

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL

ECUADOR

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE CIVIL

**ANÁLISIS TÉCNICO – ECONÓMICO, MEDICIÓN DE
RENDIMIENTOS Y DETERMINACIÓN DE CUADRILLA
TIPO PARA EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE
FRACTURACIÓN DE TUBERÍA.**

MARITZA ELIZABETH MENDOZA REY

LUIS MARTIN SALAZAR NEIRA

MARZO 2016

AGRADECIMIENTOS

A Dios

A la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento

Al Ing. Luis Fernando Burbano, Subgerente de Operaciones de la EPMAPS y Director de la presente tesis

Al Ing. Fabricio Zambrano, Jefe de Alcantarillado de la EPMAPS

A la Ing. María Fernanda Villavicencio, Jefe de la Unidad de Diagnóstico del Sistema de Alcantarillado de la EPMAPS

A los ingenieros que conforman el personal de asistentes técnicos de la Unidad de Diagnóstico del Sistema de Alcantarillado de la EPMAPS

Al personal operativo de la Unidad de Diagnóstico del Sistema de Alcantarillado de la EPMAPS

A las unidades de operación de la EPMAPS por su colaboración

Y a todas las personas que nos apoyaron para alcanzar esta meta académica.

DEDICATORIA

A mis padres

Maritza

A mi madre, a mis abuelas (mis santas personales), a mis abuelos y a Anita, Jorge y Jorge Luis, personas que siempre me dieron aliento y apoyo para seguir adelante.

Martin

RESUMEN

Pipe Bursting o fracturación de tubería es uno de los métodos dentro del área de reposición de tuberías. Este método innovador cabe dentro de los métodos sin zanja, por lo cual es considerado por empresas y profesionales que lo utilizan, como un método eco-amigable, de menor riesgo, económico y rápido. Este método eco-amigable sin zanja, reemplaza a la tubería existente rompiéndola y desplazando sus fragmentos dentro del suelo que lo rodea, mientras que simultáneamente hala la nueva protección o tubería del mismo o mayor diámetro dentro del vacío creado. Este sistema sirve para la reposición de tuberías de redes presurizadas (agua potable y gas) y no presurizadas (alcantarillado).

Los sistemas modernos de Pipe Bursting son distinguidos principalmente por el tipo de fuerza que se les transmite, su forma de romper la tubería y por su tipo de propulsión. **Fracturación Dinámica/ Neumática** de la tubería, **Fracturación Estática** de tubería y **Rompimiento De Tubería De Calibre**. Para el presente estudio se desarrollará el detalle de los componentes del equipo, *GRUNDOTUGGER Lateral Bursting System*, creado por la empresa norteamericana TT Technologies. Para fracturar la tubería el equipo aplica una gran fuerza de tensión al cable de tiro para halar el cono expansor desde el pozo de partida hasta el pozo de llegada. La fuerza de halado horizontal es transferida por el cono expansor en una fuerza radial para romper la tubería y aumentar el orificio para proveer de espacio suficiente para la nueva tubería.

Vale recalcar que no se tomarán en cuenta los costos y beneficios sociales que otorga el uso del equipo de Pipe Bursting – Grundotugger.

Para la obtención de costos y rendimientos de realizaron dos intervenciones utilizando el método Pipe Bursting.

El costo por metro lineal de rehabilitación para la primera intervención, por el método de Pipe Bursting es de \$ 67,32 y por método convencional (zanja abierta) es de \$ 85,58, existe una reducción del 21,34% con relación al Pipe Bursting sobre el método convencional. El costo por metro lineal de rehabilitación para la segunda intervención representado, por el método de Pipe Bursting es de \$ 73,19 y por método convencional (zanja abierta) es de \$ 90,62, existe una reducción del 19,23% con relación al Pipe Bursting sobre el método convencional. Haciendo una comparación de longitud vs costos metro lineal entre el método Convencional (Zanja abierta) y Pipe Bursting, muestra un punto de equilibrio en costo a los 17m de longitud, es decir de 0-17m es más económico realizar la rehabilitación de tubería utilizando el método convencional y de 17-60m es favorable utilizar el método de Pipe Bursting.

El estudio de rendimientos se realiza de acuerdo a la forma de trabajo y a la naturaleza de la máquina, el equipo Pipe Bursting – Grundotugger tienen una **operación intermedia** esto nos obliga a realizar un estudio de la naturaleza del equipo y establecer los factores de operación de la misma. Concluidos los cálculos de rendimiento horario se observa que hubo un mayor rendimiento en la segunda intervención. El rendimiento de la primera intervención es de 81.96 min por metro

cuadrado, el rendimiento de la segunda intervención es de 50.76 min por metro cuadrado.

Para establecer la cuadrilla tipo para el uso del equipo Pipe Bursting - Grundotugger realizamos una comparación entre cuadrillas de la primera y la segunda intervención según sus tiempos de ejecución y longitud de los tramos rehabilitados. De lo que se pudo observar del desempeño de ambas cuadrillas y de la información recopilada de los manuales del equipo de Pipe Bursting – Grundotugger se deduce que la cuadrilla tipo para la operación del equipo se deberá conformar por un operador principal y un ayudante. En vista de que esta es una tecnología nueva y de la cual no se tiene mucha experiencia no se recomienda utilizar la cuadrilla tipo hasta que no se haya adquirido mayor habilidad en la aplicación y operación de este nuevo método.

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN	iv
TABLA DE CONTENIDOS	vii
Índice de Gráficos	x
Índice de Tablas	xi
Índice de Imágenes.....	xii
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1. Introducción	1
1.1.1. Definición de Pipe Bursting	3
1.1.1.2. Pipe Bursting Dinámico / Neumático.....	3
1.1.1.3. Pipe Bursting Estático.....	4
1.1.1.4. Pipe Bursting Calibre	5
1.2. Descripción del funcionamiento y principales componentes del equipo Pipe Bursting– GRUNDOTUGGER	6
1.2.1. Características y componentes:	7
1.2.2. Tubería de polietileno.....	11
1.2.3. Ventajas del equipo GRUNDOTUGGER:	13
1.2.4. Condiciones de trabajo:.....	13
1.2.5. Operación	16
1.2.6. Tipos de escenarios de operación.....	16
1.2.6.1. De pozo o caja existente a pozo o caja existente.....	17
1.2.6.2. De pozo o caja existente a pozo o caja provisional.....	17
1.2.6.3. De pozo o caja provisional a pozo o caja existente	17
1.2.6.4. De pozo o caja provisional a pozo o caja provisional.....	18
CAPÍTULO II CONDICIONES DE OPERACIÓN DE EQUIPO “PIPE BURSTING”	19
2.1. Condiciones óptimas para la operación del equipo “Pipe Bursting”.....	19
2.2 Inspección y diagnóstico CCTV (Circuito Cerrado de Televisión) para establecer el lugar con las condiciones óptimas de uso y operación del equipo “Pipe Bursting” en la ciudad de Quito.	23
2.2.1 Inspección televisiva de la tubería.....	23
2.2.1.1 Equipos de inspección televisiva.....	24
2.2.2 Diagnóstico de la tubería.....	27
2.2.2.1 Codificación de defectos un tramo de tubería de alcantarillado según la norma PACP.....	27
2.2.2.2 Método de clasificación de la condición de un tramo de tubería según la norma PACP.....	30

2.2.3 Selección de los tramos de tubería a intervenir con el equipo “Pipe Bursting”	31
CAPÍTULO III ANÁLISIS DE COSTOS MEDIANTE EL MÉTODO CONVENCIONAL A ZANJA ABIERTA Y EL EMPLEO DEL EQUIPO “PIPE BURSTING”	36
3.1 Costo de rehabilitación con el método de “Pipe Bursting”	36
3.1.1 Costo horario del equipo Pipe Bursting – Grundotugger	36
Costo horario de la mano de obra para el equipo Pipe Bursting – Grundotugger	41
3.1.2 Primera intervención	41
3.1.2.1 Descripción de la intervención	41
3.1.2.2 Cronograma de trabajo	43
3.1.2.3 Costo directo	44
3.1.3 Segunda intervención	45
3.1.3.1 Descripción de la intervención	45
3.1.3.2 Cronograma de trabajo	47
3.1.3.3 Costo directo	49
3.2 Costo de rehabilitación con el Método Convencional (zanja abierta)	49
3.2.1 Primera intervención	50
3.2.1.1 Descripción de la intervención	50
3.2.1.3 Costos directos	51
3.2.2 Segunda intervención	52
3.2.2.1 Descripción de la intervención	52
3.2.2.2 Cronograma de trabajo	52
3.2.2.3 Costos directos	53
3.3 Comparación costo – beneficio entre el método convencional y el empleo del equipo “Pipe Bursting”	53
3.3.1 Comparación de costos Primera intervención (L=40m)	54
3.3.2 Comparación de costos Segunda intervención	55
3.3.3 Comparación de costos por metro lineal de Pipe Bursting	57
CAPÍTULO IV MEDICIÓN DE RENDIMIENTOS DE OPERACIÓN DEL EQUIPO	59
4.1 Medición de tiempos de operación del equipo “Pipe Bursting” ..	59
4.1.1 Medición de tiempos en la Primera Intervención	59
4.1.2 Medición de tiempos en la Segunda Intervención	61
4.1.3 Tiempos de rehabilitación para Pipe Bursting	62
4.2 Cuadrilla tipo para la operación del equipo “Pipe Bursting”	63
4.2.1 Cuadrilla - Primera intervención	63
4.2.2 Cuadrilla – Segunda intervención	64
4.2.3 Cuadrilla – Pipe Bursting	65

4.3 Rendimientos de operación del equipo “Pipe Bursting”	66
4.3.1 Factores de operación Pipe Bursting - Grundotugger	68
4.3.1.1 Diámetro.....	68
4.3.1.2 Velocidad Promedio.....	69
4.3.1.3 Eficiencia de trabajo.....	70
CAPÍTULO V VENTAJAS Y DESVENTAJAS Y CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA REHABILITACIÓN DE TUBERÍA MEDIANTE LA OPERACIÓN DEL EQUIPO “PIPE BURSTING” SOBRE EL MÉTODO CONVENCIONAL.....	76
5.1 Desventajas:	76
5.2 Ventajas:	77
5.3 Conclusiones:	78
5.4 Recomendaciones:	80
BIBLIOGRAFIA	¡Error! Marcador no definido.
ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 1: Posibles Sitios De Intervención	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 2: Informes De Inspección Televisiva UDSA	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 3: Salarios Mínimos de Ley por La Contraloría del Estado	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 4: Análisis De Precios Unitarios Elaborados Por Tesistas	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 5: Análisis De Precios Unitarios EPMAPS	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 6: Manual De Operaciones.....	¡Error! Marcador no definido.

Índice de Gráficos

Gráfico 1.1 Esquema general Pipe Bursting Dinámico / Neumático	4
Gráfico 1.2 Esquema general Pipe Bursting Estático	5
Gráfico 1.3 Esquema general Caliber Pipe Bursting.....	6
Gráfico 1.4 Esquema general GRUNDOTUGGER	8
Gráfico 1.5 Control visual de la unión por termofusión	13
Gráfico 1.6 Esquema general de las dimensiones mínimas del pozo de partida – vista transversal	14
Gráfico 1.7 Esquema general de las dimensiones mínimas del pozo de llegada – vista en planta	15
Gráfico 1.8 Esquema general de las dimensiones mínimas del pozo de llegada – vista transversal	15
Gráfico 2.1 Altura mínima de relleno	20
Gráfico 2.2 Distancia mínima a tuberías adyacentes.....	21
Gráfico 2.3 Esquema general del comportamiento del suelo	22
Gráfico 3.1 Comparación de costos entre Pipe Bursting y Método Convencional – Primera intervención	54
Gráfico 3.2 Comparación de reducción de costos entre Pipe Bursting y Método Convencional – Primera intervención.....	55
Gráfico 3.3 Reducción en costos entre Pipe Bursting y Método Convencional – Segunda intervención	55
Gráfico 3.4 Comparación de rubros entre Pipe Bursting y Método Convencional – Primera intervención	56
Gráfico 3.5 Comparación de costo del metro lineal entre Pipe Bursting y Método Convencional – Primera intervención.....	57
Gráfico 3.6 Comparación de costo del metro lineal entre Pipe Bursting y Método Convencional – Segunda intervención	58
Gráfico 3.7 Comparación general de costos del metro lineal entre Pipe Bursting y Método Convencional	58

Índice de Tablas

Tabla 1.1 Relación flujo – velocidad.....	7
Tabla 1.2 Componentes armazón tigger.....	8
Tabla 1.3 Características Unidad de fuerza hidráulica modelo TT-M9	9
Tabla 2.1 Clasificación de la NASSCO de la dificultad de un proyecto de Pipe Bursting	19
Tabla 3.1 Factores para obtención de costos de mantenimiento.....	40
Tabla 3.1 Costo directo de Pipe Bursting en primera intervención.....	45
Tabla 3.2 Costo directo Pipe Bursting en segunda intervención	49
Tabla 3.3 Descripción de actividades de primera intervención con el método convencional	50
Tabla 3.4 Costo directo del método a zanja abierta primero intervención	51
Tabla 3.5 Descripción de actividades de segunda intervención con el método convencional	52
Tabla 3.6 Costo directo del método a zanja abierta segunda intervención.....	53
Tabla 4.1 Tiempos de ejecución – primera intervención – Pipe Bursting.....	61
Tabla 4.2 Tiempos de ejecución – segunda intervención – Pipe Bursting.....	62
Tabla 4.3 Tiempo de rehabilitación de 0 – 10 m	63
Tabla 4.4 Comparación de cuadrillas	65
Tabla 4.5 Diámetros de tuberías en las intervenciones	68
Tabla 4.6 Velocidades de primera intervención	69
Tabla 4.7 Velocidades de segunda intervención	69
Tabla 4.8 Valores para factores por eficiencia en tiempo.....	71
Tabla 4.9 Valores para factores por operación del equipo	71
Tabla 4.10 Valores para factores por administración.....	72
Tabla 4.11 Valores para factores por tipo de material	72
Tabla 4.12 Valores para factores por afectación	73

Índice de Imágenes

Imagen 1.1 Tugger.....	8
Imagen 1.2: Unidad de fuerza hidráulica modelo TT-M9	9
Imagen 1.3 Caja de control.....	9
Imagen 1.4 Equipo de termofusión.....	10
Imagen 1.5 Cable de tiro.....	10
Imagen 1.6 Conos expansores de y 110 y 160mm.....	10
Imagen 1.7: Cable guía.....	11
Imagen 2.1 Cámara de empuje Verisight pro.....	25
Imagen 2.2 Cámara	25
Imagen 2.3 Carrete con cable de transmisión.....	25
Imagen 2.4 Pantalla de visualización	26
Imagen 2.5 Acoples para tuberías de diámetro de 50mm, 75mm y 110mm y llave de ajuste	26
Imagen 2.6 Cámara lista con acople para tubería de 75mm	26
Imagen 2.7 Ubicación tubería	32
Imagen 2.8 Ubicación tubería	33
Imagen 2.9: Ficha de pre-inspección, Sitio 1	34
Imagen 2.10 Ficha de pre-inspección, Sitio 2	34
Imagen 3.1 Mapa de ubicación de la primera intervención	42
Imagen 3.2 Lugar de la primera intervención.....	42
Imagen 3.3 Diagrama de Gantt de la primera intervención	43
Imagen 3.4 Mapa de ubicación de la segunda intervención.....	46
Imagen 3.5 Lugar de la segunda intervención	47
Imagen 3.6 Diagrama de Gantt de la segunda intervención.....	48
Imagen 3.7 Diagrama de Gantt de la primera intervención (zanja abierta).....	50
Imagen 3.8 Diagrama de Gantt de la segunda intervención (zanja abierta)	52
Imagen 4.1 Cuadrilla - Primera Intervención.....	64
Imagen 4.2 Simbología del personal para cuadrilla	64
Imagen 4.3 Cuadrilla Segunda Intervención	65
Imagen 4.4 Cuadrilla Pipe Bursting	66

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

Pipe Bursting o fracturación de tubería es uno de los métodos dentro del área de reposición de tuberías. Este método innovador cabe dentro de los métodos sin zanja, por lo cual es considerado por empresas y profesionales que lo utilizan, como un método eco-amigable, de menor riesgo, económico y rápido.

Pipe Bursting se originó en Inglaterra alrededor de 1980, con el fin de dar solución al problema de fugas en las tuberías de distribución de gas que pasaron de distribuir gas de carbón a gas natural. El gas natural tiene un menor valor calorífico que el gas de carbón, por lo cual este debería ser distribuido a los usuarios a una mayor presión de lo que podían resistir las ya deterioradas tuberías de hierro forjado existentes. Las fugas de gas son un peligro eminente para la salud pública por lo cual el reemplazo de estas tuberías era urgente. El hierro fundido deteriorado es ideal para fracturar, consecuentemente esta facilidad dio paso a este nuevo método y a la vez un escenario para empezar a utilizar tubería de polietileno. La combinación de estos dos factores dio todo el potencial para que el Pipe Bursting sea todo un éxito.

En varias ciudades del mundo las tuberías de distribución de gas, agua potable y de recolección de aguas servidas o agua lluvia, están llegando o ya han excedido su vida útil, siendo necesario su reemplazo por ello, Pipe Bursting al utilizar el mismo espacio y trayecto que ya ocupa la tubería existente, es un método de reposición versátil, y que facilita esta tarea y ayuda a satisfacer esta demanda de manera más

rápida ,además de ser un método económico, que emplea técnicas innovadoras y requiere de un personal calificado, Pipe Bursting sin embargo presenta algunas limitaciones por lo cual también se deben considerar los métodos tradicionales antes de elegir un método para realizar una intervención de reposición de tubería.

Desde su implementación en Inglaterra hace 35 años, el desarrollo de Pipe Bursting se ha venido dando de manera acelerada. Sin embargo Pipe Bursting tuvo muchos años de prueba antes de que fuera acogido por otros países como Alemania y Estados Unidos. Gracias a esta acogida y a la mejora de nuevas tecnologías de la época como la hidráulica, Pipe Bursting amplió su campo de aplicación de tuberías de distribución de gas al agua potable y alcantarillado debido a su eficiencia técnica y económica, así como también de fracturar materiales como el hierro fundido, concreto, asbesto y fibrocemento a fracturar materiales resistentes de alto impacto como el acero, hierro dúctil y sus respectivas conexiones. Además de fracturar tuberías de 25mm de diámetro a mayores de 1000mm de diámetro.

Existen tres sistemas principales dentro del Pipe Bursting: Dinámico, Estático y Calibre, los cuales son explicados más adelante en esta sección. La principal diferencia entre estos tres métodos es su fuente de energía y el modo de fracturar la tubería.

Esta tesis fue desarrollada dentro de la EPMAPS (Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento), por lo cual todos los equipos y maquinaria utilizada son de su propiedad, y la logística para llevar a cabo las pruebas y ensayos fue gracias a la cooperación inter-departamental que esta tiene.

1.1.1. Definición de Pipe Bursting

Pipe Bursting es un método eco-amigable sin zanja, que reemplaza a la tubería existente rompiéndola y desplazando sus fragmentos dentro del suelo que lo rodea, mientras que simultáneamente hala la nueva protección o tubería del mismo o mayor diámetro dentro del vacío creado. Este sistema sirve para la reposición de tuberías de redes presurizadas (agua potable y gas) y no presurizadas (alcantarillado).

1.1.1.1. Tipos de sistemas de Pipe Bursting

Los sistemas modernos de Pipe Bursting son distinguidos principalmente por el tipo de fuerza que se les transmite, su forma de romper la tubería y por su tipo de propulsión. A continuación se describen algunos de ellos.

1.1.1.2. Pipe Bursting Dinámico / Neumático

Traducido como Fracturación Dinámica/ Neumática de la tubería, este sistema es asistido por una wincha hidráulica portátil, el equipo funciona usando aire comprimido operando a una tasa de 180 a 580 golpes por minuto, cada golpe incrusta poco a poco el cono expansor.

Un martillo neumático es fijado a un cono expansor que se usa para romper y desplazar la tubería existente. Las herramientas o apliques para romper la tubería pueden estar al frente o en la parte posterior de este martillo horizontal (dependiendo de las condiciones de trabajo) y así transmitir la fuerza de axial en la

fuerza radial suficiente que permite la fracturación de la tubería existente. A continuación del martillo horizontal viene un expansor que desplaza los fragmentos de la tubería hacia el suelo circundante y agranda el orificio para que una nueva tubería del mismo o mayor diámetro pueda ser colocado simultáneamente mientras avanza el martillo horizontal.

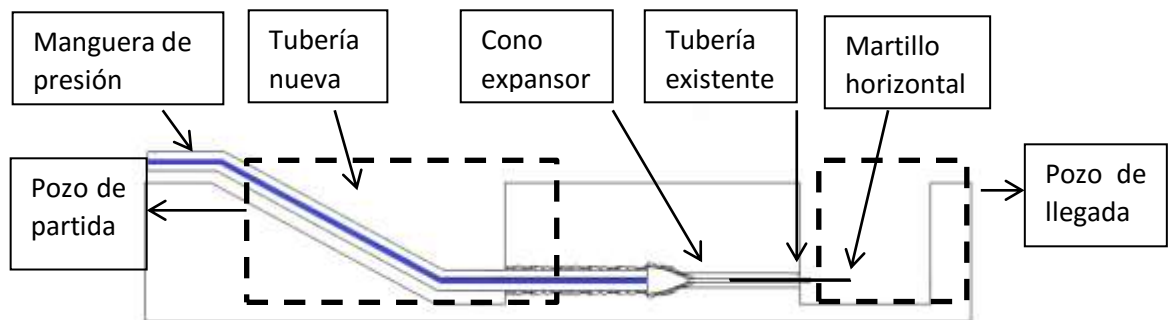


Gráfico 1.1 Esquema general Pipe Bursting Dinámico / Neumático
Fuente: (Plastics Pipe Institute, 2009)

1.1.1.3. Pipe Bursting Estático

Traducido como fracturación estática de tubería, este sistema funciona a través de un sistema de ajuste rápido (quick lock system) para la unión de las barras de rompimiento que tiene una configuración tipo.

Al inicio, una plataforma hidráulica se ubica en el pozo de llegada conjuntamente con una vara guía flexible, que permite asegurar el trayecto de las barras de rompimiento a través de la tubería existente. Al extremo de la vara guía, el cono expansor y la barra de rompimiento son conectadas en el pozo de partida y la plataforma hidráulica hala el cono expansor hacia el pozo de llegada, los pedazos

de tubería fragmentada son desplazados hacia el suelo circundante mientras la tubería nueva es colocada en el sitio simultáneamente.

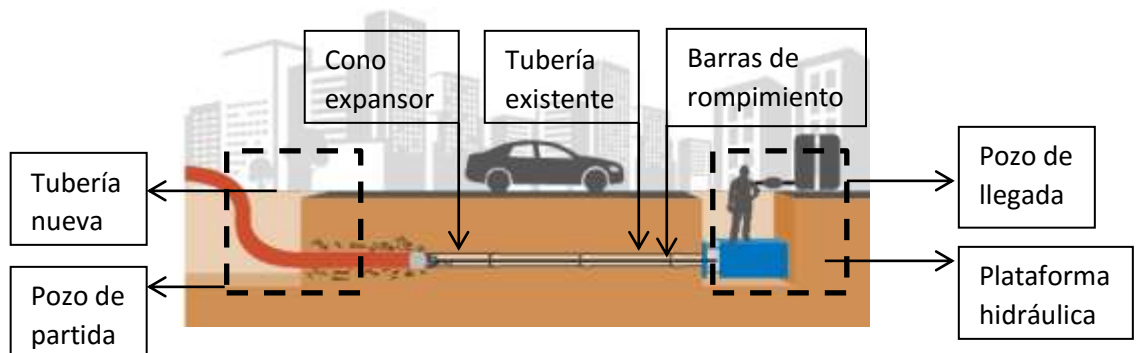


Gráfico 1.2 Esquema general Pipe Bursting Estático
Fuente: (Tracto-Technik, 2015)

1.1.1.4. Pipe Bursting Calibre

Traducido como rompimiento de tubería de calibre, este sistema no fractura a la tubería sino es una alternativa para reparaciones o para colocar revestimiento en la tubería existente.

Este método es aplicable cuando se evidencia agrietamientos en la tubería, deformaciones locales o colapsos parciales, al usar este sistema existe una reducción del diámetro de la tubería y se debe analizar si la capacidad hidráulica de la tubería existente permite realizar esta reducción del diámetro.

Este no es un método de fracturación de tubería, este es un método de revestimiento de tubería. Por lo cual existe una pequeña reducción del diámetro de la tubería. Este método sirve para mejorar las características hidráulicas de la tubería.

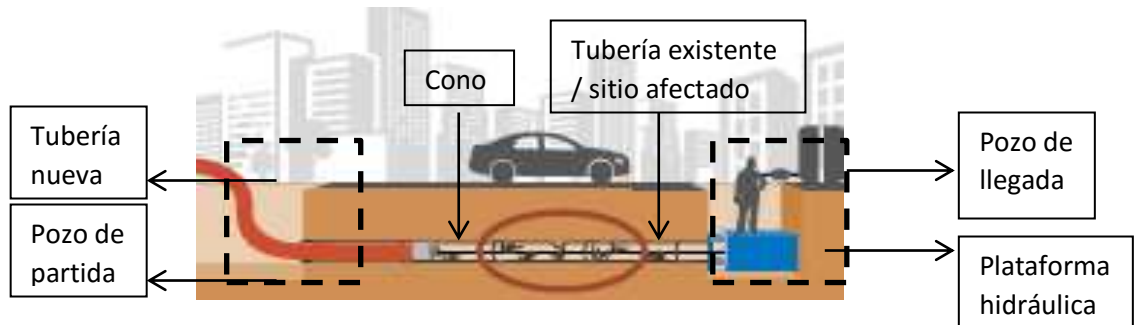


Gráfico 1.3 Esquema general Caliber Pipe Bursting
Fuente: (Tracto-Technik, 2012)

1.2. Descripción del funcionamiento y principales componentes del equipo Pipe Bursting–GRUNDOTUGGER

Los equipos de Pipe Bursting tienen por lo general componentes similares dependiendo de la potencia y el tipo de tecnología. Para el presente estudio se desarrollará el detalle de los componentes del equipo, *GRUNDOTUGGER Lateral Bursting System*, creado por la empresa norte americana TT Technologies con sede en Aurora, IL, la misma que tiene ya más de 40 años en el mercado y en el campo del método de la reposición de tuberías sin zanja. TT Technologies es la empresa hermana de TT Tracto-Technick fundada en Alemania.

Para fracturar la tubería el equipo aplica una gran fuerza de tensión al cable de tiro para halar el cono expansor desde el pozo de partida hasta el pozo de llegada. La fuerza de halado horizontal es transferida por el cono expansor en una fuerza radial para romper la tubería y aumentar el orificio para proveer de espacio suficiente para la nueva tubería.

1.2.1. Características y componentes:

Dentro de las principales características del equipo *GRUNDOTUGGER* se encuentran:

- El equipo utiliza el método Pipe Bursting Estático
- Sistema de fragmentación de tubería de diámetros de 110 a 300mm, se puede reemplazar tuberías del mismo diámetro o se puede aumentar el diámetro de la tubería hasta tres medidas, es decir de 110 a 250mm, lo cual representa un aumento del 250%.
- Alcance de hasta 60m.
- Ningún componente pesa más de 35kg.
- Acople para mini-excavadora para ser instalado dentro del pozo.
- No utiliza dientes para la retracción del cable lo cual le brinda una mayor vida útil.
- No requiere de un compresor de aire.
- Velocidad: En la tabla 1.1, se detalla la relación flujo – velocidad, el mismo que permite identificar la velocidad de la unidad de poder hidráulico de acuerdo a las condiciones del suelo.

