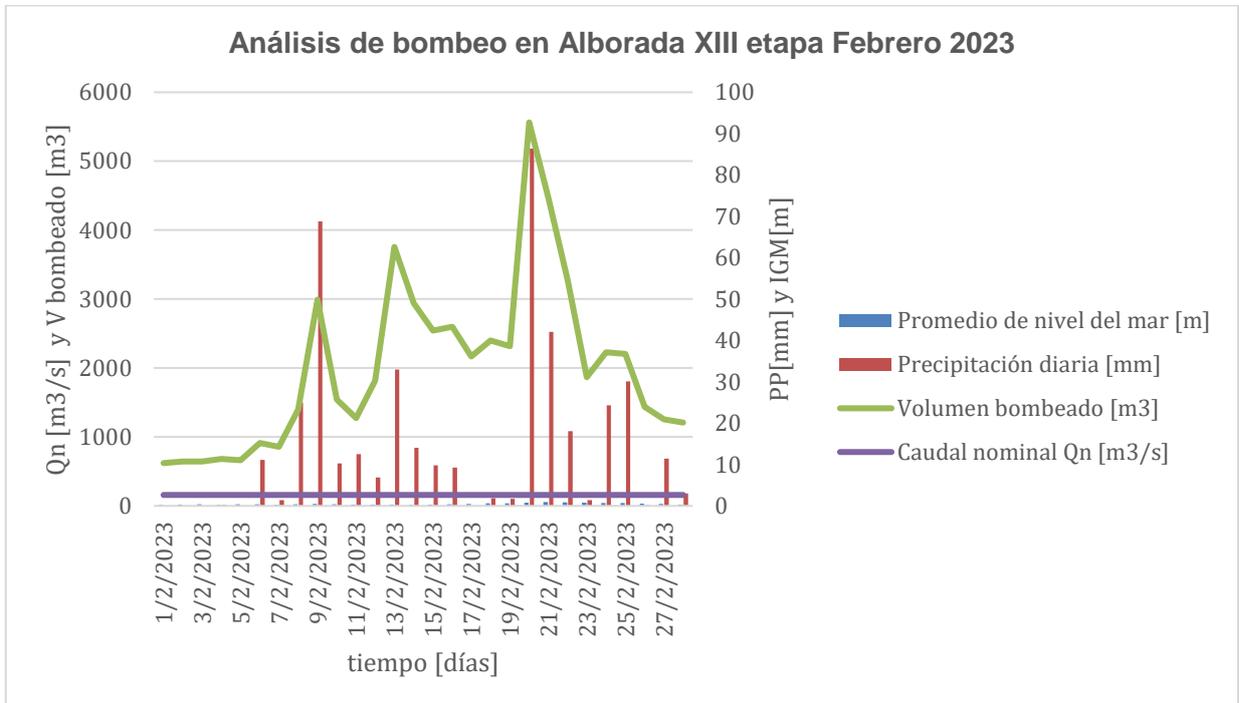
FECHA	B1 [m3]	B2 [m3]	V bombeo [m3]	Qn m3/s	IGM [m]	Precipitación [mm]
1/5/2023	1711,32	0,00	1711	158,4	0,86	7,61
2/5/2023	456,12	0,00	456	158,4	0,87	0,00
3/5/2023	462,96	152,28	615	158,4	0,94	0,00
4/5/2023	791,58	477,71	1269	158,4	0,90	0,25
5/5/2023	1000,98	632,81	1634	158,4	0,91	0,81
6/5/2023	1173,90	749,36	1923	158,4	0,96	0,00
7/5/2023	1353,18	761,02	2114	158,4	0,91	0,10
8/5/2023	1368,66	741,66	2110	158,4	0,97	0,51
9/5/2023	1175,58	546,70	1722	158,4	0,99	0,29
10/5/2023	1504,68	806,61	2311	158,4	0,83	7,36
11/5/2023	1437,00	465,39	1902	158,4	0,78	1,35
12/5/2023	164,76	436,70	601	158,4	0,72	0,00
13/5/2023	221,46	418,09	640	158,4	0,80	0,00
14/5/2023	255,66	481,84	738	158,4	0,78	7,45
15/5/2023	238,80	429,40	668	158,4	0,76	0,00