Tabla 1.1 Relación flujo – velocidad

Flujo (gpm)	Velocidad a 3,000psi máx. (m/min)
5	0.91
10	1.71
15	2.44

Fuente: (TT Technologies, Inc., 2003)

Entre sus componentes principales y accesorios:

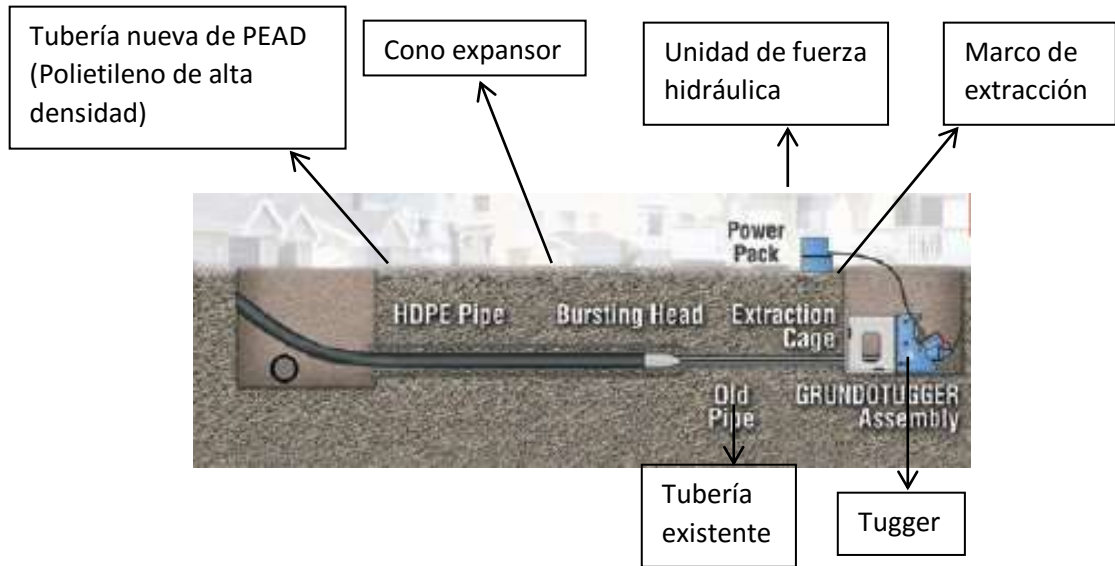


Gráfico 1.4 Esquema general GRUNDOTUGGER
Fuente: (TT Technologies, Inc., 2006)

-*TUGGER*: Que es el accionador de la fuerza de halado del cable de acero y se compone por las placas frontal e inferior más el marco de extracción (armazón).



- Doble tracción
- Carrera 152.4 mm
- Transmite 25 Ton de fuerza a 2550 Psi.
- Peso: 108.86 (kg)

Imagen 1.1 Tigger
Fuente: (TT Technologies, Inc., 2003)

Tabla 1.2 Componentes armazón tigger

Componentes del armazón del TUGGER	Dimensiones (cm)			Peso (kg)
	L(largo)	W(ancho)	H(altura)	
Placa frontal	3.18	60.96	60.96	28.12
Placa inferior	91.44	60.96	3.18	21.77
Marco de extracción	40.64	36.83	48.26	29.03

- UNIDAD DE FUERZA HIDRÁULICA MODELO TT-M9: Sistema de fuerza hidráulica.



Imagen 1.2: Unidad de fuerza hidráulica modelo TT-M9
Fuente: (Tracto-Technik, 2012)

Tabla 1.3 Características Unidad de fuerza hidráulica modelo TT-M9

Dimensiones (mm) L(largo) x W(ancho) x H(altura)	Potencia Entregada (HP)	Presión (bar)	Flujo (GPM)	Peso (kg)	
1320 x 690 x 990	13.41	130	11.36	Con tanque de combustible y de aceite hidráulico vacío	Con tanque de combustible y de aceite hidráulico lleno
				342	420

Fuente:

-CAJA DE CONTROL: Es el nexo entre el TUGGER y la unidad de fuerza hidráulica



Imagen 1.3 Caja de control
Fuente: (Tracto-Technik, 2012)

ACCESORIOS:

- Equipo de termofusión: armazón con facer y placa de calentamiento

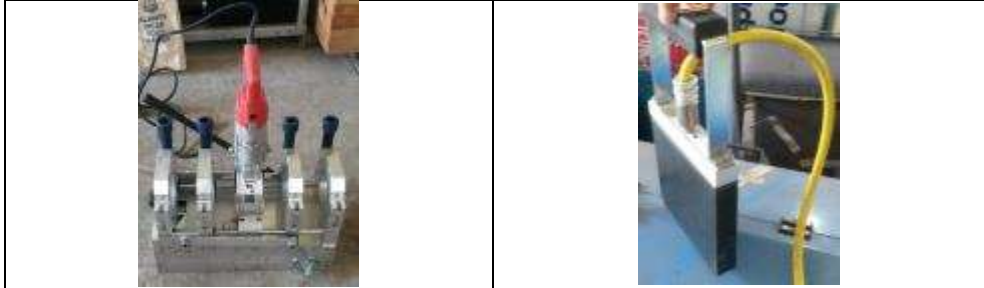


Imagen 1.4 Equipo de termofusión

- Cable de tiro: ¾" cable stretch 60m, 36ton



Imagen 1.5 Cable de tiro

- Conos expansores: hechos de acero de 110 y 160mm respectivamente



Imagen 1.6 Conos expansores de y 110 y 160mm

- Cable guía: Sirve para para el cable de tiro del pozo de partida al pozo de llegada.



Imagen 1.7: Cable guía

1.2.2. Tubería de polietileno

En el método Pipe Bursting es recomendado utilizar tubería de polietileno de alta densidad y de mediana densidad ya que este tipo de tuberías ofrecen una mejor continuidad, flexibilidad y versatilidad.

La continuidad se logra mediante el proceso de termofusión, la cual se realiza en campo y garantiza una unión hermética y monolítica. La flexibilidad de esta tubería permite que se ajuste a la forma del terreno y es versátil porque puede ser utilizable para sistemas de gas, agua potable u alcantarillado.

Características de la tubería de polietileno

- Su interior liso reduce la fricción entre el flujo y la pared de la tubería mejorando las características hidráulicas del sistema.
- No se corroe.
- No se descompone.
- No se oxida.
- Su desgaste es menor comparado con las tuberías de fibrocemento.

- No promueve el crecimiento bacteriológico.
- Producto reciclable amigable con el medio ambiente.
- La unión que utiliza es mediante procesos de termofusión o electrofusión las cuales garantizan hermeticidad y se vuelve un elemento monolítico.
- Resistencia a la degradación ultravioleta y térmica.
- Bajo coeficiente de fricción y casi nula rugosidad.
- Alto coeficiente de dilatación térmica lo cual podría provocar problemas, sin embargo si la tubería es correctamente instalada y contenida, se expande y se contrae sin afectación o sin producir daños al sistema.

Tipos de tubería de polietileno:

- Polietileno de Alta Densidad (PEAD): se obtiene por medio de la polimerización del etileno a bajas presiones. Densidad mayor a 0.95 gr/cm³ (PE 100).
- Mediana densidad: es un polímero cuya densidad está comprendida entre 0.93 y 0.95 gr/cm³ (PE 80).
- Baja densidad: se obtiene por medio de la polimerización del etileno a altas presiones. Densidad está comprendida entre 0.91 y 0.93 gr/cm³ (PE 40).

Unión mediante la termofusión:

Existen varios tipos de unión para tubería de polietileno, sin embargo la presenta mejores características es la unión por termofusión. Ya que garantiza una unión monolítica y la hermeticidad, además que este proceso ya se encuentra normalizado en algunos países del mundo como Alemania y Estados Unidos.

Esta unión se base en la aplicación de calor a las áreas de unión (caras de la tubería) y se une mediante el empleo de presión mecánica o hidráulica dependiendo del equipo de termofusión que se esté utilizando. La temperatura a la

cual se debe calentar las placas depende de las especificaciones técnicas de cada fabricante.

La unión por termofusión se la controla visiblemente en el sitio inmediatamente después de ser realizada, el gráfico 1.5 nos muestra como la unión debe tener los labios paralelos e uniformes, no se permiten aberturas o porosidades. Si se hallan algunas de estas se debe cortar la unión realizada y se deber volver a realizarla.

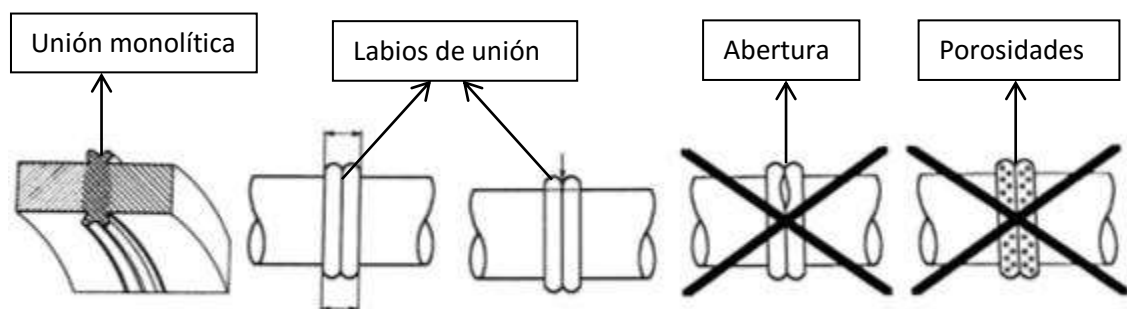


Gráfico 1.5 Control visual de la unión por termofusión
Fuente: (Ritmo Plastic Welding Technology, 2012)

1.2.3. Ventajas del equipo GRUNDOTUGGER:

- Puede realizar curvas de hasta 45°.
- Ideal para realizar trabajos en sitios de difícil acceso.
- Se puede unir los tramos de tubería a través de un equipo de termofusión mientras se la va instalando.
- Se puede hacer la reposición de la tubería sin aumentar costos y sin mayor afectación a los moradores.

1.2.4. Condiciones de trabajo:

-Dimensiones mínimas del pozo de partida (LxWxH) (cm)

El siguiente gráfico es un esquema general que proporciona las mejores condiciones de trabajo con las dimensiones mínimas, para el tendido de la nueva tubería que ingresa y se asienta en el pozo de partida para los distintos escenarios que se puedan presentar ya que la altura que se encuentra la tubería (H) es variable.

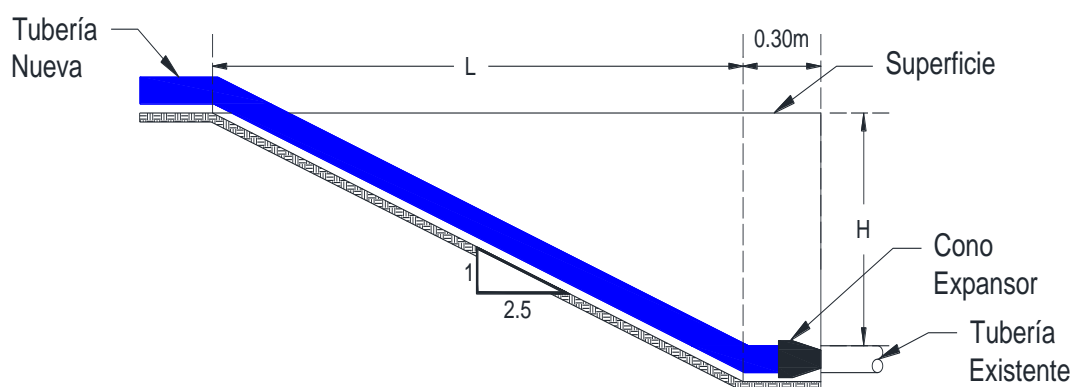


Gráfico 1.6 Esquema general de las dimensiones mínimas del pozo de partida – vista transversal

Dónde:

H= es la altura del pozo desde la superficie hasta la clave de la tubería.

$$L = 2.5 * H$$

El ancho de la zanja será de mínimo 0.60m

- Dimensiones mínimas del pozo de llegada (L x W x H)(cm):

El siguiente gráfico es un esquema general que proporciona las mejores condiciones de trabajo con las dimensiones mínimas, para el equipo Grundotugger que se asienta en el pozo de partida.

125cm x 70cm con y sin marco de extracción

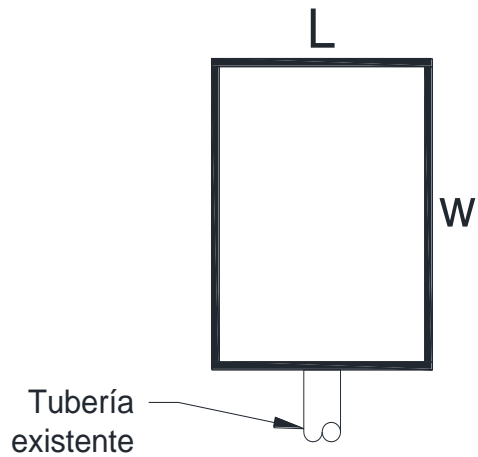
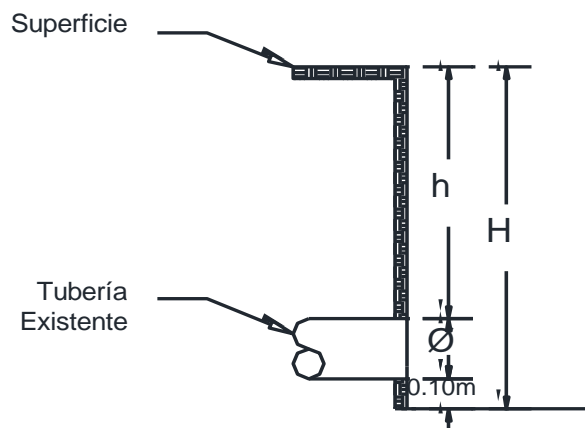


Gráfico 1.7 Esquema general de las dimensiones mínimas del pozo de llegada – vista en planta

La profundidad del pozo de llegada deberá ser 0.10m por debajo del invert (punto más bajo de la tubería) de la tubería existente



Dimensiones pozo de llegada – vista transversal

Gráfico 1.8 Esquema general de las dimensiones mínimas del pozo de llegada – vista transversal

$$H = h + \Phi + 0.10m$$

Dónde:

H= Profundidad del pozo de llegada

h= Distancia desde la superficie hasta la clave de la tubería

Φ= Diámetro exterior de la tubería

- En el caso de tener que excavar un pozo nuevo, el Tugger debe estar sujeto a un suelo firme, si se está trabajando en suelos blandos se debe colocar maderas de apoyo en la placa frontal.
- No deben haber restos de suelo o escombros debajo del Tugger, es decir la superficie debe estar plana.

1.2.5. Operación

1. Determinar los pozos o cajas de revisión de partida y de llegada
2. Colocar el cable de tiro dentro de la tubería existente
3. Ubicar el Tugger dentro del pozo de llegada
4. Conectar el cable de tiro al tugger
5. Conexión Tugger, caja de control y unidad de fuerza hidráulica
6. Conexión al cono expansor
7. Operación del tugger
8. La unión de tuberías se hará mediante termofusión y cuando y donde realizarla quedara a criterio del operador
9. Finalización del tiro y remoción de Tugger

1.2.6. Tipos de escenarios de operación

A continuación se describirán los posibles escenarios en los cuales se podría tener que operar el equipo. Los pozos o cajas existentes son aquellos que ya se encuentran contruidos, conformados por elementos de hormigón. Los pozos o cajas provisionales son aquellos que se tiene que construir para poder cumplir con

el alcance de la intervención. Para aclarar el orden de los pozos en cada caso es pozo de partida a pozo de llegada

1.2.6.1. De pozo o caja existente a pozo o caja existente

Esta variante permite aprovechar los pozos o cajas de revisión ya existentes de la red de alcantarillado, con la limitación de que el pozo o caja de revisión debe tener un diámetro mínimo de 1000mm; el *GRUNDOTUGGER* se asienta en el fondo del pozo o caja y crea un soporte contra la estructura existente, brindando condiciones óptimas de trabajo, dependiendo del tipo de suelo y las condiciones del lecho de la tubería existente este procedimiento permite la reposición de tubería de 50mm hasta 200mm logrando una distancia máxima de 70m. (M. Rameil, pg. 38, 2007)

1.2.6.2. De pozo o caja existente a pozo o caja de provisional

Esta es una variante muy poco utilizada ya que el pozo o caja de llegada donde se asienta el *GRUNDOTUGGER*, es un pozo nuevo el mismo que no brinda las mejores condiciones de trabajo, por lo que está en contacto directo con el suelo y se necesitan ciertas condiciones de trabajo para poder ser utilizado. (M. Rameil, pg. 39, 2007)

1.2.6.3. De pozo o caja provisional a pozo o caja existente

Esta es una variante igual ventajosa, ya que de igual manera el pozo o caja de llegada (pozo de revisión existente) es donde se asienta el *GRUNDOTUGGER*. En este método como el pozo o caja de partida es un pozo o caja nuevo, este se puede hacer de las dimensiones que se necesite, por lo cual es más versátil y puede usarse distintos tipos de herramientas de rompimiento dependiendo del tipo de trabajo, ya que la limitación de espacio que presentan los pozos de revisión existentes solo permite utilizar herramientas de

rompimiento más pequeñas. Al poder utilizar estas herramientas de rompimiento más grandes se puede lograr distancias de hasta 120m porque se requiere de una unidad de fuerza más grande. (M. Rameil, pg. 40, 2007)

1.2.6.4. De pozo o caja provisional a pozo o caja provisional

Esta variante es considerada como la más rápida y efectiva justamente por el uso de herramientas de rompimiento más grandes y unidades de poder más grandes, con la posibilidad de llegar hasta 270m de reposición de tubería en un solo tiro, pero esto depende del tipo de suelo y de las condiciones del lecho de la tubería existente. (M. Rameil, pg. 41, 2007)

CAPÍTULO II CONDICIONES DE OPERACIÓN DE EQUIPO

“PIPE BURSTING”

De acuerdo a la NASSCO (National Association of Sewer Service Companies) la dificultad que se puede presentar en un proyecto de Pipe Bursting se puede clasificar en la siguiente tabla, en orden descendente y hacia la izquierda.

Tabla 2.1 Clasificación de la NASSCO de la dificultad de un proyecto de Pipe Bursting

Criterio	A - Rutina	B – Moderadamente Díficil a Díficil	C – Díficil a Extremadamente Díficil
Profundidad	< 3.65m	3.65m a 5.50m	> 5.50m
Φ Tubería Existente	110mm a 300mm	300mm a 500mm	> 500mm
Φ Tubería Nueva	Mismo tamaño o un tamaño más	Dos tamaños más	Tres tamaños o más
Longitud	< 105m	105m a 135m	> 135m
Ancho de Zanja	Relativamente ancha en comparación con el Φ exterior del cono expansor	100mm a 200mm más ancho que el Φ exterior del cono expansor	Menos de 100mm más ancho que el Φ exterior del cono expansor
Tipo de Suelo	Suelos compresibles	Suelos moderadamente compresibles	Suelos duros

Fuente: (Plastics Pipe Institute, 2009)

2.1. Condiciones óptimas para la operación del equipo “Pipe Bursting”

Las condiciones más favorables para la operación del equipo Grundotugger son:

- Cumplir con las dimensiones mínimas de los pozos de partida y de llegada.
- La tubería no debe presentar ningún tipo de obstrucción que dificulte el paso del cable de tiro durante la instalación del tugger en el pozo de llegada.
- La tubería no puede estar colapsada.

- La tubería no debe presentar giros o desviaciones pronunciadas.
- Es favorable si la tubería se encuentra en un suelo blando que en uno duro o una roca.
- Es favorable si el nivel freático se encuentra por debajo de la tubería.
- **Altura mínima de relleno:** se debe considerar desde la parte superior de la tubería hasta la superficie con la finalidad de evitar un posible levantamiento de la superficie el mismo que puede ocasionar daños al pavimento, aceras o piso. Se determina con la siguiente fórmula:

$$H_{min}=10*CE$$

$$CE= \Phi_{ext}C_{exp}- \Phi_{int}T_{exi}$$

Dónde:

Hmin: Altura mínima

CE: Coeficiente de expansión

$\Phi_{ext}C_{exp}$: Diámetro exterior del cono expansor

$\Phi_{int}T_{exi}$: Diámetro interior de la tubería existente

El coeficiente de expansión es la diferencia en el diámetro externo del cono expansor menos el diámetro interno de la tubería existente.

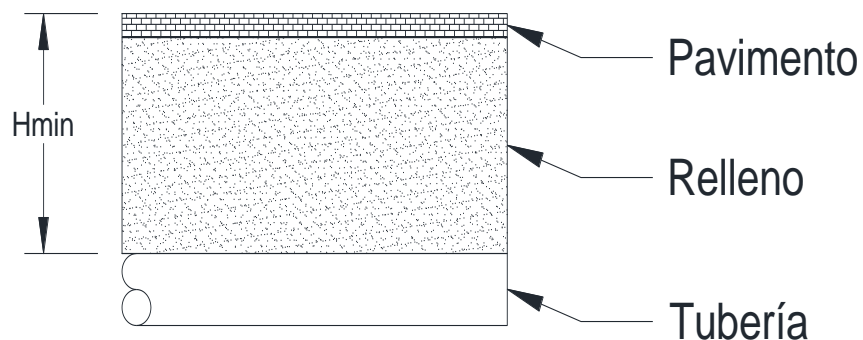


Gráfico 2.1 Altura mínima de relleno

Ejemplo 1.-

$$\Phi_{extCexp} = 205\text{mm}$$

$$\Phi_{intTexi} = 110\text{mm}$$

$$CE = 205\text{mm} - 110\text{mm} = 95\text{mm}$$

$$H_{min} = 10 * 95\text{mm} = 950\text{mm} = 0.95\text{m}$$

- **Distancia mínima a tuberías adyacentes:** esta distancia mínima sirve para proteger a las tuberías que se puedan encontrar cercanas a la tubería a intervenir. Esto depende de las características del suelo (cohesión y compresibilidad principalmente), para **suelos cohesivos la distancia recomendada es tres veces el CE**, para **suelos no cohesivos la distancia recomendada es de cinco veces el CE**, sin embargo en ambos casos se recomienda una **distancia mínima de 40cm** y en caso de los suelos cohesivos si la tubería existente a intervenir es de 150mm o menos y la tubería adyacente no es frágil o está en mal estado, esta distancia mínima de 40cm se puede reducir a 30cm.

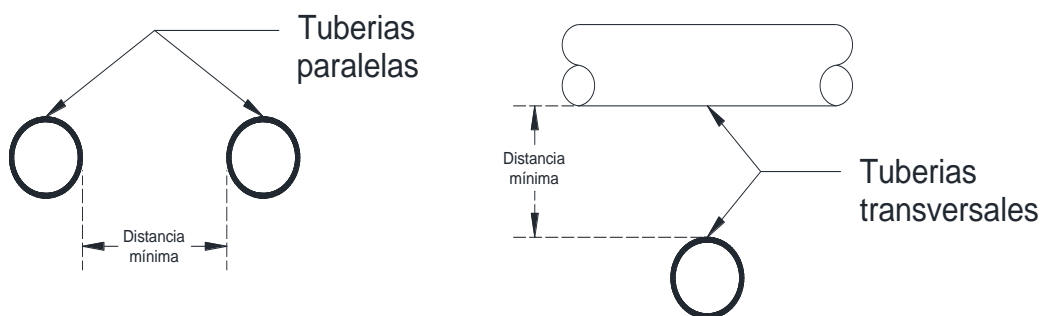


Gráfico 2.2 Distancia mínima a tuberías adyacentes

Ejemplo 2.-

Tomando el ejemplo 1, $\Phi_{intTexi} = 110\text{mm}$ y para un suelo cohesivo

$$3 \times 95\text{mm} = 285\text{mm} = 28.5\text{cm}$$

$$28.5\text{cm} < 30\text{cm}$$

Por lo tanto la distancia mínima entre tuberías adyacentes debe ser 30cm

Esta altura mínima de relleno y distancia mínima a tubería adyacentes, se debe tomar en cuenta para evitar posibles daños a estructuras ajenas y complicaciones al proyecto de pipe Bursting en curso ya que el suelo presenta el siguiente comportamiento. Pipe Bursting es un proceso que crea un orificio alrededor de la tubería existente, esto hace que se produzca una compresión en el suelo y se forme una zona plástica alrededor de la tubería nueva como se puede observar en el gráfico 2.1.

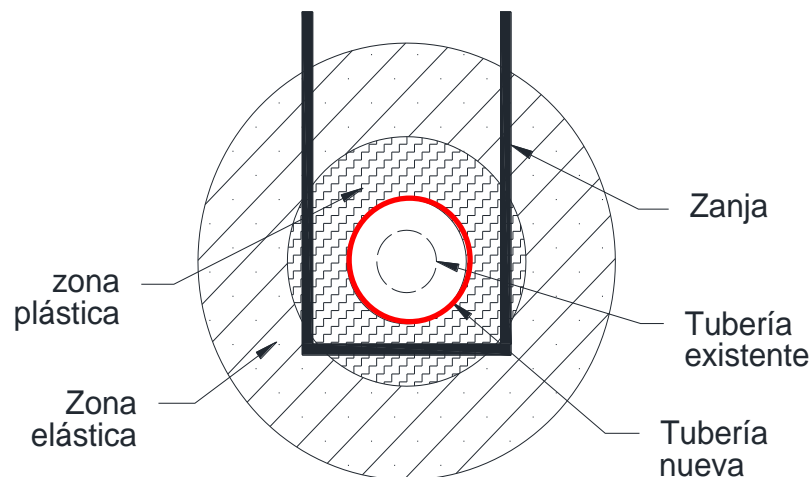


Gráfico 2.3 Esquema general del comportamiento del suelo
Fuente: (Plastics Pipe Institute, 2009)

2.2 Inspección y diagnóstico CCTV (Circuito Cerrado de Televisión) para establecer el lugar con las condiciones óptimas de uso y operación del equipo “Pipe Bursting” en la ciudad de Quito.

Este subcapítulo abarca las actividades de inspección televisiva, evaluación y diagnóstico del tramo(s) de tubería, con la finalidad de determinar la necesidad de rehabilitación a través del equipo de Pipe Bursting.

2.2.1 Inspección televisiva de la tubería

La inspección televisiva es una de las técnicas más efectivas de inspección ya que con los resultados del video filmación se puede efectuar un diagnóstico completo del estado de la tubería. Con el uso de cámaras especiales se puede verificar visualmente la presencia de defectos estructurales, de operación y mantenimiento y características de construcción.

La información recopilada de la inspección televisiva es la siguiente:

- Tipo de material y si existe un cambio de material
- Diámetro nominal y si existe un cambio de diámetro
- Longitud de la inspección
- Profundidad de la tubería desde la superficie hasta el invert
- Cambios en la alineación de la tubería ya sean verticales, horizontales, izquierda o derecha
- Punto de empate de acometidas

- Defectos en tuberías, de acuerdo al programa de certificación para la evaluación de tuberías PACP(véase 2.2.3.1)

2.2.1.1 Equipos de inspección televisiva

En la actualidad el sistema de alcantarillado del DMQ(Distrito Metropolitano de Quito) tiene aproximadamente 6134km de extensión, el cual incluye colectores principales, redes secundarias y pozos de revisión, además que el caudal de la ciudad ha aumentado drásticamente durante los últimos años debido al vertiginoso crecimiento poblacional, adicionalmente debido a su antigüedad (creada al inicio del siglo XX) el sistema ha comenzado a presentar problemas estructurales y operativos, lo cual ha provocado inundaciones y colapsos de tuberías y colectores. Por este motivo el sistema de alcantarillado debe ser monitoreado permanente para una correcta programación de mantenimientos preventivos y de ser el caso, mantenimientos y obras correctivas.

De manera adicional, para las obras de Rehabilitaciones y Construcciones nuevas de redes de alcantarillado, previo a su Recepción, se programa la inspección televisiva, con el objetivo de determinar posibles fallas en la instalación. Como referencia, cabe indicar que el año pasado se instalaron aproximadamente 42.5 kilómetros de redes en el DMQ hasta el 2015.

Para cubrir la demanda actual y futura de inspección televisiva, la EPMAPS ha creído conveniente incorporar tecnología de punta para establecer los problemas estructurales y operaciones de las tuberías de alcantarillado, para lo cual ha

realizado la adquisición de varios equipos de inspección televisiva entre ellos la cámara de empuje manual, equipo con el cual se ha desarrollado la presente tesis.

-Cámara de empuje manual.-



Imagen 2.1 Cámara de empuje Verisight pro

Este equipo es un modelo bastante sencillo ya que se compone básicamente de una cámara, carrete que contiene el cable de transmisión, pantalla de visualización y acoples para tuberías de diámetro de 50mm, 75mm y 110mm por lo cual no requiere de una logística compleja y de un mínimo personal para su operación. Este equipo sirve para hacer inspecciones de tuberías con diámetro de 50mm hasta 250mm.



	
<p>Imagen 2.4 Pantalla de visualización</p>	<p>Imagen 2.5 Acoples para tuberías de diámetro de 50mm, 75mm y 110mm y llave de ajuste</p>
	
<p>Imagen 2.6 Cámara lista con acople para tubería de 75mm</p>	

La inspección con este equipo es bastante sencilla, se procede a colocar el acople de acuerdo al tamaño de tubería a inspeccionar, se introduce en el interior del tubo y se la empuja a través de la misma desde el cable de transmisión, una vez inspeccionado el tramo se procede a retirar la cámara de la tubería, halando y enrollando el cable en el carrete.

Es importante mencionar que, para la operación de este equipo es necesario que el personal operativo entre a los pozos de revisión, es por esto que la EPMAPS dota completamente al personal operativo de los equipos de protección personal (casco, guantes, mascarillas, etc.) y brinda cursos de capacitación para trabajo en espacios confinados, para cumplir con todos los requerimientos legales y asegurar la salud de sus operadores.

2.2.2 Diagnóstico de la tubería

La Unidad de Diagnóstico del Sistema de Alcantarillado de la EPMAPS, es la encargada de realizar la evaluación y diagnóstico de la red de alcantarillado y para ello utiliza la norma norteamericana PACP (Pipeline Assessment & Certification Program) emitida por la institución NASSCO. Esta herramienta permite la elaboración de planes preventivos o correctivos en los que se realizan recomendaciones de rehabilitación puntual, limpieza o reparación total de los tramos inspeccionados. De esta manera se garantiza un buen comportamiento operativo y estructural de las redes de alcantarillado.

De acuerdo a las exigencias de la EPMAPS, el Departamento de Alcantarillado ha establecido los grados de aceptación de un defecto para la calificación del tramo inspeccionado de acuerdo a la calificación obtenida de la norma PACP.

2.2.2.1 Codificación de defectos un tramo de tubería de alcantarillado según la norma PACP

Este sistema de codificación permite determinar de manera cualitativa el estado de un tramo de tubería, para así poder priorizar las medidas correctivas o preventivas basándose en la magnitud de los defectos, es aplicable cuando se realizan inspecciones televisivas, donde se pueda observar claramente los defectos internos que pueda presentar la tubería.

Esta norma tiene una matriz de códigos por cada defecto y este a su vez un grado de severidad. La calificación va desde 1 que es de menor daño al 5 que representa los más significativos.

Como se mencionó los grados son asignados de acuerdo a la severidad del defecto, el porcentaje de restricción en la capacidad del tubo o el deterioro que presente la pared de la tubería; sin embargo, aunque un tramo de tubería presente un daño de grado 5 este no implica u obliga a que este tramo sea reemplazado completamente. Es necesario tomar en cuenta factores como material de la tubería, la profundidad de la misma, el tipo de suelo y la integridad estructural del resto de la tubería, porque el daño también puede ser solucionado con una reparación puntual, siempre y cuando no presenten factores como: sobrecarga hidráulica, presencia de raíces o presencia de agua subterránea.

La norma PACP clasifica a los defectos en los siguientes grupos:

- **Defectos Estructurales:** En este grupo se describen anomalías en la integridad estructural de la tubería:

1. Grieta
2. Fractura
3. Rotura
4. Agujero
5. Deformación
6. Colapso
7. Junta

8. Daño superficial
9. Pandeo
10. Falla de soldadura
11. Reparación puntual
12. Características de revestimiento
13. Mampostería

- **Defectos de Operación y Mantenimiento:** son aquellos que muestran la presencia de varios tipos de objetos ajenos al sistema de alcantarillado:

1. Depósitos: Adheridos, precipitaciones e incorporados
2. Raíces
3. Infiltración
4. Obstáculos / Obstrucciones
5. Alimañas
6. Pruebas y sellado con lechadas químicas

- **Defectos por características de construcción:** son aquellos relacionados con los métodos utilizados en la construcción de alcantarillados:

1. Acometida
2. Sello penetrante
3. Línea(dirección / alineación de la red de alcantarillado)
4. Punto de acceso

- **Defectos misceláneos:** son aquellos que no encajan en los grupos de los defectos anteriores:

1. Cambio de forma y/o tamaño
2. Cambio de material
3. Nivel de agua
4. Inspección abandonada
5. Prueba con colorante

Los grados de severidad son los siguientes:

- 5 – Defectos más significativos
- 4 – Significativo
- 3 – Moderado
- 2 – Menor ha moderado
- 1 – Menor

2.2.2.2 Método de clasificación de la condición de un tramo de tubería según la norma PACP

Los siguientes procedimientos son utilizados para calcular la clasificación de una tubería:

- **Clasificación global de la tubería:** esta clasificación suma las cinco puntuaciones del tramo inspeccionado, para hacer la clasificación estructural o de operación y mantenimiento, es decir solo suma los defectos por grupo.
- **Clasificación rápida de la PACP:** es un método para expresar la ocurrencia de los dos grados de severidad más altos, igual una clasificación para los defectos estructurales y otra para los defectos de operación y mantenimiento.

Una vez establecido el defecto y el grado de severidad el sistema se procede con la lectura del tramo y la recomendación final, esta calificación se basa a las exigencias establecidas por el Departamento de Alcantarillado de la EPMAPS.

2.2.3 Selección de los tramos de tubería a intervenir con el equipo “Pipe Bursting”

Para que un tramo de tubería pueda ser apto para ser intervenido con el equipo de pipe Bursting deberá cumplir con los siguientes requisitos:

- Presentar daños que justifiquen su intervención.
- Los daños que presente la tubería no deberá impedir la implementación o el funcionamiento del equipo (cambios de dirección, cambios de pendiente, pandeos o sesgos muy pronunciados).
- Accesibilidad en el sitio de los pozos de partida y de llegada para que puedan entrar los equipos.

Para la selección de los sitios, se tomó como referencia la información catastral del programa SigSa (Sistema de información geográfica de saneamiento), en la que se identificaron los tramos de redes de 110 a 160mm.

La selección de la tubería se realizó de la siguiente manera:

- 1.) **Ubicación en los planos referenciales de los tramos de tubería aptos para una pre-inspección.**

Utilizando el sistema SigSa, se pasó toda red de alcantarillado del Distrito Metropolitano de Quito por un filtro mostrando solo las tuberías de 160mm,



Imagen 2.8 Ubicación tubería

Fuente: Sistema de información geográfica de saneamiento, EPMAPS 2015

Pre-inspección

Una vez ya determinados los posibles sitios, se hace la visita en campo y se verifica la accesibilidad de los pozos, su estado, longitud real del tramo, profundidad de la tubería en ambos extremos, el diámetro y si cumple las condiciones necesarias, se programa la inspección televisiva.

De los 45 posibles sitios a intervenir escogidos en oficina, solo 7 pasaron el filtro de pre-inspección para ser inspeccionados mediante la cámara de empuje.

A continuación se muestran las fichas de pre-inspección de los dos sitios donde se hicieron las intervenciones.

Ficha de Preinspección		
Sitio No.:	1	fecha: 18/09/2015
Calle principal:	El Tiempo	
Calle transversal:	El Telégrafo	
Escenario de trabajo:	Pozo existente a caja existente	
Croquis de la tubería:		
Dirección de inspección:	P1 - S1 ; P1 - S2	
Φ:	150mm	
Long P1 - S1=	40,00m ; Long P1 - S2= 35,00m	
h superficie - P1(S1)=	1,50m ; h superficie - S1= 0,50m	
h superficie - P1(S2)=	1,60m ; h superficie - S2= 0,50m	

Imagen 2.9: Ficha de pre-inspección, Sitio 1

Ficha de Preinspección		
Sitio No.:	2	fecha: 18/09/2015
Calle principal:	José Abascal	
Calle transversal:	Portete	
Escenario de trabajo:	Pozo existente a caja existente	
Croquis de la tubería:		
Dirección de inspección:	P2 - S3 ; P2 - S4	
Φ:	150mm	
Long P2 - S3=	25,80m ; Long P2 - S4= 25,80m	
h superficie - P2(S3)=	1,50m ; h superficie - S1= 0,50m	
h superficie - P2(S4)=	1,60m ; h superficie - S2= 0,50m	

Imagen 2.10 Ficha de pre-inspección, Sitio 2

2.) Inspección televisiva

Mediante la inspección televisiva se verifica la integridad estructural y operativa del tramo de tubería, es importante que en estos trabajos se inspeccione todo el tramo ya que con esto se constata que no existe algún cambio de dirección o colapso del sistema. Y de esta manera se justifica su intervención.

De los 7 sitios que pasaron el filtro de pre-inspección, solo se escogieron dos tramos a ser intervenidos una vez realizadas las inspecciones televisivas ya que mostraban las mejores condiciones para ser intervenidas.

A se muestran los informes de las inspecciones televisivas de la UDSA de los dos sitios donde se hicieron las intervenciones (**ver Anexo2**).

CAPÍTULO III ANÁLISIS DE COSTOS MEDIANTE EL MÉTODO CONVENCIONAL A ZANJA ABIERTA Y EL EMPLEO DEL EQUIPO “PIPE BURSTING”

En este capítulo se presentará los respectivos análisis de costos directos a partir de cuadros representativos de los dos métodos de rehabilitación (Pipe Bursting y método convencional), se elaborarán tablas y gráficos comparativos de los métodos.

En la sección 3.1 se tiene el análisis de costos con el equipo “Pipe Bursting - *GRUNDOTUGGER*”, en la sección 3.2 se tiene el análisis de costos con método convencional (zanja abierta) y en la sección 3.3 comparación de costos entre los métodos de rehabilitación y un análisis de costo por metro.

Vale recalcar que no se tomarán en cuenta los costos y beneficios sociales que otorga el uso del equipo de Pipe Bursting – Grundotugger.

3.1 Costo de rehabilitación con el método de “Pipe Bursting”

3.1.1 Costo horario del equipo Pipe Bursting – Grundotugger

Es necesario obtener el costo horario de este equipo para poder hallar la tarifa horaria de operación para poder realizar el análisis de precios unitarios y así obtener el costo directo.

En costo horario de un equipo tiene tres componentes:

- Costos de Propiedad
- Costos de Operación
- Costos de Mantenimientos

A continuación se describirá como se obtuvo el costo horario de equipo Pipe Bursting – Grundotugger.

Costos de Propiedad (A)

El costo de propiedad se constituyen por: los valores correspondientes de amortización del equipo, los intereses generados y seguros de protección. El alcance de esta tesis solo abarca los costos directos por lo cual los intereses y los seguros no serán tomados en cuenta para este cálculo.

Se calculara la amortización horaria:

$$\text{Amortización/hora} = \frac{\text{Valor neto para amortización}}{\text{Período de vida útil (h)}}$$
$$\text{Valor neto por amortización} = \text{precio de adquisición} - \text{valor residual}$$

Amortización hora.- es la reserva que hace un propietario para recuperar un valor de inversión en un determinado tiempo.

Precio de adquisición.- es el valor total por el cual se compró el equipo.

Valor residual.- es el precio de venta al final de la vida útil del equipo. Este valor se lo considera como recuperable del precio de adquisición.

Precio de adquisición	\$126 461,74
Valor residual	\$20 000,00
Periodo de vida útil	10 años = 3120 horas

Los valores de precio de adquisición, valor residual y periodo de vida útil fueron obtenidos de los funcionarios de EPMAPS.

$$\text{Valor neto por amortización} = \$126\,461.74 - \$20\,000.00$$

$$\text{Valor neto por amortización} = \$106\,461.74$$

$$\text{Amortización/hora} = \frac{\$106\,461.74}{3120 \text{ horas}}$$

$$\text{Amortización/hora} = 34.12 \text{ \$/h}$$

Costos de Operación (B)

Los costos de operación son gastos que se debe realizar constantemente para que el equipo pueda desarrollar su trabajo eficientemente. Estos se componen de: combustibles, lubricantes, grasas y filtros.

Costo por combustible.- la cantidad de consumo de combustible es una característica de cada equipo que dependerá de la potencia generada por el mismo. El valor de potencia de este equipo es de 13,41 HP (ver Tabla 1.3) el mismo que utiliza combustible diesel. Como guía de consumo de combustible se tiene la siguiente regla empírica:

$$\text{Combustible diesel} = 0.04 \text{ gal./HP por hora (Ramon Maximo, 2014)}$$

$$\text{Costo combustible diesel} = 0.04 \frac{\text{gal}}{\text{HP} * \text{h}} * 13.41 \text{ HP} * 1.00 \frac{\text{USD}}{\text{gal}}$$

$$\text{Costo combustible diesel} = 0.54 \frac{\text{USD}}{\text{h}}$$

Costo por lubricantes.- estos dependen del tipo y la cantidad aceite en las partes del equipo los periodos de cambio con que se los realice. Como regla empírica para la determinación tenemos la siguiente:

$$\text{Costo horario de lubricación} = \frac{1}{3} \text{ costo horario del consumo de combustible diesel}$$

(RamonMaximo, 2014)

$$\text{Costo horario de lubricación} = \frac{1}{3} * 0.54 \frac{\text{USD}}{\text{h}}$$

$$\text{Costo horario de lubricación} = 1.62 \frac{\text{USD}}{\text{h}}$$

Costo por grasas y filtros.- aplica a los costos de mantenimiento de rutina.

$$\text{Cantidad de grasa utilizada} = 0.001 \frac{\text{kg}}{\text{HP}} \text{ (RamonMaximo, 2014)}$$

$$\text{Cantidad de grasa} = 0.001 \frac{\text{kg}}{\text{HP}} * 13.41\text{HP} = 0.0134 \text{ kg/hora}$$

$$\text{Costo horario de grasa} = 0.0134 \frac{\text{kg}}{\text{hora}} * 15 \frac{\text{USD}}{\text{kg}} = 0.20 \frac{\text{USD}}{\text{hora}}$$

Obtenidos los costos horarios por combustible, lubricantes y grasas la suma total de ellos nos da como resultado de costo por operación total.

$$\text{Costo por operación total} = 0.54 \frac{\text{USD}}{\text{h}} + 1.62 \frac{\text{USD}}{\text{h}} + 0.20 \frac{\text{USD}}{\text{h}}$$

$$\text{Costo por operación total} = 2.36 \frac{\text{USD}}{\text{h}}$$

Costos de Mantenimiento (C)

En estos costos se consideran las reparaciones grandes y/o pequeñas que se podrían presentar a lo largo de la vida útil del equipo. Existen dos métodos de cálculo para este costo los cuales son: método según las condiciones de trabajo y métodos de los factores de reparación. Para esta tesis se aplicará el método de los factores de reparación.

$$\text{Reparaciones/hora} = \frac{f_1 * f_2 * f_3 * \dots * f_n * \text{Precio de adquisición}}{\text{vida útil (h)}}$$

Tabla 3.1 Factores para obtención de costos de mantenimiento

N°.	Factor	Coeficiente
1	Tipo de Equipo	1.0
2	Horas totales de uso (3120h)	0.6
3	Años de vida útil (10 años)	1.4
4	Temperatura (30 a 32°C)	1.1
5	Condiciones de trabajo (Ligeras)	0.8
6	Mantenimiento (Bueno)	0.8
7	Tipo de servicio (Contratista)	1.0
8	Operadores (Bueno)	0.8
9	Experiencia (Buena)	0.9
10	Calidad del equipo (Superior)	0.8
11	Presión de trabajo (Holgada)	0.9

Fuente: Ing. Máximo Ramón C. "MAQUINARIA Y EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN". Texto para estudiantes del Octavo Ciclo de Ingeniería Civil de la PUCE. Febrero 2008. Pág. 68-70

$\frac{\text{Reparaciones}}{\text{hora}}$

$$= \frac{(0.8 * 0.5 * 1.0 * 1.0 * 0.8 * 0.6 * 1.0 * 0.9 * 0.8 * 0.8 * 0.9) * \$126\,461.74}{3120\,h}$$

$$\text{Reparaciones/hora} = 12.43 \text{ USD/h}$$

Obtenidos los costos de propiedad, operación y mantenimiento sumados los tres valores nos da como resultado el costo horario del equipo.

$$\text{Costo horario} = A + B + C$$

$$\text{Costo horario} = 34.12 + 2.36 + 12.43$$

$$\text{Costo horario} = 48.91 \text{ USD/h}$$

Costo horario de la mano de obra para el equipo Pipe Bursting –

Grundotugger

El costo de mano de obra para la operación del equipo será de acuerdo de la cuadrilla que se emplee para cada intervención, esto constará en el análisis de Precios Unitarios (**Anexo 4**). El salario que se estable es según los costos de salarios para operadores de maquinaria y ayudantes esto de acuerdo a lo establecido en la Contraloría General de Estado (**Anexo 3**).

3.1.2 Primera intervención

3.1.2.1 Descripción de la intervención

La obra consiste en la rehabilitación de un tramo de conexión sumidero – pozo de inspección de 40 m de longitud que su pozo de partida es un pozo de revisión ubicado en la mitad de la calle y su pozo de llegada es un sumidero que se encuentra junto a la acera, la tubería está ubicada en la calle El Tiempo en el centro norte de Quito.

El tramo de conexión sumidero – pozo de inspección existente es de 160 mm de diámetro de material de concreto. Mediante la inspección televisiva realizada por parte de la unidad de diagnóstico del sistema de alcantarillado de las EPMAPS se constató que la tubería existente se encontraba en mal estado y además cumplía con la condiciones para por ser intervenida mediante el método Pipe Bursting. Debido a la eficiencia hidráulica que tiene la tubería de polietileno se decidió conservar el mismo diámetro de tubería.

Donde se ejecutó la intervención es una zona mayormente residencial pero tiene algunos comercios aledaños además que se encuentra cerca de tres unidades educativas, por lo cual existe una alta presencia de tráfico vehicular.



Imagen 3.1 Mapa de ubicación de la primera intervención
Fuente: Google Maps



Imagen 3.2 Lugar de la primera intervención
Fuente: Google Maps – Street View

3.1.2.2 Cronograma de trabajo

Para esta rehabilitación se empleó dos cuadrillas diferentes, la primera que constituye la parte civil está conformada por 4 personas, la segunda, la constituye la operación del Pipe Bursting que está conformada por 3 personas. La duración de la intervención realizada fue de aproximadamente 9 horas. Se ha realizado un detalle de actividades con su debida secuencia.

Se realiza las actividades de corte y rotura del pavimento de la vía, para dar procedimiento a la abertura de la ventana, por donde ingresará la tubería. La rehabilitación del pozo de revisión es importante ya que facilitara el pase de la tubería a la hora de fracturación.

En la imagen 3.3 se puede observar el diagrama de Gantt del primer día de trabajo, en el cual se muestran las actividades desarrolladas y sus respectivos tiempos de ejecución en obra.

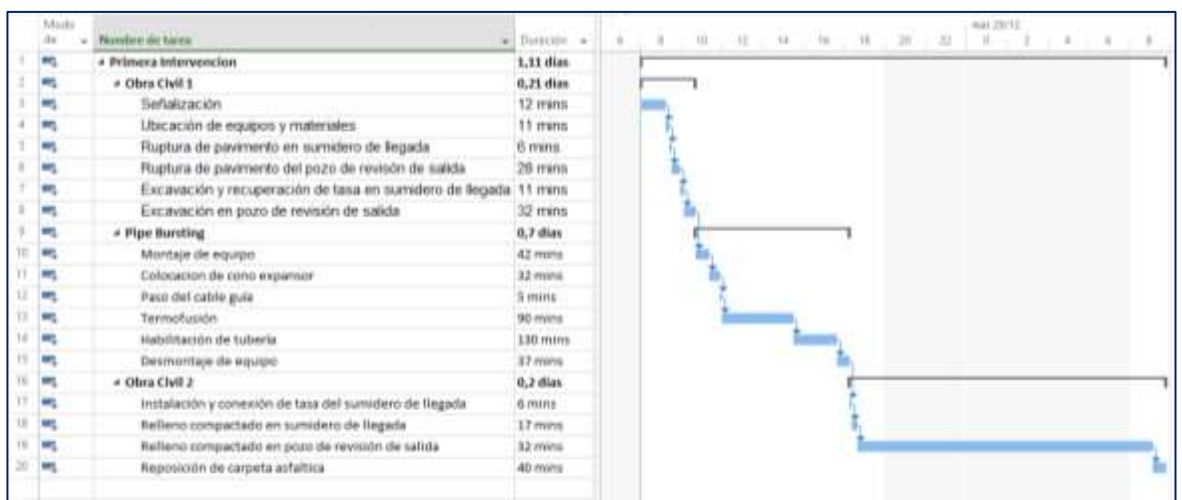


Imagen 3.3 Diagrama de Gantt de la primera intervención
Nota: En el diagrama presentado 1 día (8 horas).

En la primera hora de trabajo se procedió a la señalización de las áreas de trabajo, la ubicación de los equipos y a la descarga de las tuberías. Se inician los trabajos de excavación en los pozos de partida y de llegada. En las siguientes cinco horas se realizó la rehabilitación de la tubería empleando el equipo Pipe Bursting - Grundotugger. En la hora restante de trabajo se procedió al relleno y reposición de carpeta asfáltica en el área intervenida.

El tiempo total de ejecución de esta primera intervención fue de 9,60 horas (1,11 días) según el diagrama de Gantt.

3.1.2.3 Costo directo

Como se indicó al inicio de este capítulo los costos a analizar son únicamente los costos directos de las actividades mencionadas anteriormente en la sección 3.1.2.2 para la rehabilitación de las tuberías por el método "Pipe Bursting".

Los precios que se utilizarán para el presente análisis no incluirán IVA. Para ello, se realizó un presupuesto detallado, los costos directos involucrados en la obra así como sus cantidades y precios unitarios. Ver **Anexo 4**.

El análisis de precios unitarios presentados en el presupuesto están basados en información obtenida y recopilada de la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (Ver **Anexo 5**) y de la Revista de la Cámara de la Industria de la Construcción edición noviembre 2015.

El costo directo de esta primera intervención es de \$ 2 622,62. En la siguiente tabla se muestra los costos totales de los rubros que intervienen en la utilización del Pipe Bursting.

Tabla 3.1 Costo directo de Pipe Bursting en primera intervención

PRESUPUESTO METODO PIPE BURSTING (PRIMERA INTERVENCIÓN)					
Nro.	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	EXCAVACIÓN CON MAQUINA	m3	6.75	1.77	11.95
2	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACIÓN)	m3	6.75	2.75	18.56
3	CORTE DE PAVIMENTO 5-10 CM	m2	17.10	1.59	27.19
4	REPOSICIÓN DE CARPETA ASFALTICA (H=1,00m)	m2	17.10	27.50	470.25
5	PIPE BURSTING D=160MM	m	40.00	51.26	2,050.40
6	INSTALACIÓN REJILLA Y CERCOS SUMIDERO CALZADA	u	2.00	4.92	9.84
7	INSTALACIÓN TAZAS DE SUMIDERO CON SIFÓN	u	2.00	9.38	18.76
8	SEÑALIZACIÓN EN OBRA	u	1.00	85.67	85.67
TOTAL SIN IVA					2,692.62

En esta intervención se rehabilitaron 40m de tubería, el costo directo por metro lineal obtenido es de 67,32 USD.

3.1.3 Segunda intervención

3.1.3.1 Descripción de la intervención

La obra consiste en la rehabilitación de un tramo de conexión sumidero – pozo de inspección de 20 m de longitud que su pozo de partida es un pozo de revisión ubicado en la intersección de las calles José Abascal y Portete y su pozo de llegada es un sumidero que se encuentra junto a la acera en la calle José Abascal, la tubería está ubicada en la calle en el centro norte de Quito.

El tramo de conexión sumidero – pozo de inspección existente es de 160 mm de diámetro de material de concreto. Mediante la inspección televisiva realizada por parte de la unidad de diagnóstico del sistema de alcantarillado de las EPMAPS se constató que la tubería existente se encontraba en mal estado y además cumplía con la condiciones para ser intervenida mediante el método Pipe Bursting. Debido a la eficiencia hidráulica que tiene la tubería de polietileno se decidió conservar el mismo diámetro de tubería.

Donde se ejecutó la intervención es una zona mayormente residencial se encuentra cerca de una institución gubernamental y a una unidad educativa, por lo cual existe una presencia moderada de tráfico vehicular.



Imagen 3.4 Mapa de ubicación de la segunda intervención
Fuente: Google Maps



Imagen 3.5 Lugar de la segunda intervención
Fuente: Google Maps – Street View

Las imágenes 3.4 y 3.5 muestran el tramo de 20 m de intervención realizada

3.1.3.2 Cronograma de trabajo

Para esta rehabilitación se empleó dos cuadrillas diferentes, la primera que constituye la parte civil está conformada por 3 personas, la segunda, la constituye la operación del Pipe Bursting que está conformada por 2 personas. La duración de la intervención realizada fue de aproximadamente 6 horas. Se ha realizado un detalle de actividades con su debida secuencia.

Se realiza las actividades de corte y rotura del pavimento de la vía, para dar procedimiento a la abertura de la ventana, por donde ingresará la tubería. La rehabilitación del pozo de revisión es importante ya que facilitara el pase de la tubería a la hora de fracturación.

En la imagen 3.6 se puede observar el diagrama de Gantt del primer día de trabajo, en el cual se muestran las actividades desarrolladas y sus respectivos tiempos de ejecución en obra.