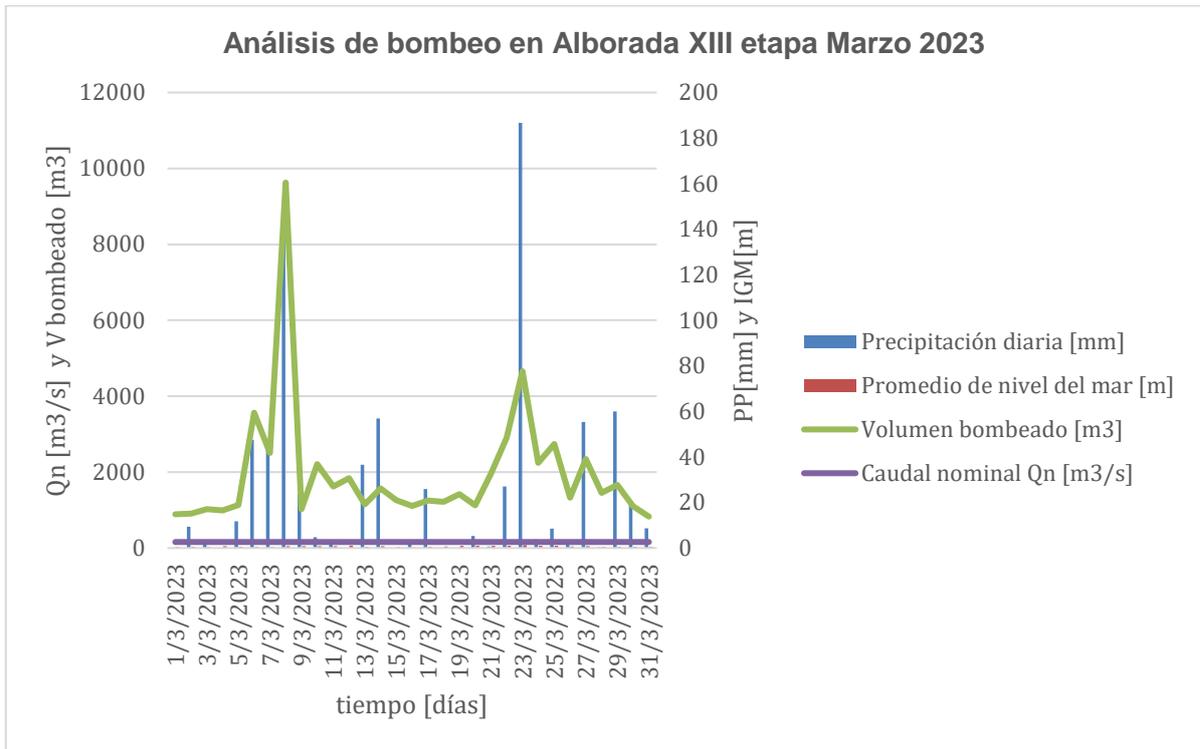
Análisis de la estación de bombeo Alborada XIII etapa en junio 2022