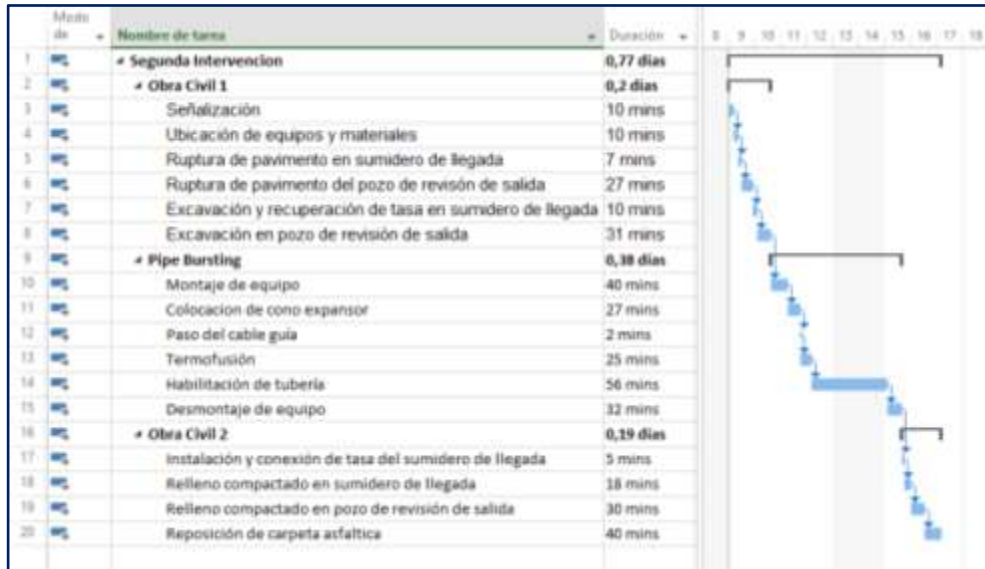


Imagen 3.6 Diagrama de Gantt de la segunda intervención

Nota: En el diagrama presentado 1 día (8 horas).

En la primera hora de trabajo se procedió a la señalización de las áreas de trabajo, la ubicación de los equipos y a la descarga de las tuberías. Se inician los trabajos de excavación en los pozos de partida y de llegada. En las siguientes tres horas se realizó la rehabilitación de la tubería empleando el equipo Pipe Bursting - Grundotugger. En la hora restante de trabajo se procedió al relleno y reposición de carpeta asfáltica en el área intervenida.

El tiempo total de ejecución de esta primera intervención fue de 6,16 horas (0,77 días) según el diagrama de Gantt.

3.1.3.3 Costo directo

Por lo expuesto en la sección 3.1.2.3 se indicará directamente que el costo directo de esta intervención es \$ 1 632,42. Para ver el análisis de precios unitarios ver **Anexo 4.**

En la tabla 3.2 se muestra los costos totales de los rubros que intervienen en la utilización del Pipe Bursting.

Tabla 3.2 Costo directo Pipe Bursting en segunda intervención

PRESUPUESTO METODO PIPE BURSTING (SEGUNDA INTERVENCIÓN)					
Nro.	RUBRO	UNIDAD	CANT	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	EXCAVACIÓN CON MAQUINA	m3	6.75	1.77	11.95
2	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACIÓN)	m3	6.75	2.75	18.56
3	CORTE DE PAVIMENTO 5-10 CM	m2	17.10	1.59	27.19
4	REPOSICIÓN DE CARPETA ASFALTICA (H=1,00m)	m2	17.10	27.50	470.25
5	PIPE BURSTING D=160MM	m	20.00	41.08	821.60
6	INSTALACIÓN REJILLA Y CERCOS SUMIDERO CALZADA	u	2.00	4.92	9.84
7	INSTALACIÓN TAZAS DE SUMIDERO CON SIFÓN	u	2.00	9.38	18.76
8	SEÑALIZACIÓN EN OBRA	u	1.00	85.67	85.67
TOTAL SIN IVA					1,463.82

En esta intervención se rehabilitaron 20m de tubería, el costo directo por metro lineal obtenido es de 73,19 USD.

3.2 Costo de rehabilitación con el Método Convencional (zanja abierta).

En esta sección del capítulo 3, se analizará el costo de cada intervención realizada por el método convencional (zanja abierta) de acuerdo a los precios e información proporcionada por la EPMAPS.

3.2.1 Primera intervención

3.2.1.1 Descripción de la intervención

La obra consiste en la rehabilitación de un tramo de conexión sumidero – pozo de inspección de 20m de longitud con las mismas características descritas en la sección 3.1.1.1.

3.2.1.2 Cronograma de trabajo

Tabla 3.3 Descripción de actividades de primera intervención con el método convencional

DIA	TAREA	CANTIDAD	TIEMPO (h)
1	Señalización	glb	0,16
	Ubicación de equipos y materiales	glb	0,16
	Corte de pavimento	8,3 m2	3
	Excavación para zanja	120 m3	4
2	Instalación de tubería	40 m	3
	Relleno y compactado de zanja	120 m3	3
	Reposición de carpeta asfáltica	60 m2	4

En la imagen 3.7 se puede observar el diagrama de Gantt del primer día de trabajo, en el cual se muestran las actividades desarrolladas y sus respectivos tiempos de ejecución en obra.

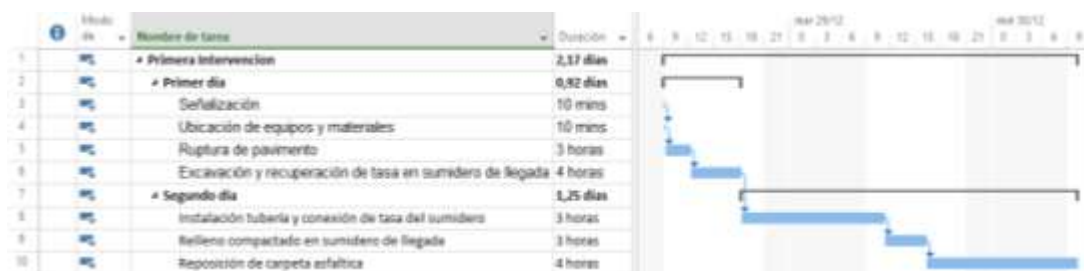


Imagen 3.7 Diagrama de Gantt de la primera intervención (zanja abierta)

Nota: En el diagrama presentado 1 día (8 horas).

El tiempo de total de ejecución la esta primera intervención fue de 17,33 horas (2,12 días) según el diagrama de Gantt.

3.2.1.3 Costos directos

El costo directo de esta primera intervención es de \$ 3 423,14. En la tabla 3.4 se muestra los costos totales de los rubros que intervienen en la utilización del método convencional.

Tabla 3.4 Costo directo del método a zanja abierta primero intervención

PRESUPUESTO METODO CONVENCIONAL ZANJA ABIERTA (PRIMERA INTERVENCIÓN)					
No.	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	EXCAVACIÓN CON MAQUINA (ZANJA)	m3	120.00	1.77	212.40
2	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACIÓN)	m3	120.00	2.75	330.00
3	CORTE DE PAVIMENTO 5-10 CM	m2	83.00	1.59	131.97
4	REPOSICIÓN DE CARPETA ASFALTICA (H=1,00m)	m2	83.00	27.50	2,282.50
5	TUBERÍA PVC 160 MM	m	40.00	8.80	352.00
6	INSTALACIÓN REJILLA Y CERCOS SUMIDERO CALZADA	u	2.00	4.92	9.84
7	INSTALACIÓN TAZAS DE SUMIDERO CON SIFÓN	u	2.00	9.38	18.76
8	SEÑALIZACIÓN EN OBRA	u	1.00	85.67	85.67
TOTAL SIN IVA					3,423.14

Si rehabilitaron 40 m de tubería, el costo directo por metro lineal en esta intervención es de 85,58 USD.

3.2.2 Segunda intervención

3.2.2.1 Descripción de la intervención

La obra consiste en la rehabilitación de un tramo de conexión sumidero – pozo de inspección de 20m de longitud con las mismas características descritas en la sección 3.1.2.1.

3.2.2.2 Cronograma de trabajo

Tabla 3.5 Descripción de actividades de segunda intervención con el método convencional

DIA	TAREA	CANTIDAD	TIEMPO (h)
1	Señalización	glb	0,16
	Ubicación de equipos y materiales	glb	0,16
	Corte de pavimento	4,3 m2	1
	Excavación para zanja	60 m3	2
2	Instalación de tubería	20 m	2
	Relleno y compactado de zanja	60 m3	2
	Reposición de carpeta asfáltica	30 m2	3

En la imagen 3.8 se puede observar el diagrama de Gantt del primer día de trabajo, en el cual se muestran las actividades desarrolladas y sus respectivos tiempos de ejecución en obra.



Imagen 3.8 Diagrama de Gantt de la segunda intervención (zanja abierta)

Nota: En el diagrama presentado 1 día (8 horas).

El tiempo de total de ejecución la esta primera intervención fue de 10,33 horas (1,29 días) según el diagrama de Gantt.

3.2.2.3 Costos directos

El costo directo de esta primera intervención es de \$ 1 812,34. En la siguiente tabla se muestra los costos totales de los rubros que intervienen en la utilización del método convencional.

Tabla 3.6 Costo directo del método a zanja abierta segunda intervención

PRESUPUESTO METODO CONVENCIONAL ZANJA ABIERTA (SEGUNDA INTERVENCIÓN)					
Nro.	RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
1	EXCAVACIÓN CON MAQUINA (ZANJA)	m3	60,00	1,77	106,20
2	RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACIÓN)	m3	60,00	2,75	165,00
3	CORTE DE PAVIMENTO 5-10 CM	m2	43,00	1,59	68,37
4	REPOSICIÓN DE CARPETA ASFALTICA (H=1,00m)	m2	43,00	27,50	1.182,50
5	TUBERÍA PVC 160 MM	m	20,00	8,80	176,00
6	INSTALACIÓN REJILLA Y CERCOS SUMIDERO CALZADA	u	2,00	4,92	9,84
7	INSTALACIÓN TAZAS DE SUMIDERO CON SIFÓN	u	2,00	9,38	18,76
8	SEÑALIZACIÓN EN OBRA	u	1,00	85,67	85,67
TOTAL SIN IVA					1.812,34

Si rehabilita 20 m de tubería, el costo directo por metro lineal en esta intervención es de 90,62 USD.

3.3 Comparación costo – beneficio entre el método convencional y el empleo del equipo “Pipe Bursting”.

En esta sección del capítulo se analizará la comparación entre los costos del método Pipe Bursting y el método convencional (zanja abierta) para las dos intervenciones realizadas y rubros variables en común.

3.3.1 Comparación de costos Primera intervención (L=40m)

Los costos directos sin IVA del Método convencional (zanja abierta) son de \$3 423,14 (ver tabla 3.4) y del Pipe Bursting es de \$ 2 692,62 (ver tabla 3.1), en el gráfico 3.1 se evidencia la diferencia que existe en costos entre ambos métodos. Se puede observar que hay un ahorro de 21,34% lo cual nos presenta \$ 700,52.

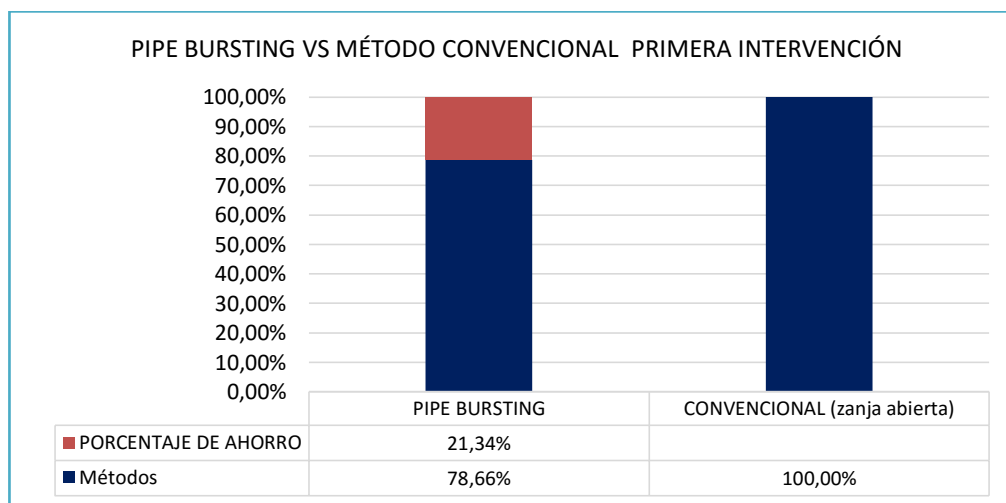


Gráfico 3.1 Comparación de costos entre Pipe Bursting y Método Convencional – Primera intervención

La gráfica 3.2 muestra el porcentaje de cantidades de obra comparando ambos métodos. En los rubros de excavación a máquina y de relleno compactado hubo una reducción del 94,37% en cada uno. En los rubros de corte de pavimento y reposición de la carpeta asfáltica hubo una reducción del 79,40% en cada uno. El porcentaje de reducción de cantidad de obra en promedio es de 86,89%.

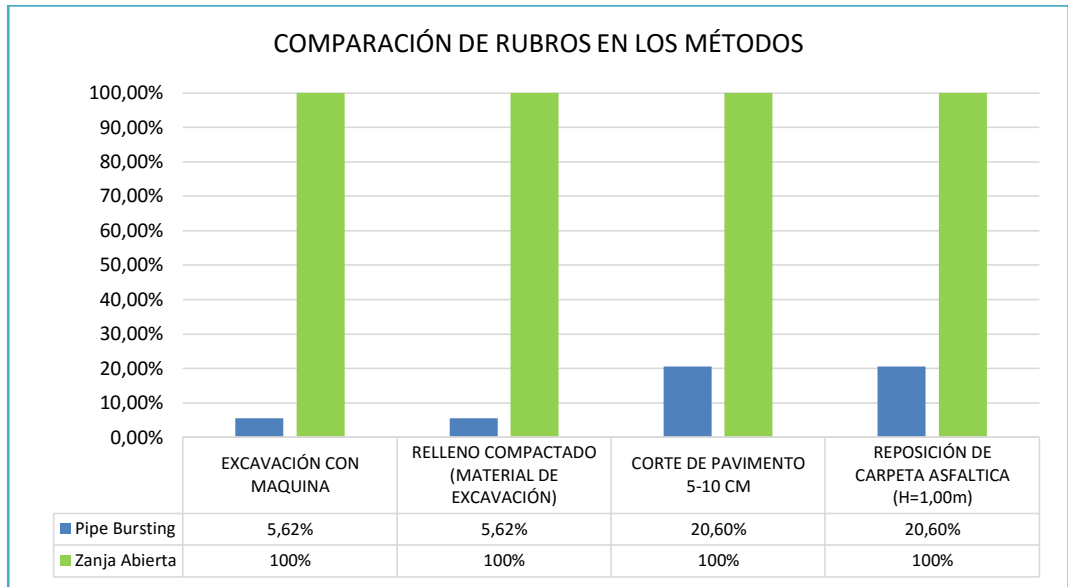


Gráfico 3.2 Comparación de reducción de costos entre Pipe Bursting y Método Convencional – Primera intervención

3.3.2 Comparación de costos Segunda intervención

Los costos directos sin IVA del Método convencional (zanja abierta) son de \$ 1 812,34 (ver tabla 3.6) y del Pipe Bursting es de \$ 1 463,82 (ver tabla 3.2), en el gráfico 3.3 se evidencia la diferencia que existe en costos entre ambos métodos. Se puede observar que hay un ahorro de 19,23% lo cual nos presenta \$ 348,52.

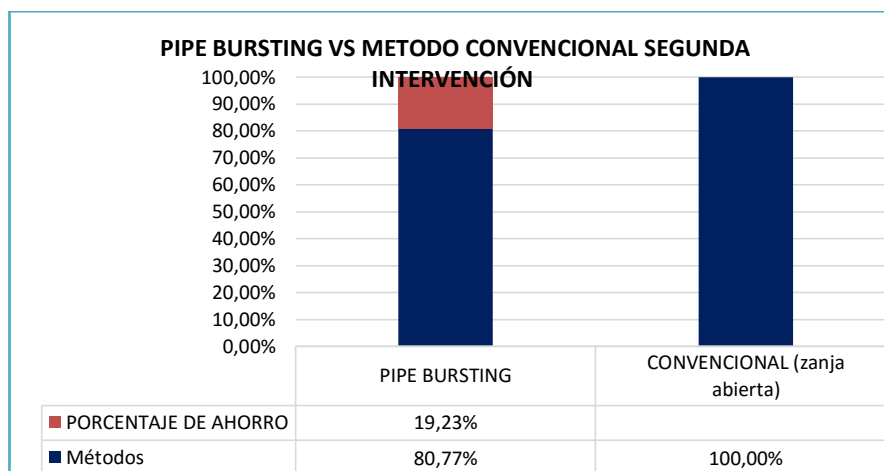


Gráfico 3.3 Reducción en costos entre Pipe Bursting y Método Convencional – Segunda intervención

La gráfica 3.4 muestra el porcentaje de reducción de cantidad de obra comparando ambos métodos. En los rubros de excavación a máquina y de relleno compactado hubo una reducción del 88,75% en cada uno. En los rubros de corte de pavimento y reposición de la carpeta asfáltica hubo una reducción del 60,23% en cada uno. El porcentaje de reducción de cantidad de obra en promedio es de 74,49%.

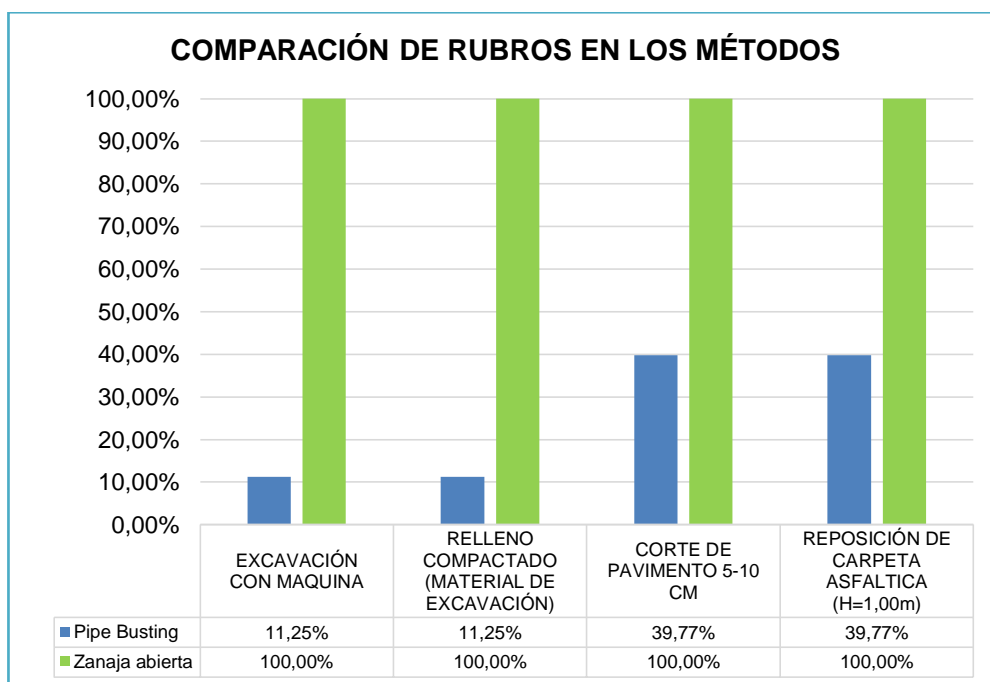


Gráfico 3.4 Comparación de rubros entre Pipe Bursting y Método Convencional – Primera intervención

Entre la primera y segunda intervención tomando en cuenta que los tramos a rehabilitar son diferentes, la primera intervención es el doble en longitud de la segunda rehabilitación, en la primera intervención hubo una reducción de cantidad de costos del 21,34% y en la segunda intervención una reducción de costos del 19,23%. Por los porcentajes de reducción de costos y la longitud de cada intervención podemos concluir que es inversamente proporcional el costo con la longitud a rehabilitarse, es decir, que mientras mayor sea la longitud a rehabilitarse mayor será el porcentaje de ahorro en Pipe Bursting sobre el método convencional.

3.3.3 Comparación de costos por metro lineal de Pipe Bursting

El costo por metro lineal de rehabilitación para la primera intervención representado en el gráfico 3.5, por el método de Pipe Bursting es de \$ 67,32 y por método convencional (zanja abierta) es de \$ 85,58, existe una reducción del 21,34% con relación al Pipe Bursting sobre el método convencional.

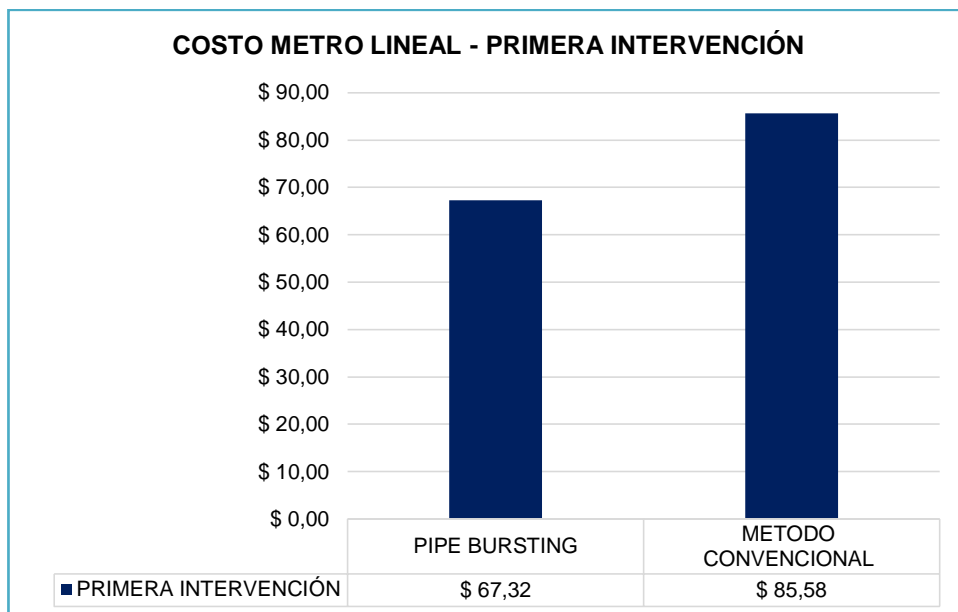


Gráfico 3.5 Comparación de costo del metro lineal entre Pipe Bursting y Método Convencional – Primera intervención

El costo por metro lineal de rehabilitación para la segunda intervención representado en el gráfico 3.6 por el método de Pipe Bursting es de \$ 73,19 y por método convencional (zanja abierta) es de \$ 90,62, existe una reducción del 19,23% con relación al Pipe Bursting sobre el método convencional.

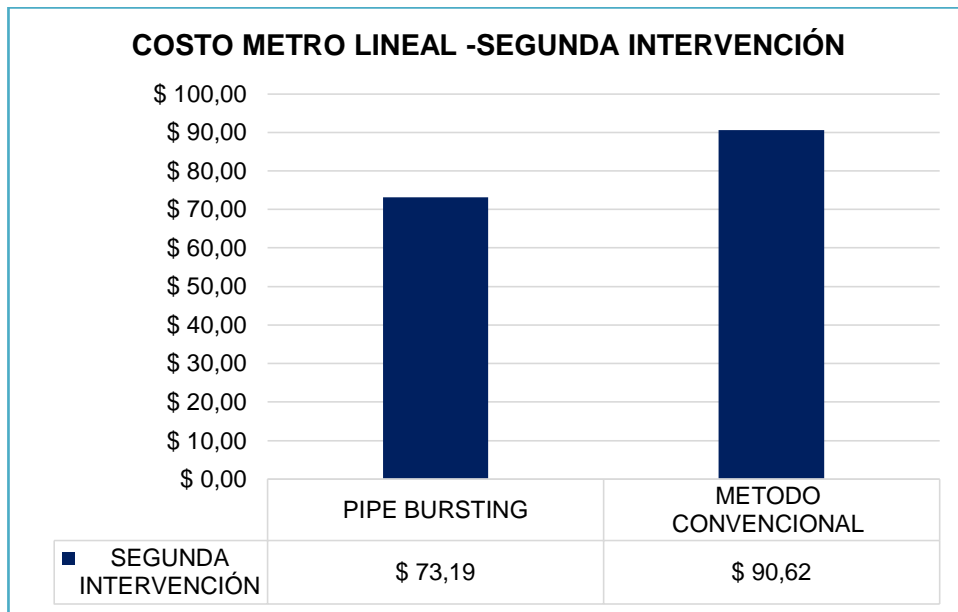


Gráfico 3.6 Comparación de costo del metro lineal entre Pipe Bursting y Método Convencional – Segunda intervención

En el gráfico 3.7 se muestra una comparación de longitud vs costos metro lineal entre el método Convencional (Zanja abierta) y Pipe Bursting, donde se evidencia un punto de equilibrio en costo a los 17m de longitud, es decir de 0-17m es más económico realizar la rehabilitación de tubería utilizando el método convencional y de 17-60m es favorable utilizar el método de Pipe Bursting.

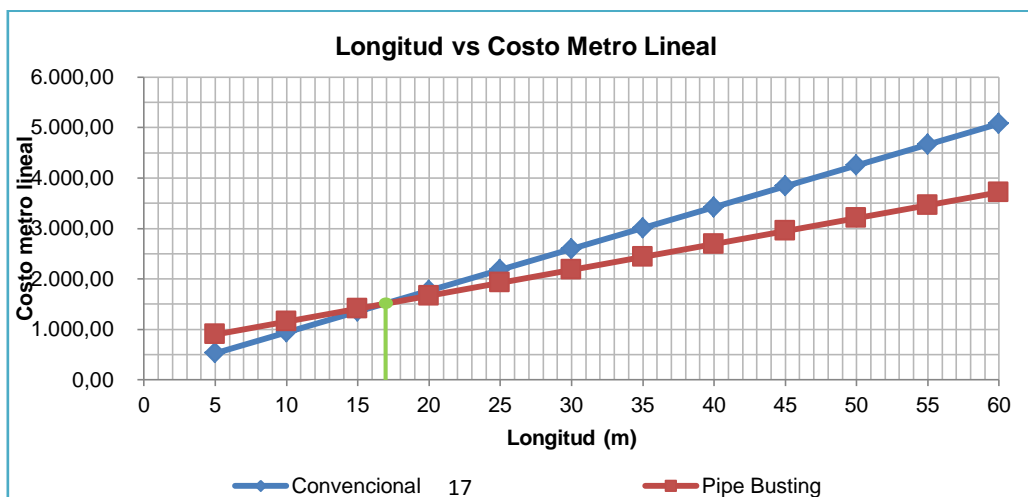


Gráfico 3.7 Comparación general de costos del metro lineal entre Pipe Bursting y Método Convencional

CAPÍTULO IV MEDICIÓN DE RENDIMIENTOS DE OPERACIÓN DEL EQUIPO

4.1 Medición de tiempos de operación del equipo “Pipe Bursting”

Es importante recalcar que en esta sección solo se medirán los tiempos de operación para el equipo de Pipe Bursting, no se tomarán en cuenta los tiempos de ejecución de las obras civiles u trabajos complementarios que se realicen antes durante o después de la operación del equipo.

Para la medición de los tiempos para el pipe Bursting se ha realizado un detalle de cada uno de los componentes y actividades del equipo. Los tiempos fueron registrados en cada una de las intervenciones para la rehabilitación de los diferentes tramos.

4.1.1 Medición de tiempos en la Primera Intervención

La primera intervención consiste en la rehabilitación de un tramo de conexión sumidero – pozo de inspección de 40m de longitud. Las tareas empiezan con el montaje del equipo descargar el tigger colocarlo dentro de pozo de llegada junto con los tablonces entre la placa frontal y la tubería existente para verificar si esta nivelado el piso del pozo de llegada, una vez nivelado se procede a realizar la conexión del sistema hidráulico y eléctrico. Se pasa el cable guía desde el pozo de llegada al pozo de partida para ser unido con el cable de tiro.

Se procede a pasar el cable de tiro por el cono expansor para unirlo con el cable guía y pasar del pozo de llegada y colocarlo dentro del tigger.

Para unir la tubería de PEAD al cono expansor se deben realizar perforaciones en un extremo de la tubería insertar el extremo perforado dentro del cono expansor y se ajusta mediante tornillos.

Una vez unidos el cono expansor a la tubería se los coloca dentro del pozo de partida y se empieza con la operación del equipo como tal.

La termofusión empieza por el pre calentamiento de la placa de calentamiento. Se colocan las tuberías en el almacén. Se realiza el frezado de las caras de las tuberías a unirse. Se coloca la placa pre calentada en las caras de las tuberías y se aplica presión. Una vez formados los labios de unión se retira la placa y se aplica nuevamente presión para unir las dos caras de la tubería.

Cabe recalcar que en esta intervención se realizaron tres uniones por termofusión. Los trabajos de termofusión se realizan de acuerdo al criterio de operador analizando las condiciones de trabajo.

Como último paso una vez que el cono expansor llega al pozo de arriba se procede a la extracción y desmontaje del equipo.

Si se desea saber con detalle las tareas descritas se recomienda referirse al Manual de Operación (ver **Anexo 5**). En la tabla 4.1 se resumen los tiempos de la intervención previamente descrita.

Tabla 4.1 Tiempos de ejecución – primera intervención – Pipe Bursting

PIPE BURSTING - PRIMERA INTERVENCIÓN		
DESCRIPCIÓN	TIEMPO (MIN)	TIEMPO (HORA)
MONTAJE DEL TUGGER	42 min	0,70 h
Nivelación del Tugger	12 min	0,20 h
Colocación de tablonces	10 min	0,17 h
Conexión del sistema hidráulico, eléctrico y colocación de cable del tiro	20 min	0,33 h
COLOCACIÓN DEL CONO EXPANSOR	32 min	0,53 h
Perforación de tubería PEAD	21 min	0,35 h
Colocación de Pernos	11 min	0,18 h
PASO DEL CABLE GUÍA Y CABLE DE TIRO	5 min	0,08 h
TERMOFUSIÓN (TRES UNIONES)	90 min	1,50 h
Calentamiento de placas	30 min	0,50 h
Cortado de caras de tubería PEAD	6 min	0,10 h
Formación de labio para unión de caras para tubería	24 min	0,40 h
Unión de caras de tubería PEAD	30 min	0,50 h
INSTALACIÓN DE TUBERÍA PEAD	180 min	3,00 h
Tramo 1 (L=10 m)	47,5 min	0,79 h
Intervalo	12,5 min	0,21 h
Tramo 2 (L=10 m)	47,5 min	0,79 h
Intervalo	12,5 min	0,21 h
Tramo 3 (L=10 m)	17,5 min	0,29 h
Intervalo	12,5 min	0,21 h
Tramo 4 (L=10 m)	17,5 min	0,29 h
Intervalo	12,5 min	0,21 h
DESMONTAJE DEL TUGGER	37 min	0,62 h
TOTAL	386 min	6,43 h

La duración de la operación del equipo tiene un total de trescientos ochenta y seis minutos (386 min) que equivalen a seis punto cuarenta y tres horas (6,43 horas), esto en 40 m de longitud de un tramo de conexión sumidero – pozo de inspección, tres uniones por termofusión, 4 tramos (L=10m c/u) y 4 intervalos.

4.1.2 Medición de tiempos en la Segunda Intervención

Las tareas de la segunda intervención son las mismas que estas descritas en la sección 4.1.1 por lo cual no serán mencionadas nuevamente en esta sección.

En la tabla 4.2 se resumen los tiempos de la intervención previamente descrita.

Tabla 4.2 Tiempos de ejecución – segunda intervención – Pipe Bursting

PIPE BURSTING - SEGUNDA INTERVENCIÓN		
DESCRIPCIÓN	TIEMPO (MIN)	TIEMPO (HORA)
MONTAJE DEL TUGGER	39 min	0,65 h
Nivelación del Tugger	11 min	0,18 h
Colocación de tablones	8 min	0,13 h
Conexión del sistema hidráulico, eléctrico y colocación de cable del tiro	20 min	0,33 h
COLOCACIÓN DEL CONO EXPANSOR	27 min	0,45 h
Perforación de tubería PEAD	17 min	0,28 h
Colocación de Pernos	10 min	0,17 h
PASO DEL CABLE GUÍA Y CABLE DE TIRO	2 min	0,03 h
TERMOFUSIÓN (UNA UNIÓN)	25 min	0,42 h
Calentamiento de placas	8 min	0,13 h
Cortado de caras de tubería PEAD	1 min	0,02 h
Formación de labio para unión de caras para tubería	7 min	0,12 h
Unión de caras de tubería PEAD	9 min	0,15 h
INSTALACIÓN DE TUBERÍA PEAD	56 min	0,93 h
Tramo 1 (L=10 m)	16,0 min	0,27 h
Intervalo	10,0 min	0,17 h
Tramo 2 (L=10 m)	20,0 min	0,33 h
Intervalo	10,0 min	0,17 h
DESMONTAJE DEL TUGGER	37 min	0,62 h
TOTAL	186 min	3,10 h

La duración de la operación del equipo tiene un total de ciento ochenta y seis minutos (186 min) que equivalen a tres punto diez horas (3,10 horas), esto en 20 m de longitud de un tramo de conexión sumidero – pozo de inspección, una unión por termofusión, 2 tramos (L=10m c/u) y 2 intervalos.

4.1.3 Tiempos de rehabilitación para Pipe Bursting

Se deduce que el tiempo para la rehabilitación para tramos de entre los 0 – 10m es de 116 minutos (1,93 horas), esto con la característica principal de que no existe la tarea de unión por termofusión ya que la tubería utilizada viene de fábrica en piezas

de 12 m de longitud y esto no hace necesaria la termofusión en la tubería. En la tabla 4.3 de muestra un resumen de la estimación de los tiempos.

Tabla 4.3 Tiempo de rehabilitación de 0 – 10 m

REHABILITACIÓN 0-10 m	
DESCRIPCIÓN	TIEMPO (MIN)
MONTAJE DEL TUGGER	42 min
COLOCACIÓN DEL CONO EXPANSOR	32 min
PASO DEL CABLE GUÍA	2 min
INSTALACIÓN DE TUBERÍA PEAD	40 min
TOTAL	116 min

Si se desea estimar el tiempo para la rehabilitación de tramos mayores a 10m se deberá evaluar la longitud a instalarse de tubería y las cantidades de uniones por termofusión tomando en cuenta que una unión por termofusión tiene una duración en promedio de treinta minutos.

4.2 Cuadrilla tipo para la operación del equipo “Pipe Bursting”

El sistema de Pipe Bursting, como se explicó anteriormente, cuenta con varias actividades por lo que se requiere de una cuadrilla para realizar las intervenciones de una manera eficiente.

Las cuadrillas optadas para las intervenciones fueron las siguientes

4.2.1 Cuadrilla - Primera intervención

Se decidió formar una cuadrilla de tres personas para rehabilitar un tramo de 40 m en un tiempo de 6,43 horas, la cual está compuesta por el operador principal y dos

ayudantes del operador. Las actividades correspondientes a montar el equipo, el paso del cable guía las realizan los ayudantes bajo supervisión del operador principal, el mismo que durante la habilitación del tramo de tubería realiza la función de accionar el “mando” del equipo, mientras que los ayudantes realizan las actividades correspondientes a las uniones por termofusión.



Imagen 4.1 Cuadrilla - Primera Intervención



Imagen 4.2 Simbología del personal para cuadrilla

4.2.2 Cuadrilla – Segunda intervención

Se decidió formar una cuadrilla de dos personas para rehabilitar un tramo de 20 m en un tiempo de 3,10 horas, la cual está compuesta por el operador principal y un ayudante del operador. Las actividades correspondientes a montar el equipo, el paso del cable guía las realizan el ayudante bajo supervisión del operador principal, el mismo que durante la habilitación del tramo de tubería realiza la función de accionar el “mando” del equipo, mientras que el ayudante realiza la actividad correspondiente a la unión por termofusión.



Imagen 4.3 Cuadrilla Segunda Intervención

4.2.3 Cuadrilla – Pipe Bursting

Para establecer la cuadrilla tipo para el uso del equipo Pipe Bursting - Grundotugger realizamos una comparación entre cuadrillas de la primera y la segunda intervención según sus tiempos de ejecución y longitud de los tramos rehabilitados.

Tabla 4.4 Comparación de cuadrillas

INTERVENCIÓN	CUADRILLA	TIEMPO	LONGITUD
Primera		6,43 horas	40 m
Segunda		3,10 horas	20 m

De lo que se pudo observar del desempeño de ambas cuadrillas y de la información recopilada de los manuales del equipo de Pipe Bursting – Grundotugger se deduce que la cuadrilla tipo para la operación del equipo se deberá conformar por un operador principal y un ayudante.



Imagen 4.4 Cuadrilla Pipe Bursting

En vista de que esta es una tecnología nueva y de la cual no se tiene mucha experiencia no se recomienda utilizar la cuadrilla tipo hasta que no se haya adquirido mayor habilidad en la aplicación y operación de este nuevo método.

4.3 Rendimientos de operación del equipo “Pipe Bursting”

En esta sección del capítulo obtendremos el rendimiento para el equipo Pipe Bursting - Grundotugger, a partir de un análisis de producción horaria.

El **rendimiento** de los equipos de manera teórica y términos generales el rendimiento de una maquinas o conjunto de máquinas es el cociente entre el trabajo útil que realiza un máquina es un intervalo de tiempo determinado y el trabajo total entregado a la máquina en ese intervalo.

La **magnitud del rendimiento** depende del tamaño y la eficiencia del órgano principal y del tiempo que dure su ciclo completo. La duración del ciclo, a su vez depende de la velocidad de movimiento.

La **producción** es el proceso mediante cual se le añade valor a las cosas, se crea utilidad a los bienes. Es un acto intencional de mediante el cual ciertos elementos o

materiales sufren un proceso de transformación, con la finalidad de obtener bienes que satisfacen necesidades humanas. Es la cantidad de unidades de una tarea determinada producida en un tiempo también determinado. La unidad de tiempo generalmente utilizada es la hora

El estudio de rendimientos se realiza de acuerdo a la forma de trabajo y a la naturaleza de la máquina, mediante tres tipos de operación:

Mediante **Operación de Ciclos Intermitentes** llamada también discontinua o por lotes, compuesta por procesos que siempre siguen las mismas fases en el mismo orden. Es intermitente porque se interrumpe o cesa y prosigue o se repite.

De **Operación Continua** esta se ejecuta sin interrupción y el ritmo de producción es acelerado. La línea debe estar balanceada y el producto está estandarizado.

De **Operación Intermedia** presentan una producción continua hasta que terminan de recorrer el tramo en que operan, para luego volver a atacar y convertir entonces su operación en un ciclo común de trabajo, este tipo se considera entre producción continua y el ciclo intermitente de trabajo. Para este tipo de operación se requiere de métodos individuales de estudio para su determinación.

El equipo Pipe Bursting – Grundotugger tienen una operación intermedia esto nos obliga a realizar un estudio de la naturaleza del equipo y establecer los factores de operación de la misma.

Factores de operación Pipe Bursting – Grundotugger

- Diámetro: según la tubería empleada para la intervención

- Velocidad: según el espacio y tiempo de recorrido para los diferentes tramos de la intervención.
- Eficiencia de trabajo: según condiciones de trabajo de la intervención.

Según los factores establecidos presentamos una expresión para el cálculo de la producción horaria del equipo Pipe Bursting – Grundotugger:

$$P = D * \bar{v} * I * 3600$$

Donde:

P: Producción horaria (m²/h)

D: Diámetro de la tubería usada en la intervención (m)

\bar{v} : Velocidad promedio de la intervención (m/s)

I: Eficiencia de trabajo

3600: Factor de conversión de segundo a horas

4.3.1 Factores de operación Pipe Bursting - Grundotugger

4.3.1.1 Diámetro

En las intervenciones que se realizaron se utilizó una tubería de PEAD de 160 mm de diámetro.

Tabla 4.5 Diámetros de tuberías en las intervenciones

Primera intervención	D1	0,16 m
Segunda intervención	D2	0,16 m

4.3.1.2 Velocidad Promedio

Las intervenciones se realizan por tramos según la longitud de recorrido, para encontrar la velocidad promedio realizamos una media aritmética entre las velocidades medidas para cada intervención.

$$\bar{v} = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + \dots + v_n}{n}$$

$$v_n = \frac{e_n}{t_n}$$

Donde:

\bar{v} : Velocidad promedio de la intervención (m/s)

$v_1, v_2, v_3 \dots v_n$: Velocidad del tramo intervenido (m/s)

n: número de velocidades

e: espacio recorrido del tramo intervenido (m)

t: tiempo recorrido del tramo intervenido (seg)

Tabla 4.6 Velocidades de primera intervención

VELOCIDAD PRIMERA INTERVENCIÓN					
e1 =	10,00 m	t1 =	2820 seg	v1 =	0,0035461 m/seg
e2 =	10,00 m	t2 =	2820 seg	v2 =	0,0035461 m/seg
e3 =	10,00 m	t3 =	1050 seg	v3 =	0,0095238 m/seg
e4 =	10,00 m	t4 =	1050 seg	v4 =	0,0095238 m/seg

$$\bar{v}_1 = \frac{v_1 + v_2 + v_3 + v_4}{4} = \frac{0.003546 + 0.003546 + 0.009523 + 0.009523}{4}$$

$$\bar{v}_1 = 0.006535 \text{ m/seg}$$

Tabla 4.7 Velocidades de segunda intervención

VELOCIDAD SEGUNDA INTERVENCIÓN					
e1 =	10,00 m	t1 =	960 seg	v1 =	0,0104167 m/seg
e2 =	10,00 m	t2 =	1200 seg	v2 =	0,0083333 m/seg

$$\bar{v}_2 = \frac{v_1 + v_2}{2} = \frac{0.0104167 + 0.008333}{2}$$

$$\bar{v}_2 = 0.0095730 \text{ m/seg}$$

4.3.1.3 Eficiencia de trabajo

Este factor como se mencionó antes depende de las condiciones de trabajo por lo que tiene factores acumulados. Los factores que intervienen conforman la siguiente expresión:

$$I = i * o * a * m * g * l * u$$

Dónde:

- I: Eficiencia de trabajo
- i: Eficiencia en tiempo
- o: Operación del equipo
- a: Administración
- m: Tipo de material
- g: Maniobra
- l: imprevistos
- u: uso anual

Eficiencia en tiempo (i): es el tiempo efectivo de trabajo del operador durante el día o en cada hora. Este factor es variable debido a muchos factores que dependen del tipo de trabajo que realice el operador.

Tabla 4.8 Valores para factores por eficiencia en tiempo

Tiempo trabajado por hora transcurrida	Factor (i)	Calificación
60	100%	Utópico
50	83%	Bueno
40	67%	Medio
30	50%	Pobre

Fuente: Costos de construcción pesada carreteras y puentes, 1992, pág. 112

$$i_1 = 67\% \rightarrow \textit{Primera intervencion}$$

$$i_2 = 67\% \rightarrow \textit{Segunda intervencion}$$

Operación del equipo (o): este factor depende de la habilidad, experiencia y responsabilidad de los operadores encargados del equipo. Con el antecedente de que este sistema es nuevo la habilidad y experiencia con el equipo es muy escasa y casi nula.

Tabla 4.9 Valores para factores por operación del equipo

Habilidad del Operador	Factor (o)
Excelente	91-100%
Buena	81-90%
Regular	71-80%
Mala	60-70%

Fuente: Costos de construcción pesada carreteras y puentes, 1992

$$o_1 = 60\% \rightarrow \textit{Primera intervencion}$$

$$o_2 = 65\% \rightarrow \textit{Segunda intervencion}$$

Nota: Este factor irá incrementando a las intervenciones que se realicen a través del tiempo.

Administración (a): este factor depende de la planeación, dirección control de la intervención en la producción obtenida. El nivel para este equipo es de la malo – aceptable ya que la experiencia es muy mínima en el equipo.

Tabla 4.10 Valores para factores por administración

Nivel de Organización de la Administración	Factor (o)
Excelente	91-100%
Bueno	81-90%
Regular – Bueno	71-80%
Mala – Aceptable	61-70%

Fuente: Costos de construcción pesada carreteras y puentes, 1992

$$a_1 = 72\% \rightarrow \text{Primera intervención}$$

$$a_2 = 76\% \rightarrow \text{Segunda intervención}$$

Nota: El incrementando o alcanzar altos valores en este factor dependerán del ingeniero civil y los operadores.

Tipo de Material (m): este factor depende de la facilidad o dificultad con la que se pueda trabajar con el material existente en la intervención. Este equipo en general será utilizado en suelos compactados ya que es utilizada para el cambio de tuberías existentes.

Tabla 4.11 Valores para factores por tipo de material

Tipo de Material	Factor (m)	Trabajabilidad
Tierra compactada; arena; grava y suelos suave	100%	Muy fácil
Tierra compactada; arcilla seca y suelos rocosos < 25%	90%	Fácil
Suelo duro con contenido de roca > 25% < 50 %	80%	Medio
Roca dinamitada o escarificada; suelos con contenido rocoso > 50% < 75%	70%	Difícil
Rocas y areniscas	60%	Muy Difícil

Fuente: Costos de construcción pesada carreteras y puentes, 1992, pág. 113

$$m_1 = 90\% \rightarrow \text{Primera intervención}$$

$$m_2 = 90\% \rightarrow \text{Segunda intervención}$$

Maniobra (g): este factor se aplica a las máquinas que deben realizar giros en su propio eje. Para las demás equipos el valor de este factor es de 1.00.

Este equipo no este equipo no realiza ningún tipo de maniobra por lo cual se tomará el valor de 1.00.

$$g_1 = 1.00 \rightarrow \text{Primera intervención}$$

$$g_2 = 1.00 \rightarrow \text{Segunda intervención}$$

Imprevistos (I): este factor depende de: el tiempo que se pierde por lluvias, por roturas imprevistas, por reparaciones medias y generalidades planificadas y otras causas.

$$l = 100 - \% \text{ afectación}$$

Tabla 4.12 Valores para factores por afectación

Razón imprevisto	Afectación (%)
Lluvia	5% - 6%
Reparaciones	12% - 15%
Roturas	18% - 20%
Otras	5% -7%

Fuente: Costos de construcción pesada carreteras y puentes, 1992, pág. 112

El porcentaje de imprevistos que se debe tomar esta entre el 15% – 20%. De los cuales para el estudio de este equipo se tomará el 18% teniendo en cuenta que se imprevistos por lluvias, roturas del equipo y reparaciones del mismo.

$$l = 100 - 18 = 88\%$$

$$l_1 = 88\% \rightarrow \text{Primera intervención}$$

$$l_2 = 88\% \rightarrow \text{Segunda intervención}$$

Uso anual (u): este factor depende del tiempo muerto del equipo por falta de trabajo, este obedecerá a las políticas de la EPMAS y ocupación del mismo.

El equipo de Pipe Bursting – Grundotugger es una nueva implementación de la EPMAPS así que está en proceso de adopción de políticas para la misma. Así que cuando no se tiene información de este factor se considera un valor de 85%

$$u_1 = 85\% \rightarrow \text{Primera intervención}$$

$$u_2 = 85\% \rightarrow \text{Segunda intervención}$$

Analizados cada uno de los factores que interviene en el cálculo de la **Eficiencia de trabajo** tenemos:

$$I = i * o * a * m * g * l * u$$

Remplazando los valores analizados para cada intervención:

$$I_1 = 0.67 * 0.6 * 0.72 * 0.9 * 1.00 * 0.88 * 0.85 = 0.195 \rightarrow \text{Primera intervención}$$

$$I_2 = 0.67 * 0.65 * 0.75 * 0.9 * 1.00 * 0.88 * 0.85 = 0.219 \rightarrow \text{Segunda intervención}$$

Realizado el cálculo de la Eficiencia de trabajo, procedemos a obtener la **Producción Horaria**.

$$P = D * \bar{v} * I * 3600$$

$$P_1 = 0.16m * 0.006516 \frac{m}{seg} * 0.195 * 3600 = 0.732 m^2/hora$$

\rightarrow Primera intervención

$$P_2 = 0.16m * 0.00937 \frac{m}{seg} * 0.219 * 3600 = 1.182 m^2/hora \rightarrow \text{Segunda intervención}$$

Para obtener el rendimiento que se empleará para el análisis de precios unitarios es el valor inverso de la producción horaria.

$$R_1 = \frac{1}{0.732 m^2/hora} = 1.366 hora/m^2 \rightarrow \text{Primera intervención}$$

$$R_2 = \frac{1}{1.182 m^2/hora} = 0.846 hora/m^2 \rightarrow \text{Segunda intervención}$$

Concluidos los cálculos de rendimiento horario se observa que hubo un mayor rendimiento en la segunda intervención. El rendimiento de la primera intervención es de 81.96 min por metro cuadrado, el rendimiento de la segunda intervención es de 50.76 min por metro cuadrado.

CAPÍTULO V VENTAJAS Y DESVENTAJAS Y CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA REHABILITACIÓN DE TUBERÍA MEDIANTE LA OPERACIÓN DEL EQUIPO “PIPE BURSTING” SOBRE EL MÉTODO CONVENCIONAL.

Este capítulo trata sobre las ventajas económicas, técnicas y sociales que brinda la utilización de este equipo. Además se mencionarán las desventajas que tiene este equipo.

Y para finalizar este capítulo se expondrán las conclusiones y recomendaciones obtenidas de la realización de esta tesis.

5.1 Desventajas:

1. Es solamente aplicable a tubería circular.
2. Dependiendo del servicio que brinde la tubería (agua potable, gas, alcantarillado, etc.), a intervenir es posible que sea necesario suspender el servicio.
3. La trayectoria que tiene la tubería existente, deberá ser adecuada para la tubería nueva, sobre todo deberá tener una pendiente constante, y además deberá estar libre de depósitos pesados.
4. El suelo circundante a la tubería debe ser desplazado.
5. En lo que son acometidas domiciliarias se deberá excavar pozos nuevos, pero esto garantizara una integración segura y profesional.

6. Si en la tubería existen cambios de dirección y cambios de pendiente o dependiendo del tipo de tubería se requerirá la excavación de pozos intermedios.
7. Se deberá guardar una distancia mínima de tuberías o estructuras adyacentes, paralelas o transversales a la tubería a intervenir así como de la superficie del terreno para evitar daños en ellas.
8. Para la realización de los procesos de pipe bursting y termofusión, obligatoriamente se requiere de personal capacitado en el uso de los equipos.

5.2 Ventajas:

1. Pipe Bursting es el método más elegido para la instalación de tuberías de polietileno.
2. Brinda una considerable reducción en los trabajos de excavación, movimiento de tierras y de rotura y reposición de pavimentos.
3. Es posible trabajar en el área a intervenir con mínima interrupción del tráfico vehicular cotidiano.
4. Existe una menor contaminación auditiva y de polvo.
5. Reducción en el tiempo de duración de la obra.
6. Puede ser aplicado para cualquier tipo de daño siempre y cuando el equipo pueda ser instalado y operado correctamente.
7. No reduce el diámetro de la tubería, y si es necesario puede este ser aumentado.
8. Se reduce el riesgo para los trabajadores de trabajar en espacios confinados y dentro de zanjas.

9. Ideal para tramos que se puedan encontrar debajo de predios, jardines, parques, vegetación espesa o árboles.
10. Pipe Bursting es controlado y descrito a nivel mundial bajo estándares, normas y regulaciones.
11. La exigencia de tener personal capacitado brinda una mayor garantía para el éxito de la intervención y en la calidad de la obra.

5.3 Conclusiones:

- El costo por metro lineal de rehabilitación, una vez realizada la comparación de precios unitarios y presupuestos, se obtuvo un costo directo (sin IVA) por metro lineal para el Pipe Bursting el cual representa todas las condiciones y cantidades de obra a realizarse para la primera intervención es de \$ 63,32 en comparación con costo de metro lineal por el método convencional que es de \$85,58. Esto significa una reducción de costos de aproximadamente del 21% respecto del Pipe Bursting sobre el método convencional. El costo directo (sin IVA) por metro lineal para el Pipe Bursting de la segunda intervención es de \$ 73,19 en comparación con costo de metro lineal por el método convencional que es de \$90,62. Esto significa una reducción de costos de aproximadamente del 19% respecto del Pipe Bursting sobre el método convencional.
- En el grafico 3.7 se observa (en la comparación de longitud vs costos metro lineal entre el método Convencional (Zanja abierta) y Pipe Bursting) un punto de equilibrio en costo a los 17m de longitud, es decir de 0-17m es más económico realizar la rehabilitación de tubería utilizando el método

convencional y de 17-60m es favorable utilizar el método de Pipe Bursting. Este mismo gráfico puede servir como guía para estimar el costo de una intervención en función de la longitud de rehabilitación comparando ambos métodos.

- La cuadrilla tipo para el Pipe Bursting debe estar compuesta por el operador principal y un ayudante, esto en base a las cuadrillas utilizadas en cada una de las intervenciones y sus tiempos de ejecución.
- El rendimiento en el método convencional (zanja abierta), en parte obedece a la experiencia que tengan los trabajadores, ya que este método se realiza actividades como la excavación, la colocación de la tubería y el relleno de la zanja misma, esto es proporcional al rendimiento y al costo de las rehabilitaciones, para el método del Pipe Bursting el rendimiento tiene mucho que ver con el equipo que se emplee, ya que el proceso de rehabilitación de la tubería no actúa la mano del hombre, lo que nos da una menor variabilidad en los rendimientos del Pipe Bursting sobre el método convencional.
- El rendimiento de la primera intervención es de 81.96 min por metro cuadrado, el rendimiento de la segunda intervención es de 50.76 min por metro cuadrado. Cabe mencionar que estos rendimientos solamente toma en cuenta la operación del equipo Grundotugger en si mas no las demás actividades incluyendo la unión por termofusión.

- El tiempo para la rehabilitación de tubería por el método del Pipe Bursting va desde una longitud de 0 a 10 m lineales con un tiempo de ejecución de 116 minutos (1,93 horas), esto con la principal característica de que esta longitud no es necesaria la actividad de termofusión. Si se desea estimar el tiempo para la rehabilitación de tramos mayores a 10m se deberá evaluar la longitud a instalarse de tubería y las cantidades de uniones por termofusión tomando en cuenta que una unión por termofusión tiene una duración en promedio de treinta minutos.
- Se realizó un manual de operaciones donde se describen los componentes de la maquinaria del equipo de pipe Bursting y termofusión, su montaje y operación para la capacitación de los operadores.
- Se observó una considerable reducción en los trabajos de excavación, movimiento de tierras y de rotura y reposición de pavimentos lo cual es incidente en la reducción de costos para estos rubros, para la primera intervención se obtuvo un porcentaje promedio de reducción del 86.89% y para la segunda intervención un 74.49% en total de los rubros mencionados.

5.4 Recomendaciones:

- El funcionamiento del equipo de Pipe Bursting solo se lo debe realizar bajo las condiciones descritas en el segundo capítulo del presente trabajo ya que la operación del equipo bajo condiciones inapropiadas puede poner en riesgo la integridad física de los operadores y la operatividad de la maquinaria.