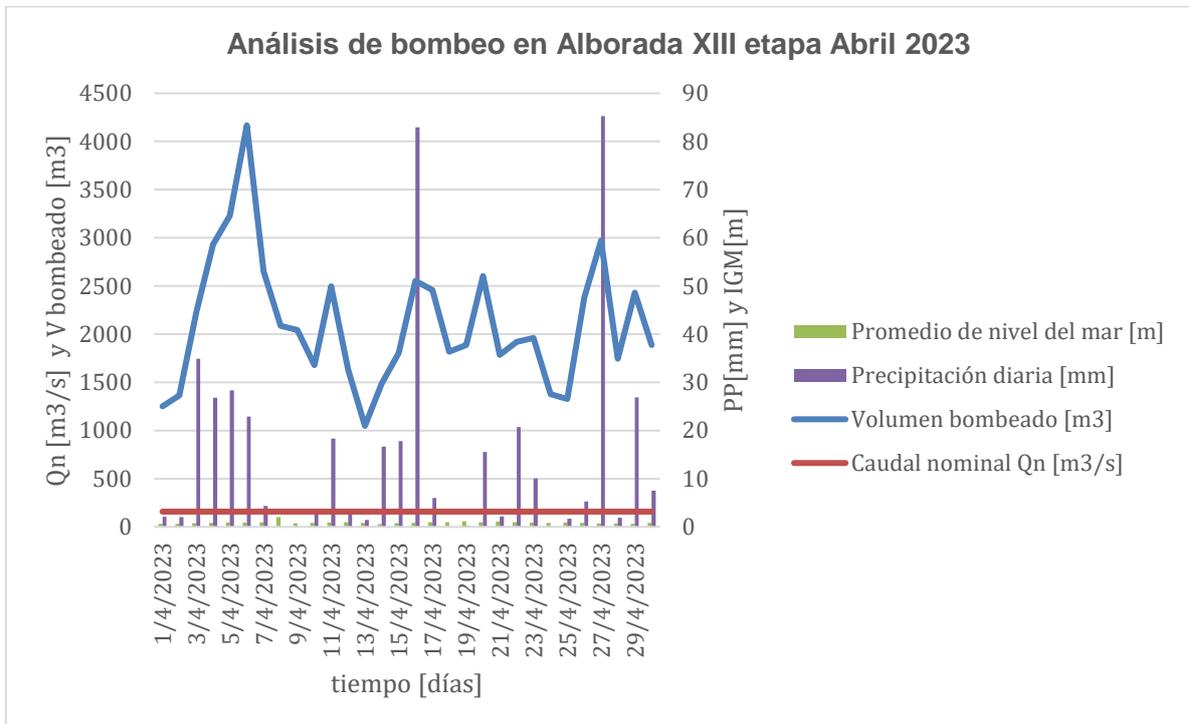
Análisis de la estación de bombeo Alborada XIII etapa en enero 2023



Análisis de la estación de bombeo Alborada XIII etapa en febrero 2023



Análisis de la estación de bombeo Alborada XIII etapa en marzo 2023



Análisis de la estación de bombeo Alborada XIII etapa en abril 2023



Análisis de la estación de bombeo Alborada XIII etapa en mayo 2023



Evidencia de salidas de campo para prueba de humo



Evidencia de salidas de campo para lecturas de conductividad



Evidencia de salidas de campo en Briz Sánchez para prueba de humo



Evidencia de conexiones erradas encontradas en las salidas de campo



Evidencia de la implementación de la cámara de humo

Lecturas de conductividad en las cámaras AASS de las microcuencas Briz Sánchez y Alborada XIII etapa

ID cámara	Microcuenca	Parámetro	Medición	Fecha
126144	E02-01	conductividad	1224	12/6/2023
126177	E02-01	conductividad	1107	13/6/2023
126384	E02-01	conductividad	1068	13/6/2023
126192	E02-01	conductividad	1072	13/6/2023
126226	E02-01	conductividad	1029	12/6/2023
126209	E02-01	conductividad	865	12/6/2023
126127	E02-01	conductividad	978	19/6/2023
126134	E02-01	conductividad	1008	19/6/2023
2189	E02-01	conductividad	568	19/6/2023
2188	E02-01	conductividad	544	12/6/2023
2193	E02-01	conductividad	689	12/6/2023
2146	E02-01	conductividad	678	14/6/2023
2148	E02-01	conductividad	1120	19/6/2023
1942	E02-01	conductividad	845	19/6/2023
1944	E02-01	conductividad	877	19/6/2023
2198	E02-01	conductividad	946	12/6/2023
1947	E02-01	conductividad	627	19/6/2023
1948	E02-01	conductividad	720	19/6/2023
2061	E02-02	conductividad	626	20/6/2023
2069	E02-02	conductividad	670	20/6/2023
2071	E02-02	conductividad	900	20/6/2023
2075	E02-02	conductividad	925	20/6/2023
2152	E02-02	conductividad	606	20/6/2023
2064	E02-02	conductividad	772	20/6/2023
2060	E02-02	conductividad	781	20/6/2023
2059	E02-02	conductividad	892	20/6/2023
2074	E02-02	conductividad	823	20/6/2023
2469	E02-04	conductividad	925	20/6/2023
1938	E02-04	conductividad	966	20/6/2023
1934	E02-04	conductividad	974	20/6/2023
2229	E02-04	conductividad	863	20/6/2023
1527	E02-03	conductividad	881	20/6/2023
1953	E02-05	conductividad	816	20/6/2023
2470	Alborada XIII	conductividad	995	12/6/2023
1940	Alborada XIII	conductividad	848	12/6/2023
2434	Alborada XIII	conductividad	820	12/6/2023
2284	Alborada XIII	conductividad	843	12/6/2023
2489	Alborada XIII	conductividad	811	12/6/2023
1213	Alborada XIII	conductividad	645	12/6/2023