- Capacitar adecuadamente al personal respecto a los procesos y a la operación de los equipos mediante simulacros y pruebas de operación.
- Recopilar toda la información necesaria respecto al área de intervención (tráfico, tipo de suelo, redes de servicios cercanos, etc.)
- Familiarizarse completamente con los manuales de los distintos equipos.
- Utilizar los equipos de protección personal correspondientes para cada proceso.
- Coordinar con la Agencia Metropolitana de Tránsito para que pueda ayudar con el control de tráfico y a señalar debidamente las áreas de la obra para la protección de los transeúntes (tráfico vehicular y peatonal).
- Para obtener la máxima eficiencia y rendimiento del equipo para fracturación de tubería Grundotugger, se debe trabajar bajo las condiciones descritas en el capítulo 2 y regirse al manual de operaciones del **Anexo 5** y a los manuales de operación de los fabricantes.

BIBLIOGRAFIA

- 2007 Vulkan-Verlag GmbH
- ADS Environmental Services, 1998. "Sewer Evaluation Services." Internet site at
- All rights reserved. No part of this book covered by the copyrights hereon may be translated, reproduced or copied in any form or by any means-graphic, electronic, or mechanical, including photocopying, taping, or information storage and retrieval systems- without written permission of the Publisher.
- and System Performance. Prepared for the EPA Office of Wastewater Management under a cooperative agreement with American Society of Civil Engineers.
- Arbour, R. and K. Kerri, 1997. Collection Systems: Methods for Evaluating and Improving Performance. Prepared for the EPA Office of Wastewater Management by the California State University, Sacramento, CA.
- Bibliographic information published by deutsche nationalbibliothek
- Black & Veatch, 1998. Optimization of Collection System Maintenance Frequencies
- By Rodrigo Archondo-callao. The World Bank. "Roads Economic Decision Model (RED) for Economic Evaluation of Low Volume Roads". Software Users Guide. Version 2.0, 3/15/01
- Camara de construcción de Quito
- cameco@andinanet.net
- Carlos Suarez Salazar , COSTOS Y TIEMPO DE EDICION
- Carlos Suárez Salazar, ADMINISTRACION DE EMPRESAS
- CATERPILLAR.- "Manual de Rendimiento de Producción". Edicion31. Octubre 2000.
- City of Fort Worth, Texas, 1998. C. Hanson, Superintendant, City of Fort Worth, Texas, personal communication with Parsons Engineering Science.
- City of Los Angeles, 1998. B. Bergren, Manager, Public Works Sanitation and Wastewater Collections System Division, City of Los Angeles, personal communication with Parsons Engineering Science Inc.

- City of Los Angeles, 1998. Wastewater Collection System Operation, Maintenance, and Management.
- CODIFICACION DE LA LEY DE CONTRATACION PÚBLICA,
- Coe, C.D., K. Fu, and M.G. Wade, 1997. "Sewer Cleaning as a Diagnostic Tool," In Collection Systems Rehabilitation and O&M: Solving Today's Problems and Meeting Tomorrow's Needs, pp.12:27-12:32.
- Collection System Symposium: Maintenance Management, pp.483-494.
- Collection, Treatment, and Biosolids Management. Water Environment Research
- CONSTRUCCION
- Construcción de Quito Departamento Técnico
- CONSTRUCTORAS
- Correo electrónico:
- DAEWOO. "Manual de Productos".
- Department of Public Works & Environmental Services, Fairfax County, Virginia, personal communication with Parsons Engineering Science, Inc.
- Detailed bibliographic data is available on the Internet at
- Deutsche nationalbibliothek lists this publication
- DISEÑO E IMPRESIÓN
- Email: n.huelsdau@vulkan-verlag.de
- Es una publicación de la Cámara de la
- Fairfax County, Virginia, 1998. I. Khan, Director, Line Maintenance Division,
- Fax: 02 2 431686
- Grande, Novac & Associates, Inc., 1998. "Flushing Device for Retention Tanks and Sewers." Internet site at [<http://www.gnainc.com/self.html>], accessed May 1998.
- GRUPO KAFEE
- GTU360000/GTU350000 GRUNDOTUGGER SYSTEM PARTS MANUAL – OM1000.0
- Hagekhalil, A.; J. Carabantes, D. Marske, K. Runzer, and D. Parikh, 1997. "The City of Los Angeles' Primary Sewer Condition Assessment Program," In Collection Systems

- Hardin, D. and C. Messer, 1997. "Old Data and New Tools- Maintaining the Sewers That Need It." Proceedings of the WaterEnvironment Federation Conference on Collection Systems Rehabilitation and O&M Speciality.
- Hoja Web: www.cquito.org
- Hydraulic power unit TT-M9
- <http://dnd.ddb.de>.
- http://www.adsenv.com/what_we_doservices-syeval.html], accessed June, 1998.
- Huysseallee 52-56, D-45128 Essen, Fed. Rep. Of Germany
- In the Deutsche Nationalbibliografie;
- Information contact: Municipal Technology Branch U.S. EPA Mail Code 4204 401 M St., S.W. Washington, D.C., 20460 Freemn,1997. Benchmarking Wastewater perations-
- Ing. Máximo Ramón C. "MAQUINARIA Y EQUIPO DE CONSTRUCCION". Texto para estudiantes del Octavo Ciclo de Ingeniería Civil de la PUCE. Enero 2005.
- Ing. Máximo Ramón C. "MAQUINARIA Y EQUIPO DE CONSTRUCCIÓN". Texto para estudiantes del Octavo Ciclo de Ingeniería Civil de la PUCE. Febrero 2008. Pág. 61.
- Ing. Máximo Ramón C. "PROGRAMA DE CAMINOS RUALES. REHABILITACIÓN Y MANTENIMINETO VIAL". Trabajo de Monografía. Junio 2000.
- ISBN 978-3-8027-2750-4
- Junio del 2004
- KA-TE, 1998. "The KA-TE Cutter." Internet site at [<http://www.nodig.com>
- Kerri, K.D. and J. Brady, 1993.Operation and Maintenance of Wastewater Collection Systems, Volume 1. Prepared for the EPA Office of Water Program
- LEVANTAMIENTO DE TEXTO: Departamento
- Ley de Contratación Pública del Ecuador.
- Managing Editor: Nico Hülsdau
- MANUAL DE COSTOS EN LA

- May, J., D. Harding, G. Rames, and R. Nelson, 1996. "Using Maintenance frequencies To Set, Plan, and Schedule I/I Control and Maintenance Activities," In
- Ministerio de Obras Públicas. "Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes. MOP -001-F-2002"
- Ministerio de Obras Públicas. Dirección de Estudios. Departamento de Impactos Ambientales en Carreteras". Documento para revisión. Quito – Junio/1999.
- Nelson, R.E., P. Hsiung, and A. Witt, 1998. Optimization of Collection System Maintenance Frequencies and System Performance. Prepared for the EPA Office of Wastewater Management by the American Society of Civil Engineers and Black & Veatch.
- Operations by the California State University, Sacramento, CA.
- Operator's Manual Pipe Fusion system
- Operator's Manual Mode: Grundotugger Lateral Pipe Bursting System
- Pasaje Juan Pablo Sanz e Iñaquito
- Patrick, R., J. Rompala, A. Symkowski, W. Kingdom, R. Serpente, and N. For more
- PBX: 02 2 432370
- Producer: H.-Jürgen Widuckel
- Quito-Ecuador
- Registro Oficial No. 272, del 22 de marzo del 2001.
- Rehabilitation and O&M: Solving Today's Problems and Meeting Tomorrow's Needs, pp. 8:27-8:38.
- Técnico – Cámara de la Construcción de Quito
- técnico@ccquito.org
- The listing of utility names, trade names, descriptions of godos etc. Without special marking or designation in this book does not allow the presumption that such names are considered free in the sense of the trademark and trademark protection laws and can, consequently, be used by any person.
- This book was prepared with much care and devotion. Nonetheless, authors and publishing company do not assume responsibility for the correctness of data, comments suggestions and possible printing errors.
- www.tttechnologies.com

ANEXOS

Anexo 1: Posibles Sitios de Intervención

Anexo 5: Manual de Operaciones

EPMAPS

MANUAL DE OPERACIONES DEL EQUIPO DE PIPE BURSTING: GRUNDOTUGGER

GERENCIA DE OPERACIONES

U.D.S.A.

QUITO, OCTUBRE 2015

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento

15/10/2015 11:51:46

Análisis de Precio Unitario QUITO

Página: 1 de 1

Rubro: 01.024.4.31 VALLA TIPO CABALLETE, 1.00X1.20M, MARCO METALICO, LEYENDA EN VINIL REFLECTIVO SOBRE TOOL 1.00X0.60 M, (PROVIS.Y MONTAJE)

Unidad: u

Material

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
06.02.0045	VALLA TIPO CABALLETE, 1.00X1.20M, MARCO METALICO, I	u	1,0000	85,0000	85,00

Total Material 85,00

Transporte

	Cantidad	Tarifa/Km	Distancia (Km)	Costo
Material en m3	1,00	0,000	0,000	0,00
Material en Toneladas	1,00	0,000	0,000	0,00

Total Transporte 0,00

Costo Directo Rubro (USD) 85,00

Costo Indirecto 10 % 8,50

Costo Total Rubro (USD) 93,50

cs_d_corubrod

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento

15/10/2015 11:48:50

Análisis de Precio Unitario QUITO

Página: 1 de 1

Rubro: 03.009.4.04 INSTALACION TAZAS SUMIDERO CON SIFON

Unidad: U

Mano de Obra

Código	Descripción	Número	Salario Hora	Rendimiento h/hombre	Costo
02.0006	ESTR.OC. C1 (CAT V MAESTRO TIT. SECAP)	1,0000	3,5700	0,900	3,21
01.0001	ESTR.OC. E2 (CAT I)	2,0000	3,1800	0,900	5,72
Total Mano de Obra					8,93

Equipo

Código	Descripción	Número	Costo Hora	Rendimiento h/equipo	Costo
01.0001	HERRAMIENTA MANUAL	1,0000	0,2000	0,900	0,18
Total Equipo					0,18

Transporte

	Cantidad	Tarifa/Km	Distancia (Km)	Costo
Material en m3	0,00	0,000	0,000	0,00
Material en Toneladas	0,00	0,000	0,000	0,00
Total Transporte				0,00

Costo Directo Rubro (USD)	9,11
Costo Indirecto 10 %	0,91
Costo Total Rubro (USD)	10,02

cs_d_corubrod

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento

15/10/2015 11:48:30

Análisis de Precio Unitario QUITO

Página: 1 de 1

Rubro: 03.009.4.03 INSTALACION REJILLA Y CERCO SUMIDERO CALZADA

Unidad: U

Mano de Obra

Código	Descripción	Número	Salario Hora	Rendimiento h/hombre	Costo
02.0003	ESTR.OC. D2 (CAT III)	1,0000	3,2200	0,050	0,16
01.0001	ESTR.OC. E2 (CAT I)	1,0000	3,1800	0,100	0,32
Total Mano de Obra					0,48

Equipo

Código	Descripción	Número	Costo Hora	Rendimiento h/equipo	Costo
01.0001	HERRAMIENTA MANUAL	1,0000	0,2000	1,000	0,20
Total Equipo					0,20

Transporte

	Cantidad	Tarifa/Km	Distancia (Km)	Costo
Material en m3	0,00	0,000	0,000	0,00
Material en Toneladas	0,00	0,000	0,000	0,00
Total Transporte				0,00

Costo Directo Rubro (USD)	0,68
Costo Indirecto 10 %	0,07
Costo Total Rubro (USD)	0,75

cs_d_corrubrod

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento

15/10/2015 11:48:31

Análisis de Precio Unitario QUITO

Página: 1 de 1

Rubro: 01.016.4.62 REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA, ANCHO HASTA 1.00m

Unidad: m

Material

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
04.02.0008	REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA, ANCHA HASTA 1.00	m	1,0000	27,5000	27,50
Total Material					27,50

Transporte

	Cantidad	Tarifa/Km	Distancia (Km)	Costo
Material en m3	1,00	0,000	0,000	0,00
Material en Toneladas	1,00	0,000	0,000	0,00
Total Transporte				0,00
Costo Directo Rubro (USD)				27,50
Costo Indirecto 10 %				2,75
Costo Total Rubro (USD)				30,25

cs_d_comubrod

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento

15/10/2015 11:46:00

Análisis de Precio Unitario QUITO

Página: 1 de 1

Rubro: 01.016.4.57 CORTE DE PAVIMENTO 2"-4"

Unidad: m

Material

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
08.07.0284	DISCO DIAMANTADO 14" PARA CORTE DE ASFALTO	u	0,0040	280,0000	1,01
Total Material					1,01

Mano de Obra

Código	Descripción	Número	Salario Hora	Rendimiento h/hombre	Costo
02.0003	ESTR.OC. D2 (CAT III)	1,0000	3,2200	0,040	0,13
01.0001	ESTR.OC. E2 (CAT I)	1,0000	3,1800	0,040	0,13
Total Mano de Obra					0,26

Equipo

Código	Descripción	Número	Costo Hora	Rendimiento h/equipo	Costo
01.0001	HERRAMIENTA MANUAL	1,0000	0,2000	0,040	0,01
02.0105	CORTADORA DE ASFALTO	1,0000	5,0000	0,040	0,20
Total Equipo					0,21

Transporte

	Cantidad	Tarifa/Km	Distancia (Km)	Costo
Material en m3	0,00	0,000	0,000	0,00
Material en Toneladas	0,00	0,000	0,000	0,00
Total Transporte				0,00

Costo Directo Rubro (USD)	1,48
Costo Indirecto 10 %	0,15
Costo Total Rubro (USD)	1,63

cs_d_corrubrod

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento

15/10/2015 11:44:02

Análisis de Precio Unitario QUITO

Página: 1 de 1

Rubro: 01.005.4.01 RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)

Unidad: m3

Mano de Obra

Código	Descripción	Número	Salario Hora	Rendimiento h/hombre	Costo
02.0003	ESTR.OC. O2 (CAT III)	1,0000	3,2200	0,300	0,97
01.0001	ESTR.OC. E2 (CAT I)	1,0000	3,1800	0,300	0,95
Total Mano de Obra					1,92

Equipo

Código	Descripción	Número	Costo Hora	Rendimiento h/equipo	Costo
01.0001	HERRAMIENTA MANUAL	1,0000	0,2000	0,300	0,06
02.0050	PLANCHA VIBROAPISONADORA A GASOLINA	1,0000	2,4490	0,300	0,73
Total Equipo					0,79

Transporte

	Cantidad	Tarifa/Km	Distancia (Km)	Costo
Material en m3	0,00	0,000	0,000	0,00
Material en Toneladas	0,00	0,000	0,000	0,00
Total Transporte				0,00

Costo Directo Rubro (USD)	2,71
Costo Indirecto 10 %	0,27
Costo Total Rubro (USD)	2,98

cs_d_corubrod

Anexo 4: Análisis de Precios Unitarios EPMAPS

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento

15/10/2015 11:42:57

Análisis de Precio Unitario QUITO

Página: 1 de 1

Rubro: 01.003.4.24 EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=0.00-2.75m (EN TIERRA)

Unidad: m3

Mano de Obra

Código	Descripción	Número	Salario Hora	Rendimiento h/hombre	Costo
02.0009	ESTR.OC. D2 (ENGRASADOR ABAST. RESP./AY.MAQ.)	1,0000	3,2200	0,050	0,16
02.0012	ESTR.OC. C1 (OEP GRUPO1)	1,0000	3,5700	0,050	0,18
01.0001	ESTR.OC. E2 (CAT I)	1,0000	3,1800	0,050	0,16
Total Mano de Obra					0,50

Equipo

Código	Descripción	Número	Costo Hora	Rendimiento h/equipo	Costo
03.0015	RETROEXCAVADORA LLANTAS	1,0000	25,0000	0,050	1,25
Total Equipo					1,25

Transporte

	Cantidad	Tarifa/Km	Distancia (Km)	Costo
Material en m3	0,00	0,000	0,000	0,00
Material en Toneladas	0,00	0,000	0,000	0,00
Total Transporte				0,00

Costo Directo Rubro (USD)	1,75
Costo Indirecto 10 %	0,18
Costo Total Rubro (USD)	1,93

cs_d_conrubrod

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: SEÑALIZACIÓN EN OBRA			RUBRO No.	8
			UNIDAD:	Rendimiento(UH):
			u	VARIOS
EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	C.TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)				0,032
SUBTOTAL (A)				0,032
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORN. OBRA	REND. UH	C.TOTAL
Peón	1	3,180	0,200	0,636
SUBTOTAL (B)				0,636
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C.TOTAL
Valla tipo caballete 1,00 x 1,20m, marco metálico, leyenda en vinil reflectivo sobre tfoil 1,00x0,60 m (provisi y montaje)	u	1,0000	85,000	85,000
SUBTOTAL (C)				85,000
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF	C.TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				85,668
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				85,668
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				85,67

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: INSTALACIÓN TAZAS DE SUMIDERO CON SIFÓN			RUBRO No.	7
			UNIDAD:	Rendimiento(UH):
			u	VARIOS
EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTA	C.TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)				0,447
SUBTOTAL (A)				0,447
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORN. OBRA	REND. UH	C.TOTAL
Maestro mayor Título SECAP	1	3,570	0,900	3,213
Peon	2	3,180	0,900	5,724
SUBTOTAL (B)				8,937
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C.TOTAL
SUBTOTAL (C)				0,000
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF.	C.TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				9,384
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				9,384
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				9,38

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: INSTALACIÓN REJILLA Y CERCOS SUMIDERO CALZADA			RUBRO No.	6
			UNIDAD:	Rendimiento(UH):
			u	VARIOS
EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTA	C.TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)	0,150	3,200	0,375	0,037
Concretera de 1 sacco				0,18
SUBTOTAL (A)				0,217
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORN. OBRA	REND. UH	C.TOTAL
Piomero	1	3,220	0,080	0,258
Peon	1	3,180	0,150	0,477
SUBTOTAL (B)				0,735
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C.TOTAL
Aux. H.S. 180 kg/cm2	m3	0,0600	57,380	3,442
Encofrado 0,30x0,30	m3	0,0100	83,180	0,832
SUBTOTAL (C)				3,973
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF	C.TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				4,925
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				4,925
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				4,92

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: PIPE BURSTING D=160MM			RUBRO No.	5
			UNIDAD:	Rendimiento(UH):
			m	VARIOS
EQUIPO				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	C.TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)				0,028
Groundtugger	0,400	48,910	0,846	16,59
SUBTOTAL (A)				16,576
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORN. OBRA	REND. UH	C.TOTAL
Operador pipe bursting	1	3,570	0,075	0,298
Ayudate de operador pipe bursting	1	3,180	0,075	0,239
SUBTOTAL (B)				0,506
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C.TOTAL
Tuberia de PEAD 160 MM	ml	1,0000	12,000	12,000
Tablones de madera 0,20x 1,00x0,00 m	u	2,0000	6,000	12,000
SUBTOTAL (C)				24,000
TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF.	C.TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				41,083
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				41,083
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				41,08

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: PIPE BURSTING D=160MM			RUBRO No.	5
			UNIDAD:	Rendimiento(UH):
			m	VARIOS
EQUIPO				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTA	C.TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)				0,025
Groundtugger	0,400	48,910	1,395	26,72
SUBTOTAL (A)				26,750
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORN. OBRA	REND. UH	C.TOTAL
Operador pipe bursting	1	3,570	0,075	0,298
Ayudate de operador pipe bursting	1	3,180	0,075	0,239
SUBTOTAL (B)				0,506
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C.TOTAL
Tuberia de PEAD 160 MM	m	1,0000	12,000	12,000
Tablones de madera 0,20x 1,00x0,05 m	u	2,0000	6,000	12,000
SUBTOTAL (C)				24,000
TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF	C.TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				51,256
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				51,256
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				51,26

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: TUBERÍA PVC 160 MM			RUBRO No.	5
			UNIDAD:	Rendimiento(UH):
			m	VARIOS
EQUIPO				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTA	C.TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)				0,296
SUBTOTAL (A)				0,296
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORN. OBRA	REND. UH	C.TOTAL
Maestro de obra	1	3,570	0,400	1,428
Plomero	1	3,220	0,700	2,254
Peón	1	3,180	0,700	2,228
SUBTOTAL (B)				5,908
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C.TOTAL
Tubería P. roscable PVC 160 MM 420 PSI	m	1,0000	1,850	1,850
Teflon	rollo	3,0000	0,250	0,750
SUBTOTAL (C)				2,600
TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF	C.TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				8,803
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				8,803
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				8,80

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: REPOSICIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA (H=1,00m)			RUBRO No.	4
			UNIDAD:	Rendimiento(UH):
			m ²	VARIOS
EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	C.TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)				0,000
SUBTOTAL (A)				0,000
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORN. OBR.	REND. UH	C.TOTAL
				0,000
				0,000
				0,000
SUBTOTAL (B)				0,000
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C.TOTAL
Reposición de carpeta asfáltica, ancha hasta 1,00 m	m ²	1,0000	27,500	27,500
SUBTOTAL (C)				27,500
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF.	C.TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				27,500
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				27,500
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				27,50

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: CORTE DE PAVIMENTO 5-10 CM			RUBRO No.	3
			UNIDAD:	Rendimiento(UH):
			m2	VARIOS
EQUIPO				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMTO	C.TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)				0,013
Cortadora de asfalto	1,000	5,000	0,040	0,20
SUBTOTAL (A)				0,213
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORN. OBRA	REND. UH	C.TOTAL
Albañil	1	3,220	0,040	0,129
Peon	1	3,180	0,040	0,127
SUBTOTAL (B)				0,256
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C.TOTAL
Disco diamantado 14" para corte de asfalto	u	0,0040	280,000	1,120
SUBTOTAL (C)				1,120
TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF	C.TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				1,589
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				1,589
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				1,59

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACIÓN)			RUBRO No.	2
			UNIDAD:	Rendimiento(UH):
			m3	VARIOS
EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	C.TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)	1,00	2,450	0,300	0,086
Plancha vibropisonadora a gasolina				0,74
SUBTOTAL (A)				0,831
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORN. OBRA	REND. UH	C.TOTAL
Operador de la plancha vibro pisonadora	1	3,220	0,300	0,966
Peón	1	3,180	0,300	0,954
				0,000
SUBTOTAL (B)				1,920
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C.TOTAL
SUBTOTAL (C)				0,000
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF.	C.TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				2,751
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				2,751
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				2,75

Anexo 3: Análisis de Precios Unitarios Elaborados Por Tesistas

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: EXCAVACIÓN CON MAQUINA (ZANJA) Zanja H=0.00-2.75 m		RUBRO No.	1	
		UNIDAD:	Rendimiento(UH):	
		m3	VARIOS	
EQUIPO				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMEN TO	C.TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)				0,025
Retroexcavadora de fantas	1,00	25,000	0,050	1,25
SUBTOTAL (A)				1,275
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORN. OBRA	REND. UH	C.TOTAL
Operador de retroexcavadora	1	3,570	0,050	0,179
Ayudante del operador	1	3,220	0,050	0,161
Peón	1	3,180	0,050	0,159
SUBTOTAL (B)				0,499
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C.TOTAL
SUBTOTAL (C)				0,000
TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF	C.TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				1,773
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				1,773
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				1,77

Reporte Fotográfico

Ciudad QUITO	Calle EL TIEMPO Y TELEGRAFO	Fecha 03/09/2015	Solicitante U.D.S.A	Número de Sección 2
------------------------	---------------------------------------	----------------------------	-------------------------------	-------------------------------

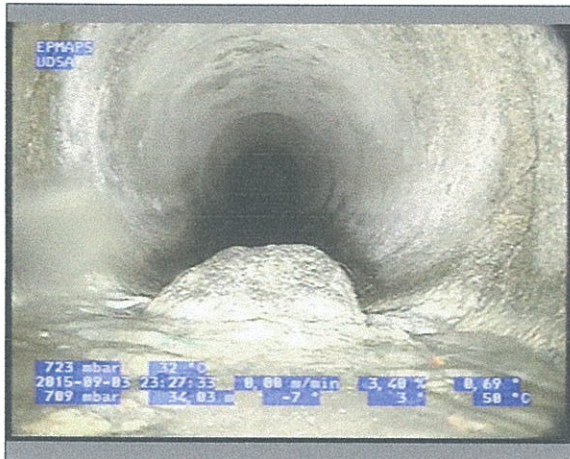


Foto: 2_2_39_A.JPG
 34,03m, Obstáculos rocas, 10 %de área transversal, para 05 a 07 en punto / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.

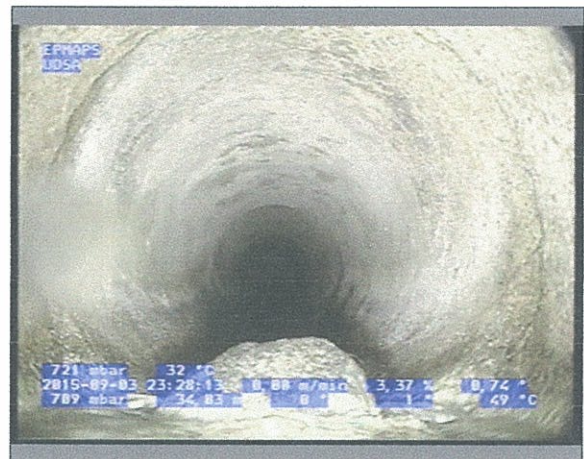


Foto: 2_2_42_A.JPG
 34,15m, Superficie de rugosidad está aumento mecánica, para 05 a 07 en punto, within 200mm of joint: YES, Acabado / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.

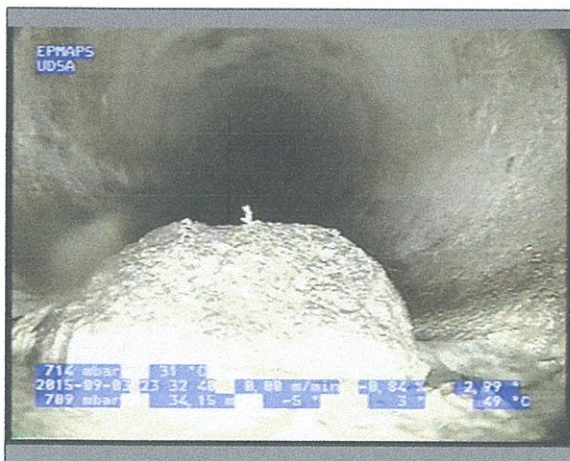


Foto: 2_2_43_A.JPG
 34,15m, Inspeccion abandonada / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.

Reporte Fotográfico

Ciudad QUITO	Calle EL TIEMPO Y TELEGRAFO	Fecha 03/09/2015	Solicitante U.D.S.A	Número de Sección 2
------------------------	---------------------------------------	----------------------------	-------------------------------	-------------------------------

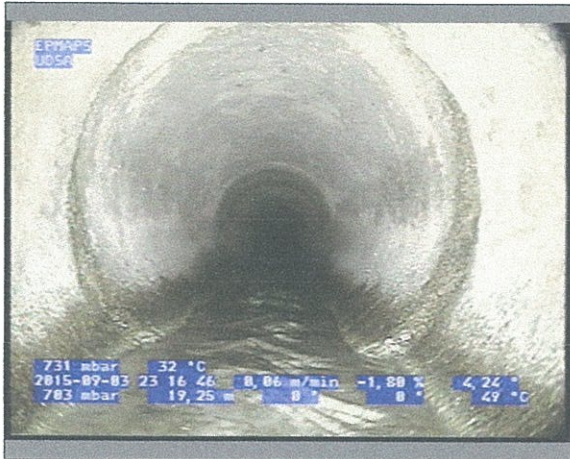


Foto: 2_2_33_A.JPG
 19,25m, Junta desplazada mediana / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.