Pruebas de humo en las cámaras AASS de las microcuencas Briz Sánchez y Alborada XIII etapa

ID cámara	Microcuenca	Parámetro	Errores X	Fecha
126192	E02-01	humo		13/6/2023
126368	E02-00	humo	X	13/6/2023
2144	E02-01	humo		13/6/2023
126384	E02-01	humo		13/6/2023
126138	E02-01	humo		14/6/2023
1947	E02-01	humo	X	15/6/2023
2070	E02-02	humo	X	20/6/2023
2082	E02-02	humo	X	20/6/2023
1934	E02-04	humo	X	20/6/2023

APU PIPE

BURSTING

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 2 de 11

Rubro: "02

Unidad: m

Detalle: **ROTURA DE PAVIMENTO RÍGIDO CALLE METRO LINEAL**

EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	COSTO	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
HERRAMIENTA MENOR (5% M.O.)		0,05			0,08	
MINI CARGADORA CON MARCHA	1,00	25,00	25,00	0,0889	2,22	
RETROEXCAVADORA 70 HP	1,00	24,00	24,00	0,0889	2,13	
SUBTOTAL M					4,43	
MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	COSTO	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
PEON/ AYUDANTE (albañil, cartero)	2,00	4,05	8,10	0,0889	0,72	
OP. RETROEXCAVADORA (Estimada)	1,00	4,55	4,55	0,0889	0,40	
OP. MINCARGADORA	1,00	4,55	4,55	0,0889	0,40	
SUBTOTAL N					1,52	
MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	COSTO		
		A	B	C=A*B		
SUBTOTAL O				0,00		
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	COSTO		
		A	B	C=A*B		
SUBTOTAL P				0,00		
ene-22	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				5,95	
	INDIRECTOS %				20,00%	1,19
	UTILIDAD %				0,00	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				7,14	
	VALOR OFERTADO				7,14	

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 3 de 11

Rubro: "03

Unidad: m3

Detalle: **Excavación de nichos**

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
EXCAVADORA 128 HP	1,00	67,50	67,50	0,0250	1,69
HERRAMIENTA MENOR (5% M.O.)		0,05			0,01
SUBTOTAL M					1,70
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
OP. EXCAVADORA (E.O.C1)	1,00	4,55	4,55	0,0250	0,11
PEON/ AYUDANTE (albañil, carpintero,electrici	1,00	4,05	4,05	0,0250	0,10
SUBTOTAL N					0,21
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL O				0,00	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P				0,00	
ene-22	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				1,91
	INDIRECTOS % 20,00%				0,38
	UTILIDAD %				0,00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				2,29
	VALOR OFERTADO				2,29

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 4 de 11

Rubro: "04

Unidad: m

Detalle: Limpieza de tuberías de la red de alcantarillado

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5% M.O.)		0,05			0,01
Camion HIDROCLEANER	1,00	180,00	180,00	0,0100	1,80
SUBTOTAL M					1,81
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
PEON/ AYUDANTE (albañil, ca)	3,00	4,05	12,15	0,0100	0,12
CHOFER: Tanqueros	1,00	5,95	5,95	0,0100	0,06
SUBTOTAL N					0,18
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL O				0,00	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P				0,00	
ene-22	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				1,99
	INDIRECTOS % 20,00%				0,40
	UTILIDAD %				0,00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				2,39
	VALOR OFERTADO				2,39

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 5 de 11

Rubro: "05

Unidad: m

Detalle: SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PE/POLIETILENO 1100 MM POR
TERMOFUSIÓN (IN. ARENA) Pipe Bursting