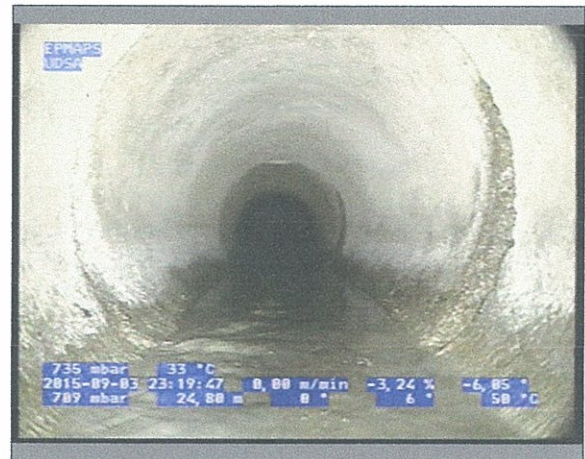


Foto: 2_2_34_A.JPG
 24,8m, Junta desplazada mediana / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.

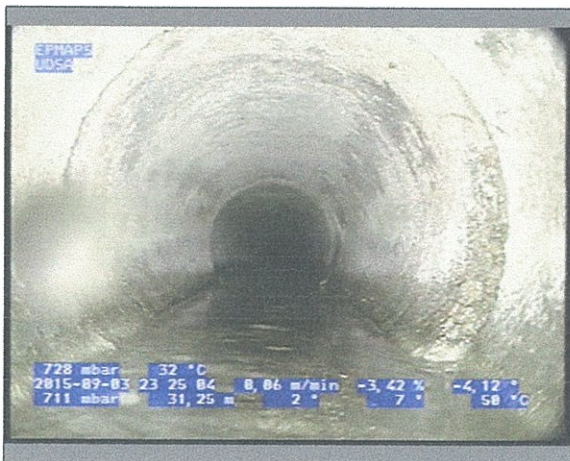


Foto: 2_2_37_A.JPG
 31,25m, Junta desplazada mediana / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.

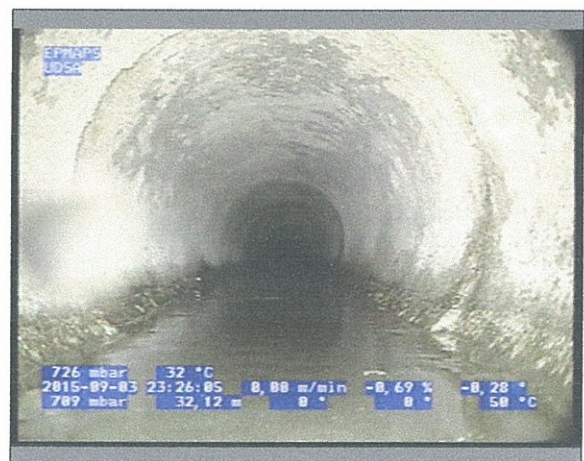


Foto: 2_2_38_A.JPG
 32,12m, Depósitos asentados finos, 10 %de área transversal, para 04 a 08 en punto, within 200mm of joint: YES / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.

Reporte Fotográfico

Ciudad QUITO	Calle EL TIEMPO Y TELEGRAFO	Fecha 03/09/2015	Solicitante U.D.S.A	Número de Sección 2
------------------------	---------------------------------------	----------------------------	-------------------------------	-------------------------------

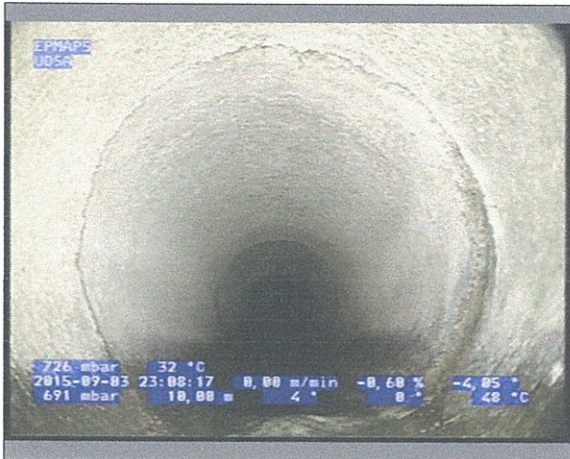


Foto: 2_2_26_A.JPG
 10m, Junta desplazada mediana / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.

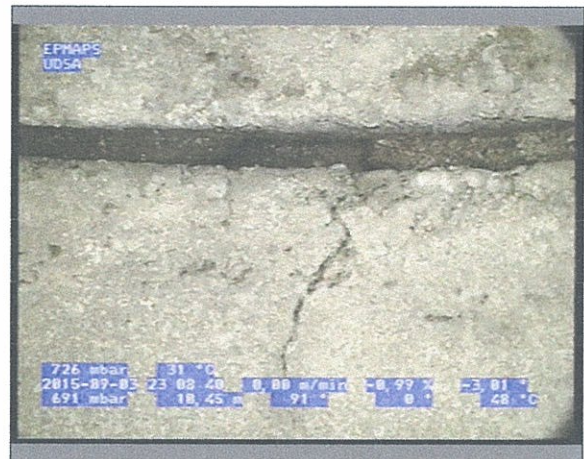


Foto: 2_2_27_A.JPG
 10,45m, Grieta longitudinal, en 12 en punto, within 200mm of joint: YES / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.

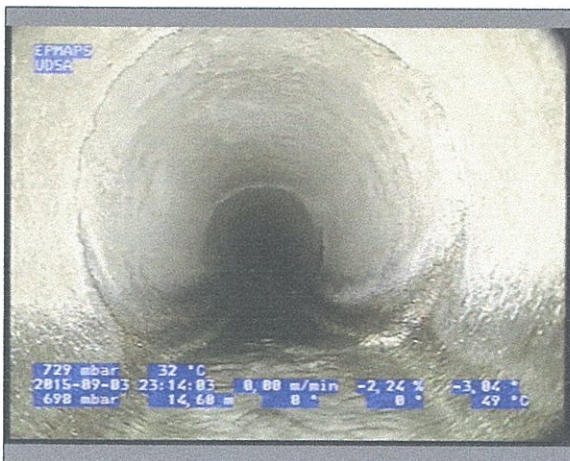


Foto: 2_2_31_A.JPG
 14,6m, Junta desplazada mediana / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.

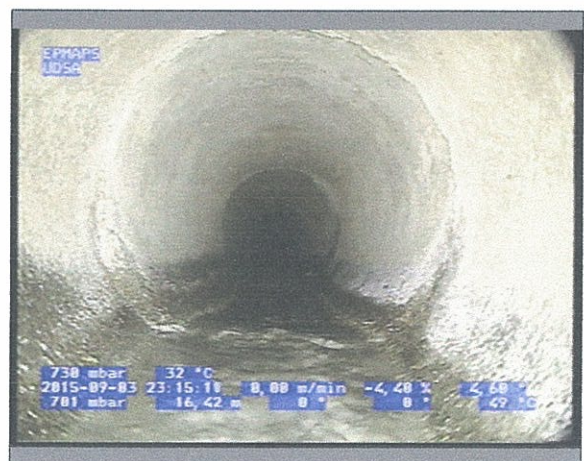


Foto: 2_2_32_A.JPG
 16,42m, Junta desplazada mediana / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.

Reporte Fotográfico

Ciudad QUITO	Calle EL TIEMPO Y TELEGRAFO	Fecha 03/09/2015	Solicitante U.D.S.A	Número de Sección 2
------------------------	---------------------------------------	----------------------------	-------------------------------	-------------------------------

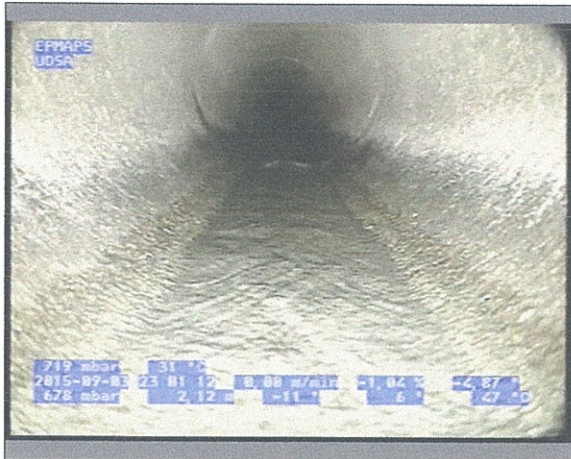


Foto: 2_2_21_A.JPG
 2,12m, Superficie de rugosidad está aumento mecánica, para 05 a 07 en punto, within 200mm of joint: YES, Arrancar / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.

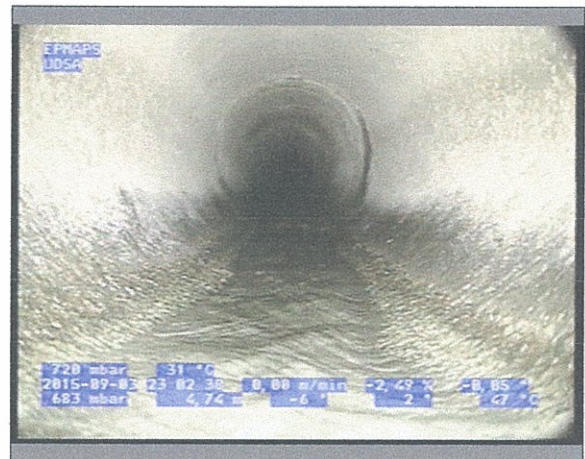


Foto: 2_2_21_B.JPG
 2,12m, Superficie de rugosidad está aumento mecánica, para 05 a 07 en punto, within 200mm of joint: YES, Arrancar / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.

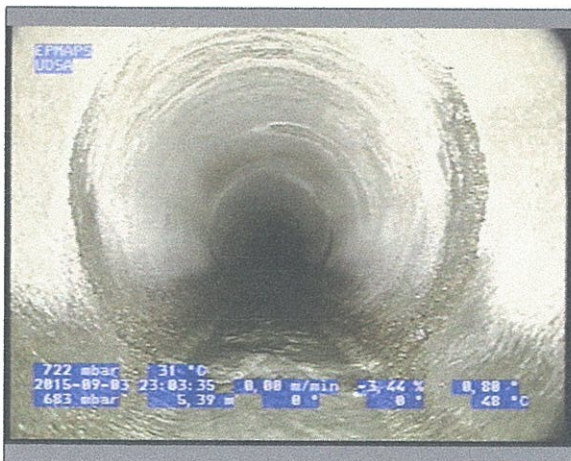


Foto: 2_2_23_A.JPG
 5,39m, Fotografía general, within 200mm of joint: YES / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.

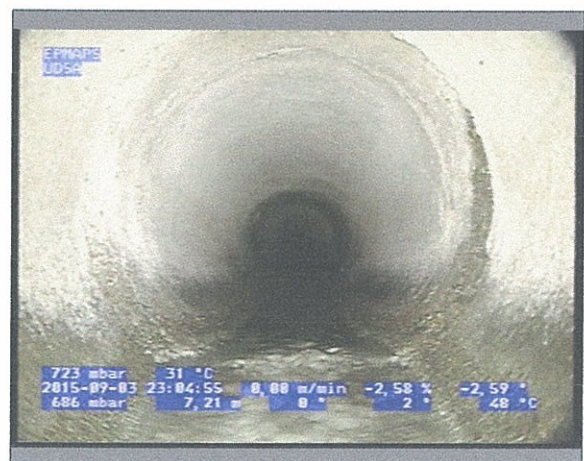


Foto: 2_2_24_A.JPG
 7,21m, Junta desplazada mediana / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.

Informe de Inspección Televisiva

Fecha 03/09/2015	Orden de Trabajo 407	Clima Parcialmente nublado	Inspeccionado por JIMMY GUALOTO	Uso de Alcantarillado Aguas LLuvias	Número de Sección 2
Propietario Sistema EPMAPS	Solicitante U.D.S.A	Limpieza Previa No Conocido	Fecha Limpieza	Tipo de Inspección INSPECCIÓN	Tipo de Red OTROS

Calle EL TIEMPO Y TELEGRAFO	Altura PI 1,60 m	Manhole Inicio P6
Ciudad QUITO	Altura PF 0,65 m	Manhole Final S3
Sector EL TIEMPO	ID Tramo P6-S3	Dirección Contraflujo
Equipo CAMARA DE EMPUJE	Longitud Tramo 39,35 m	L. Inspección 34,15 m
Motivo de inspección Año Construido Año renovado No. Video	Conocer estado Estructural y Operacional	Sección Medidas Material # CX en Tramo
		Circular 150 mm Tubo Hormigón Simple 0

Recomendación: Se recomienda realizar las reparaciones puntuales indicadas y la limpieza mecánica del tramo.

1:270 Posición	Observación	Foto	Grado
0,00	Manhole, la encuesta comienza / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.		
2,12 C1	Superficie de rugosidad está aumento mecánica, para 05 a 07 en punto, within 200mm of joint: YES, Arrancar / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.	2_2A, 2_2B	S 1
5,39	Fotografía general, within 200mm of joint: YES / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.	2_3A	
7,21	Junta desplazada mediana / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.	2_4A	S 1
10,00	Junta desplazada mediana / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.	2_5A	S 1
10,45	Grieta longitudinal, en 12 en punto, within 200mm of joint: YES / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.	2_6A	S 2
14,60	Junta desplazada mediana / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.	2_7A	S 1
16,42	Junta desplazada mediana / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.	2_8A	S 1
19,25	Junta desplazada mediana / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.	2_9A	S 1
24,80	Junta desplazada mediana / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.	2_10A	S 1
31,25	Junta desplazada mediana / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.	2_11A	S 1
32,12	Depósitos asentados finos, 10 %de área transversal, para 04 a 08 en punto, within 200mm of joint: YES / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.	2_12A	M 2
34,03	Obstáculos rocas, 10 %de área transversal, para 05 a 07 en punto / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.	2_13A	M 2
34,15 F1	Superficie de rugosidad está aumento mecánica, para 05 a 07 en punto, within 200mm of joint: YES, Acabado / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.	2_14A	S 1
34,15	Inspeccion abandonada / Ninguna. Daños dentro de los parámetros admisibles.	2_15A	

QSR	QMR	SPR	MPR	OPR	SPRI	MPRI	OPRI
3121	2300	17	6	23	1,21	2	1,35

Reporte Fotográfico

Ciudad QUITO	Calle JOSE ABASCAL Y PORTETE	Fecha 18/09/2015	Solicitante U.D.S.A	Numero de Sección 1
------------------------	--	----------------------------	-------------------------------	-------------------------------

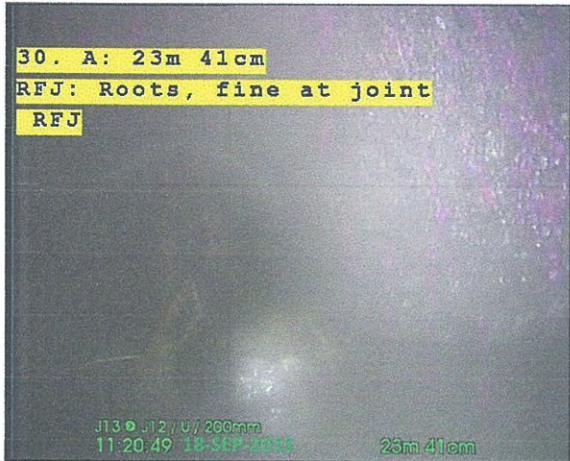


Foto: 151231_1120A-CDAJARDIN.jpg
23,41m, Raíces finas en la junta, para 10 a 02 en punto,
within 200mm of joint: NO / Ninguna, dentro de los parámetros
admisibles

Reporte Fotográfico

Ciudad	Calle	Fecha	Solicitante	Numero de Sección
QUITO	JOSE ABASCAL Y PORTETE	18/09/2015	U.D.S.A	1

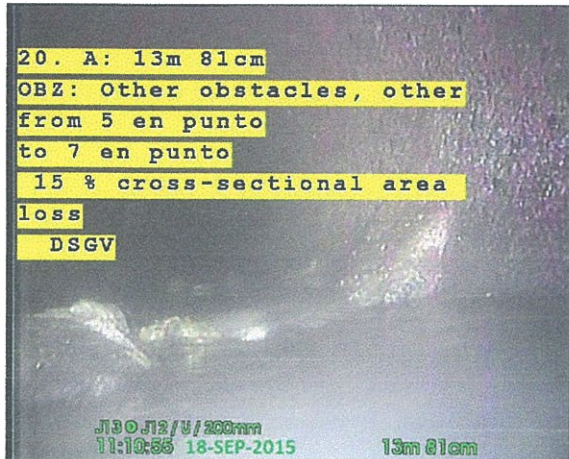


Foto: 151231_1110B-CDAJARDIN.jpg
13,81m, Depósitos asentados otro, 15 %# de área transversal, para 04 a 08 en punto, within 200mm of joint: NO / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles

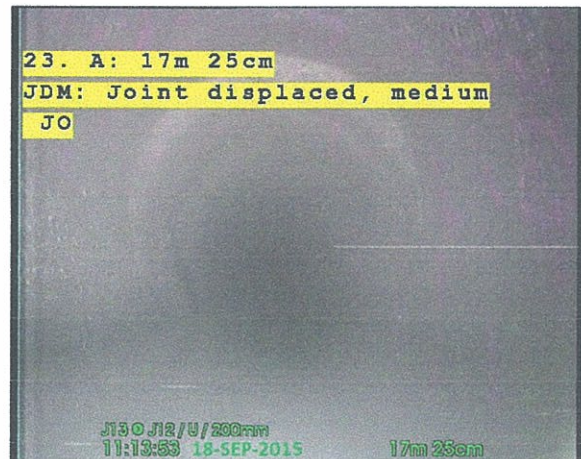


Foto: 151231_1113A-CDAJARDIN.jpg
17,25m, Junta desplazada mediana / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles

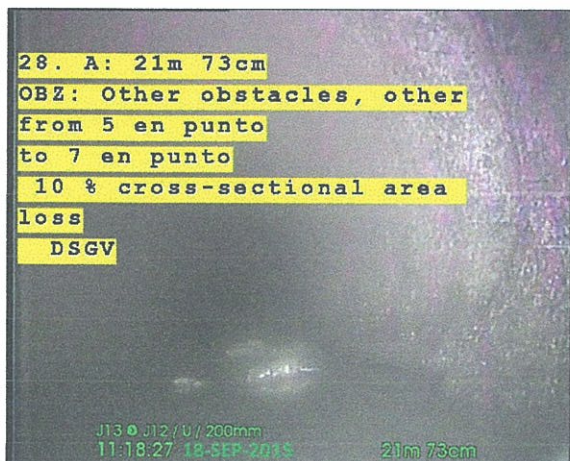


Foto: 151231_1118A-CDAJARDIN.jpg
21,73m, Superficie de rugosidad está aumento desconocido, para 05 a 07 en punto, within 200mm of joint: NO / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles

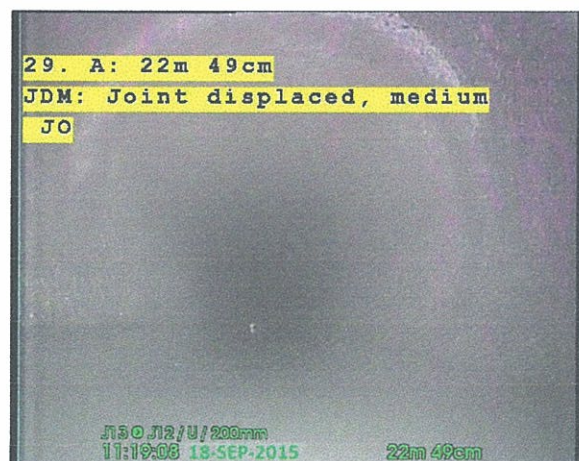


Foto: 151231_1119A-CDAJARDIN.jpg
22,19m, Junta desplazada mediana / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles

Reporte Fotográfico

Ciudad QUITO	Calle JOSE ABASCAL Y PORTETE	Fecha 18/09/2015	Solicitante U.D.S.A	Numero de Sección 1
------------------------	--	----------------------------	-------------------------------	-------------------------------

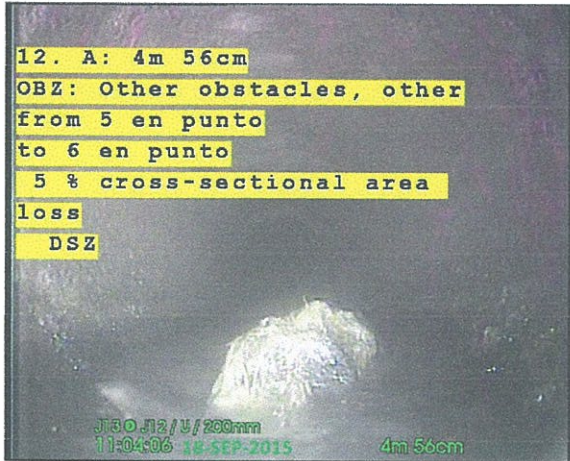


Foto: 151231_1104A-CDAJARDIN.jpg
 4,56m, Depósitos asentados otro, 15 %# de área transversal, para 04 a 08 en punto, within 200mm of joint: NO / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles

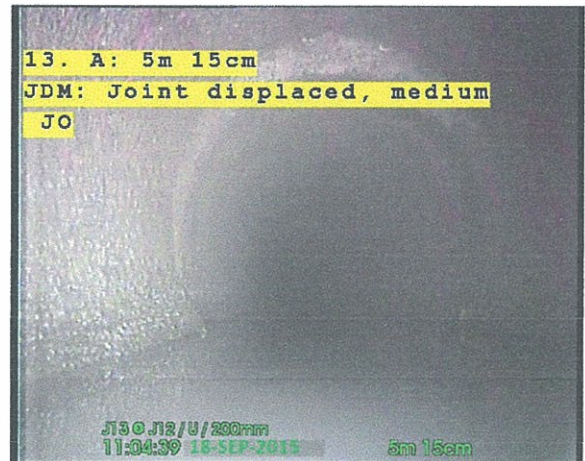


Foto: 151231_1104B-CDAJARDIN.jpg
 5,15m, Junta desplazada mediana / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles

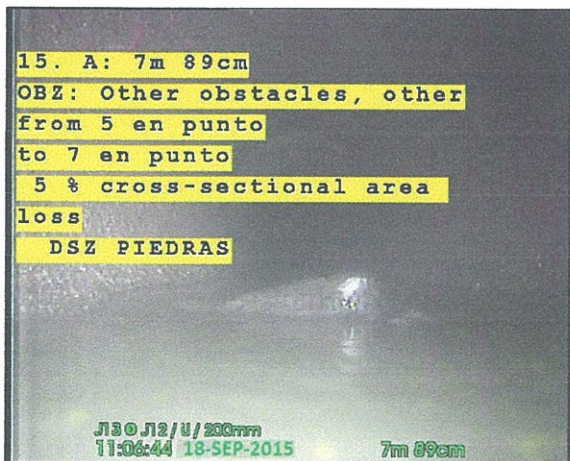


Foto: 151231_1106A-CDAJARDIN.jpg
 7,89m, Depósitos asentados de grava, 20 %de área transversal, para 04 a 08 en punto, within 200mm of joint: NO / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles



Foto: 151231_1107A-CDAJARDIN.jpg
 10,17m, Junta desplazada mediana / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles

Reporte Fotográfico

Ciudad QUITO	Calle JOSE ABASCAL Y PORTETE	Fecha 18/09/2015	Solicitante U.D.S.A	Numero de Sección 1
------------------------	--	----------------------------	-------------------------------	-------------------------------

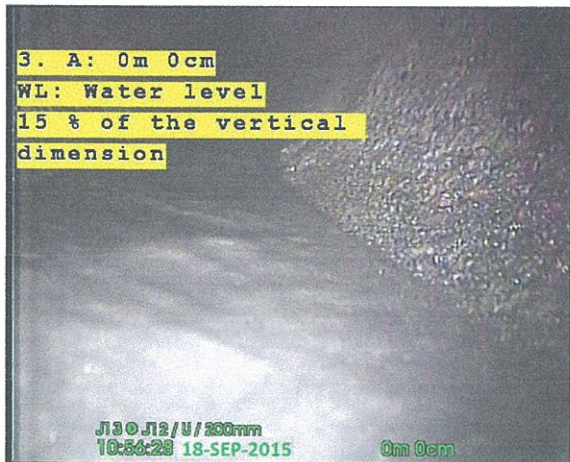


Foto: 151231_1056A-CDAJARDIN.jpg
0m, De nivel de agua, 5 de área transversal / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles



Foto: 151231_1057A-CDAJARDIN.jpg
0m, Superficie de rugosidad está aumento desconocido, para 04 a 08 en punto, within 200mm of joint: NO / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles

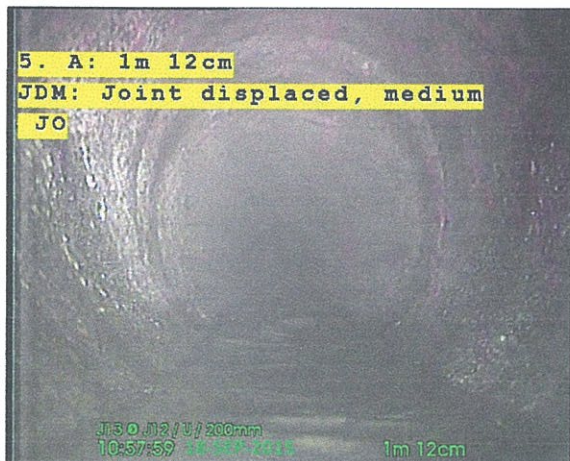


Foto: 151231_1057B-CDAJARDIN.jpg
1,12m, Junta desplazada mediana / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles

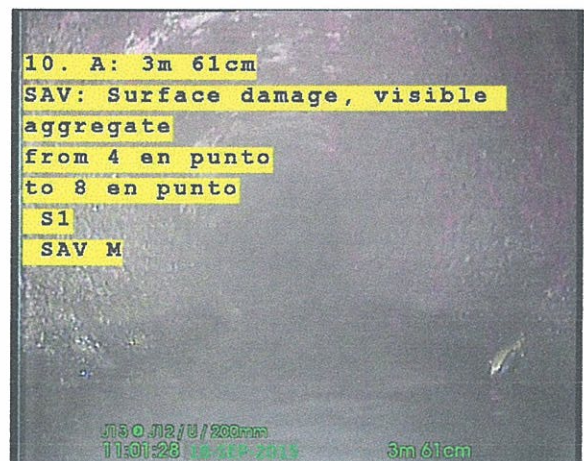


Foto: 151231_1101A-CDAJARDIN.jpg
3,61m, Superficie de rugosidad está aumento desconocido, para 04 a 08 en punto, within 200mm of joint: NO / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles

Informe de Inspección Televisiva

Fecha 18/09/2015	Orden de Trabajo 407	Clima Parcialmente nublado	Inspeccionado por JIMMY GUALOTO	Uso de Alcantarillado Aguas Lluvias	Número de Sección 1
Propietario Sistema EPMAPS	Solicitante U.D.S.A	Limpieza Previa No Conocido	Fecha Limpieza	Tipo de Inspección INSPECCIÓN	Tipo de Red OTROS

Calle JOSE ABASCAL Y PORTETE	Altura PI 1,70 m	Manhole Inicio J3
Ciudad QUITO	Altura PF 0,65 m	Manhole Final J2
Sector EL INCA	ID Tramo J3-J2	Dirección Contraflujo
Equipo CAMARA DE EMPUJE	Longitud Tramo 25,30 m	L. Inspección 25,30 m
Motivo de inspección Conocer estado Estructural y Operacional	Sección Circular	
Año Construido	Medidas 200 mm	
Año renovado	Material Tubo Hormigón Simple	
No. Video 1	# CX en Tramo 0	