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
EQUIPO TERMOFUSIÓN PARA	1,00	6,95	6,95	0,0500	0,35
MINCARGADOR BODCAT	1,00	22,50	22,50	0,0500	1,13
EQUIPO HIDROBURST PARA PI	1,00	31,00	31,00	0,0500	1,55
BOMBA MEZCLADORA DE LO	1,00	32,00	32,00	0,0500	1,60
HERRAMIENTAS MENORES (5	1,00	0,50	0,50	0,0500	0,04
SUBTOTAL M					4,67
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
PEON/ AYUDANTE (albañil, ca	1,00	4,05	4,05	0,0500	0,20
TUBERO (en construcción)	1,00	4,10	4,10	0,0500	0,21
MAESTRO MAYOR	1,00	4,55	4,55	0,0500	0,23
OPERADOR DE MAQUINARIA	1,00	3,87	3,87	0,0500	0,19
SUBTOTAL N					0,83
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
TUBO POLIETILENO PE 100, COLOR NEGRO C	m	1,00	235,00	235,00	
ARENA CORRIENTE FINA INC. TRANSPORTE	m3	0,05	13,65	0,68	
HALADOR DE TUBOS	U	0,10	85,00	8,50	
SUBTOTAL O				244,18	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P				0,00	
ene-22	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				249,68
	INDIRECTOS %				20,00%
	UTILIDAD %				0,00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				299,62
	VALOR OFERTADO				299,62

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 6 de 11

Rubro: "06

Unidad: m

Detalle: INSPECCIÓN CCTV DE COLECTORES INCLUYE DOCUMENTACIÓN

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
CAMION CCTV	1,00	70,00	70,00	0,0267	1,87
CAMIONETA	1,00	10,00	10,00	0,0267	0,27
HERRAMIENTA MENOR (5% M	1,00	0,05	0,05		0,03
SUBTOTAL M					2,17
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
TECNICO EN OBRAS CIVILES	2,00	4,33	8,66	0,0267	0,23
PEON/ AYUDANTE (albañil, ca	1,00	4,05	4,05	0,0267	0,11
CHOFER	1,00	5,95	5,95	0,0267	0,16
SUBTOTAL N					0,50
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL O				0,00	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P				0,00	
		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			2,67
		INDIRECTOS %			20,00%
		UTILIDAD %			0,00
		COSTO TOTAL DEL RUBRO			3,20
		VALOR OFERTADO			3,20

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 7 de 11

Rubro: "07

Unidad: m3

Detalle: Relleno compactado de nichos

EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	COSTO	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
HERRAMIENTA MENOR (5% M.O.)					0,32	
COMPACTADOR MED. MANUA	1,00	3,84	3,84	0,5000	1,92	
SUBTOTAL M					2,24	
MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	COSTO	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
PEON/ AYUDANTE (albañil, ca	2,00	4,05	8,10	0,5000	4,05	
MAESTRO MAYOR EN EJECUC	1,00	4,55	4,55	0,5000	2,28	
SUBTOTAL N					6,33	
MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	COSTO		
		A	B	C=A*B		
CASCAJO MEDIANO	m3	1,33	2,38	3,17		
AGUA	m3	0,25	1,24	0,31		
SUBTOTAL O				3,48		
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	COSTO		
		A	B	C=A*B		
TRANSPORTE DE MATERIAL DE MEJORAMIEN	m3-km	66,50	0,19	12,64		
SUBTOTAL P				12,64		
ene-22	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				24,68	
	INDIRECTOS %				20,00%	4,94
	UTILIDAD %				0,00	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				29,61	
	VALOR OFERTADO				29,61	

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 08 de 11

Rubro: "08

Unidad: m2

Detalle: BACHEO ASFALTICO COMO REPOSICIÓN DE CAPA DE RODADURA

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
HERRAMIENTA MENOR (5% M.O.)					0,03
COMPRESOR DE AIRE	1,00	28,45	28,45	0,0121	0,34
RODILLO TANDEM 119 HP	1,00	43,00	43,00	0,0121	0,52
VOLQUETA (12Ton)	1,00	26,25	26,25	0,0121	0,32
SUBTOTAL M					1,21
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
OP. COMPRESOR (E.O.C2)	1,00	4,33	4,33	0,0121	0,05
OP. RODILLO AUTOPROPULSA	1,00	4,33	4,33	0,0121	0,05
CHOFER: Volquetas (E.O.C1)	1,00	5,95	5,95	0,0121	0,07
ENGRASADOR O ABASTECED	1,00	4,10	4,10	0,0121	0,05
PEON/ AYUDANTE (albañil, ca	7,00	4,05	28,35	0,0121	0,34
SUBTOTAL N					0,56
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	COSTO	
		A	B	C=A*B	
HORMIGON ASFALTICO	m3	0,122	76,00	9,27	
SUBTOTAL O				9,27	
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	COSTO	
		A	B	C=A*B	
TRANSPORTE DE BASE, SUB-BASE Y H. ASFAL	m3-km	0,120	0,32	0,04	
SUBTOTAL P				0,04	
ene-22	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				11,08
	INDIRECTOS %				20,00%
	UTILIDAD %				0,00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				13,30
	VALOR OFERTADO				13,30

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 09 de 11

Rubro: "09

Unidad: m3

Detalle: **CONTROL DE POLVO**

EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
TANQUERO DE 2000 GAL CON	1,00	23,50	23,50	0,0400	0,94	
SUBTOTAL M					0,94	
MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
PEON/ AYUDANTE (albañil, ca	1,00	4,05	4,05	0,0400	0,16	
CHOFER: TANQUEROS (ESTR.	1,00	5,95	5,95	0,0400	0,24	
SUBTOTAL N					0,40	
MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo		
		A	B	C=A*B		
AGUA	M3	1,01	2,30	2,32		
SUBTOTAL O					2,32	
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo		
		A	B	C=A*B		
SUBTOTAL P					0,00	
ene-22		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			3,66	
		INDIRECTOS %			20,00%	0,73
		UTILIDAD %				0,00
		COSTO TOTAL DEL RUBRO				4,40
		VALOR OFERTADO				4,40

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 10 de 11

Rubro: "10

Unidad:

Detalle: **CONTROL Y MONITOREO DE RUIDO**

EQUIPOS						
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	Costo	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
SONÓMETRO DIGITAL	1,00	40,00	40,00	0,6022	24,09	
SUBTOTAL M					24,09	
MANO DE OBRA						
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	Costo	
	A	B	C=A*B	R	D=C*R	
PEON/ AYUDANTE (albañil, ca)	1,00	4,05	4,05	0,6022	2,44	
TECNICO AMBIENTAL	1,00	4,33	4,33	0,6022	2,61	
SUBTOTAL N					5,05	
MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	Costo		
		A	B	C=A*B		
SUBTOTAL O					0,00	
TRANSPORTE						
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	Costo		
		A	B	C=A*B		
SUBTOTAL P					0,00	
ene-22		TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)			29,14	
		INDIRECTOS %			20,00%	5,83
		UTILIDAD %				0,00
		COSTO TOTAL DEL RUBRO				34,97
		VALOR OFERTADO				34,97

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

Hoja 11 de 11

Rubro: "11

Unidad: u

Detalle: Señalización de la zona de trabajo

EQUIPOS					
Descripción	Cantidad	Tarifa	Costo hora	Rendimiento	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
SUBTOTAL M					0,00
MANO DE OBRA					
Descripción	Cantidad	Jornal/hr	Costo hora	Rendimiento	COSTO
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
OPERARIO	1,00	4,10	4,10	0,2150	0,88
SUBTOTAL N					0,88
MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unitario	COSTO	
		A	B	C=A*B	
LETREROS DIVERSOS DE SEGURIDAD DE OBR	u	1,00	6,50	6,50	
CINTA RETRACTIL HASTA 3 m	u	2,00	1,37	2,74	
CONO DE SEGURIDAD	u	4,00	20,50	82,00	
SUBTOTAL O					91,24
TRANSPORTE					
Descripción	Unidad	Cantidad	Tarifa	COSTO	
		A	B	C=A*B	
SUBTOTAL P					0,00
ene-22	TOTAL COSTO DIRECTO (M+N+O+P)				92,12
	INDIRECTOS %				20,00%
	UTILIDAD %				0,00
	COSTO TOTAL DEL RUBRO				110,55
	VALOR OFERTADO				110,55

ESTE PRECIO NO INCLUYE IVA