Recomendación: NINGUNA, DENTRO DE LOS PARÁMETROS ADMISIBLES

1:210	Posición	Observación	Foto	Grado
	0,00	Manhole, la encuesta comienza / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles		
	0,00	De nivel de agua, 5 de área transversal / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles	1_2A	M 2
	0,00	Superficie de rugosidad está aumento desconocido, para 04 a 08 en punto, within 200mm of joint: NO / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles	1_3A	S 1
	1,12	Junta desplazada mediana / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles	1_4A	S 1
	3,61	Superficie de rugosidad está aumento desconocido, para 04 a 08 en punto, within 200mm of joint: NO / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles	1_5A	S 1
	4,56	Depósitos asentados otro, 15 %# de área transversal, para 04 a 08 en punto, within 200mm of joint: NO / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles	1_6A	M 3
	5,15	Junta desplazada mediana / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles	1_7A	S 1
	7,89	Depósitos asentados de grava, 20 %de área transversal, para 04 a 08 en punto, within 200mm of joint: NO / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles	1_8A	M 3
	10,17	Junta desplazada mediana / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles	1_9A	S 1
	13,81	Depósitos asentados otro, 15 %# de área transversal, para 04 a 08 en punto, within 200mm of joint: NO / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles	1_10A	M 3
	17,25	Junta desplazada mediana / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles	1_11A	S 1
	21,73	Superficie de rugosidad está aumento desconocido, para 05 a 07 en punto, within 200mm of joint: NO / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles	1_12A	S 1
	22,19	Junta desplazada mediana / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles	1_13A	S 1
	23,41	Raíces finas en la junta, para 10 a 02 en punto, within 200mm of joint: NO / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles	1_14A	M 2
	25,30	Manhole, la encuesta termina / Ninguna, dentro de los parámetros admisibles		

QSR	QMR	SPR	MPR	OPR	SPRI	MPRI	OPRI
1800	3322	8	13	21	1	2,6	1,62

Anexo 2: Informes de Inspección Televisiva UDSA

SUR

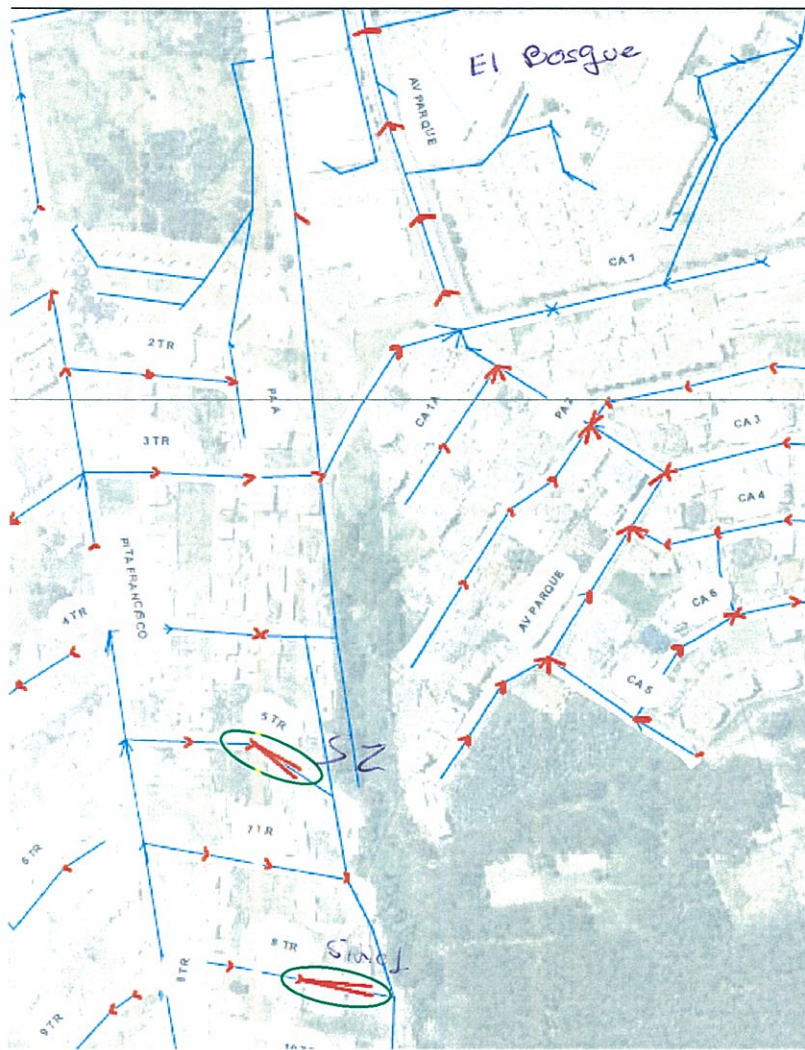


SUR



No Visible

NORTE

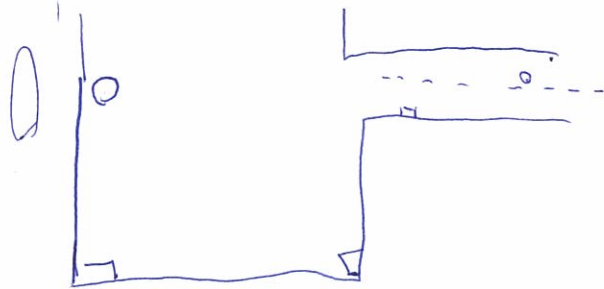


• Sitio # 110

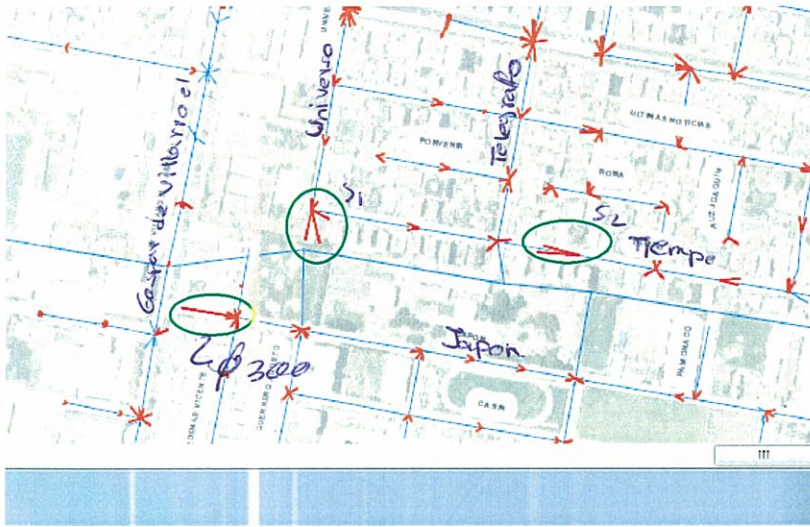
• S2

$h = 45 \text{ cm}$

$L = 7.00 \text{ m}$



NORTE



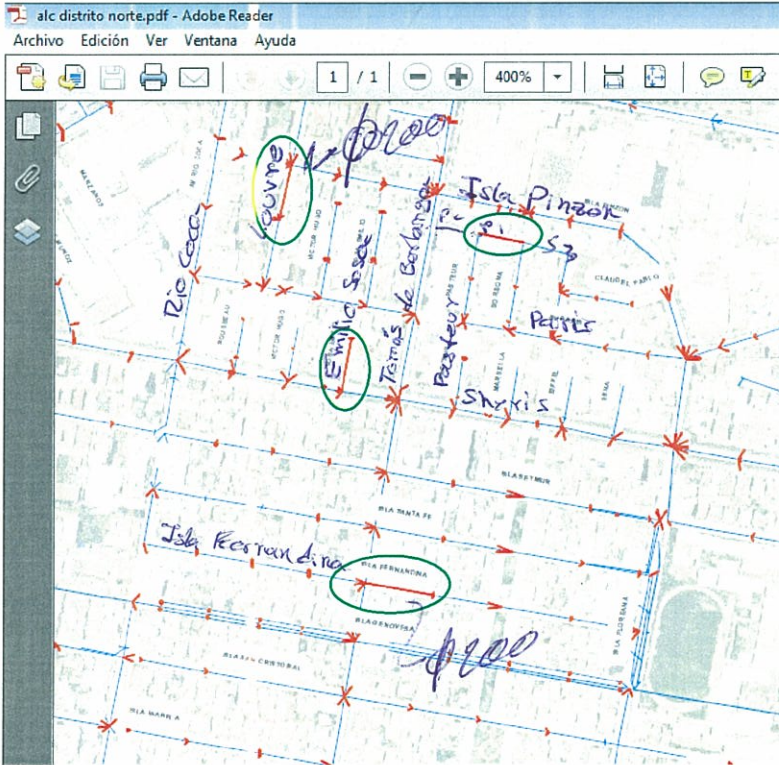
S_1 (Universo)

$h = 2.15m$ $L_{zanja} = 4.15m$

S_2 (Tiempo)

$h = 2.60m$ $L_{zanja} = 4.60m$

$L = 40.00m$

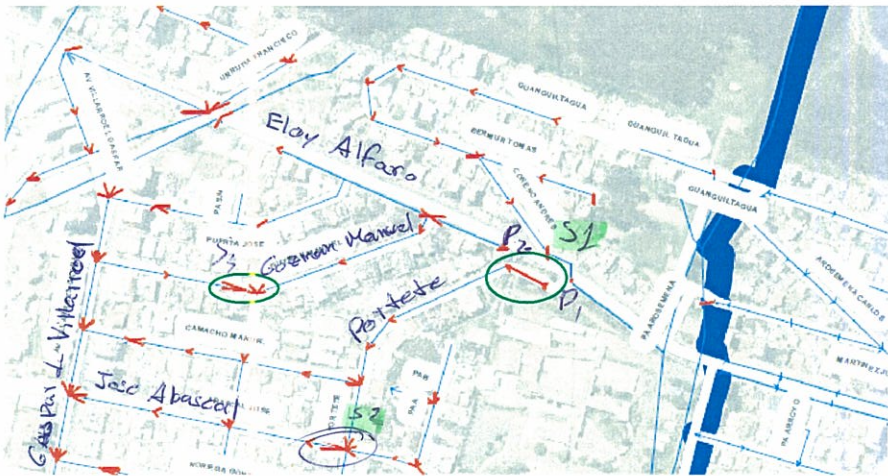
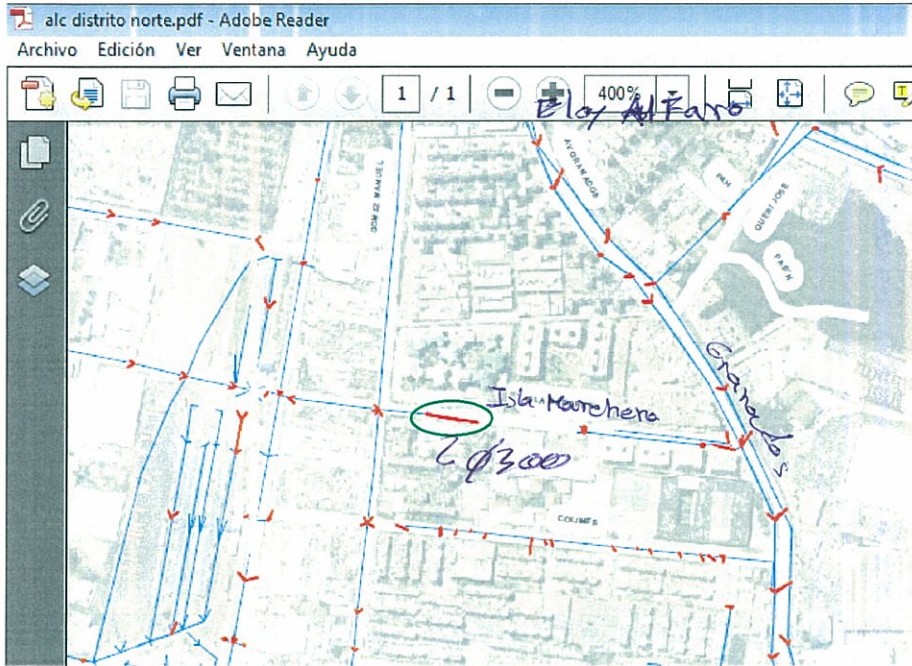


S_3 (Isla de Berlanga)

P_1
 $\phi 150mm$

P_2 (No visible)

NORTE

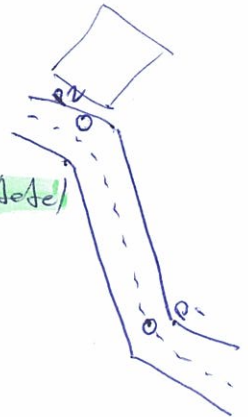


• **S₂ (Abascad)**
 sumidero
 $h = 1.70\text{ m}$
 $L = 25.80\text{ m}$
 $L_{zanja} = 3.70\text{ m}$

• **S₃**
 Tubería no existente

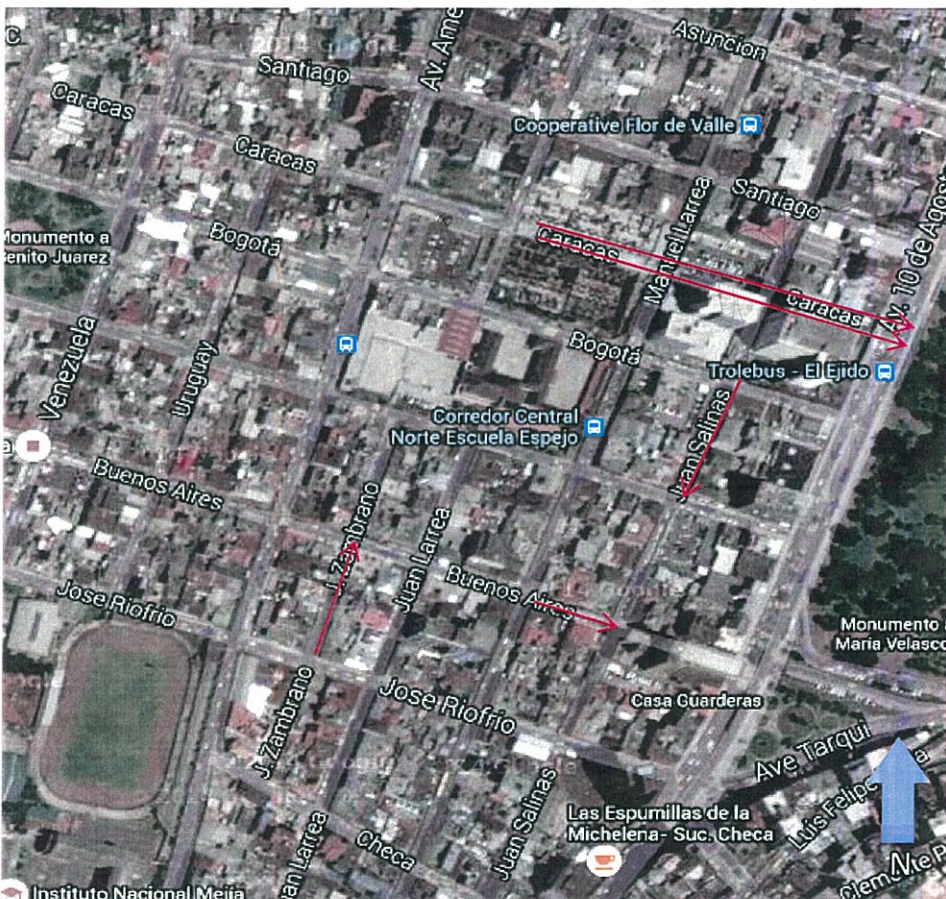
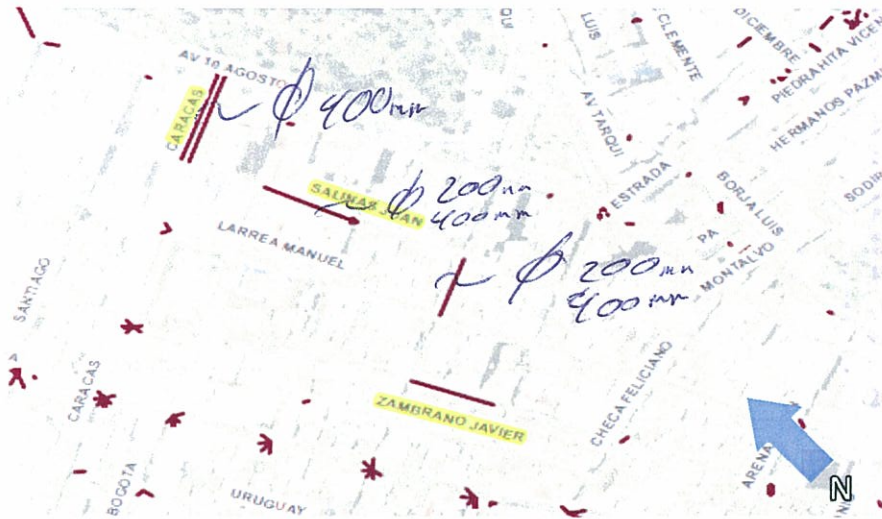
• **S₁ (Portete)**

P_1
 $\phi = 150$
 $h = 2.00\text{ m}$ $L = 4.00\text{ m}$
 zanja
 P_2
 $\phi = 150$
 $h = 2.70$ $L = 4.70\text{ m}$
 zanja



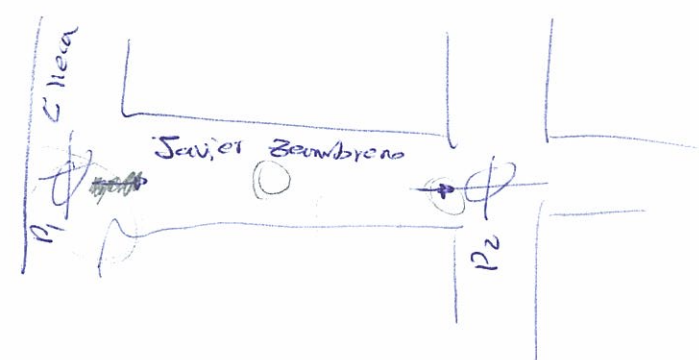
CALLES: CARACAS - JUAN SALINAS - BUENOS AIRES - JAVIER ZAMBRANO

SECTOR: IESS



$P_1 \phi = 50 \text{ mm}$
 $h = 1.60$
 $P_2 \phi = 200 \text{ mm}$
 → Debe haber un pozo intermedio no visible

• Sección Rectangular



CALLE: ICHIMBIA

SECTOR: PARQUE ICHIMBIA

⊗ P8 300

⊗ P7

⊗ P6

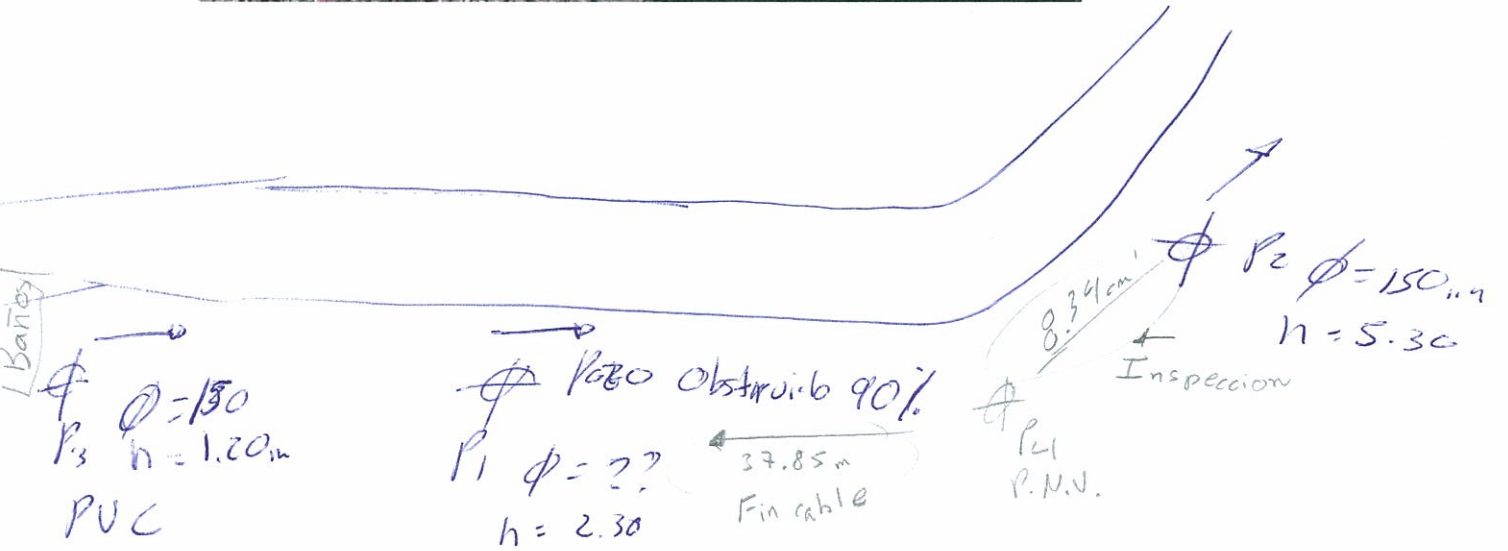
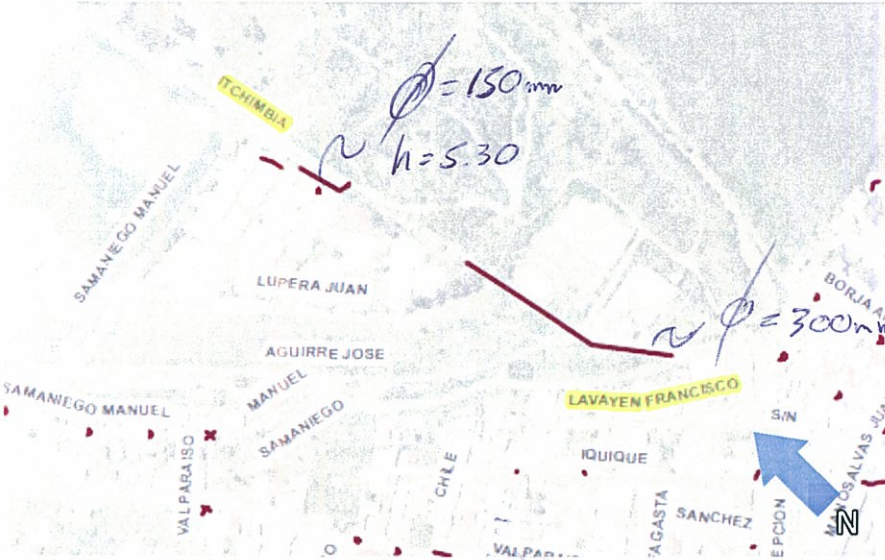
⊗ P5 300

⊗ P4

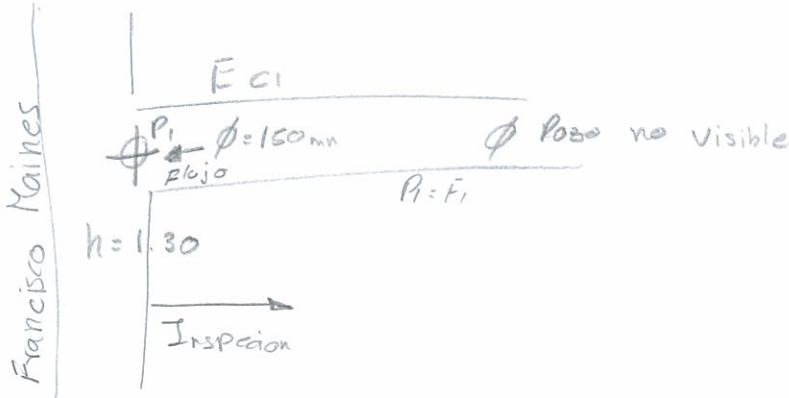
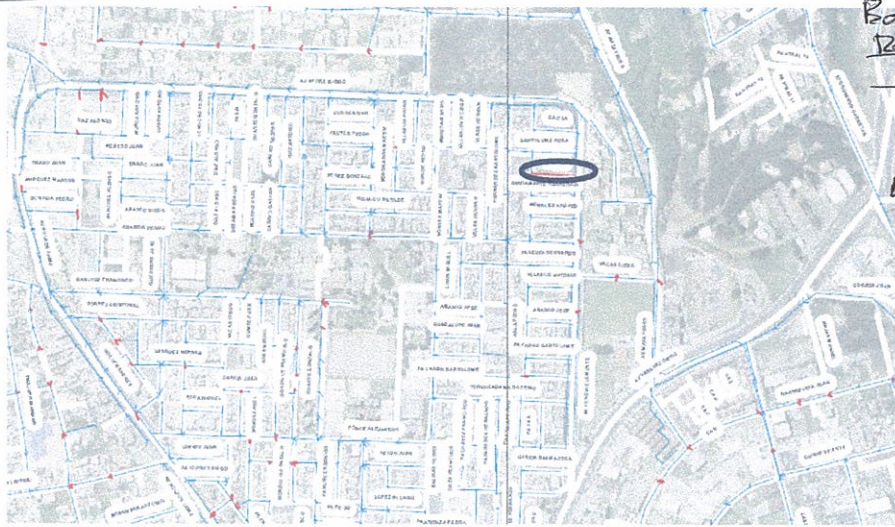
⊗ P3

⊗ P2 500

⊗ P1 300



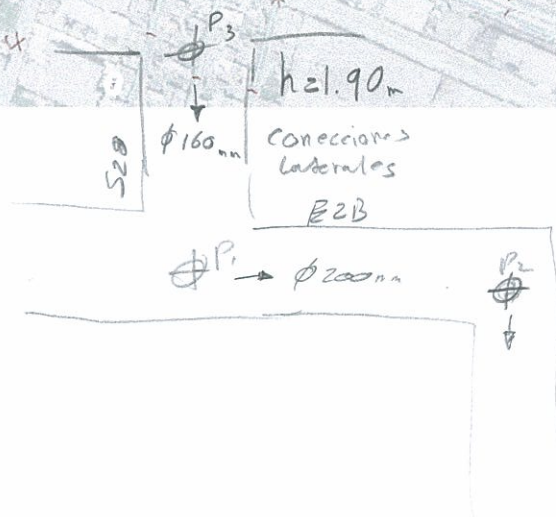
Sector: Carcelen



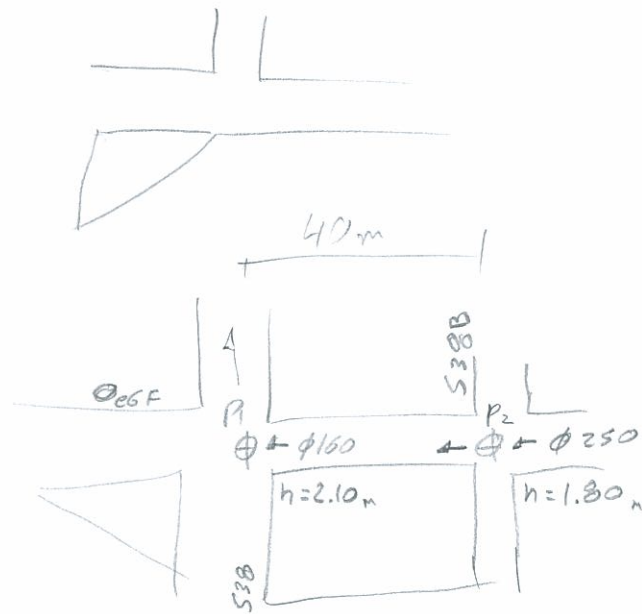
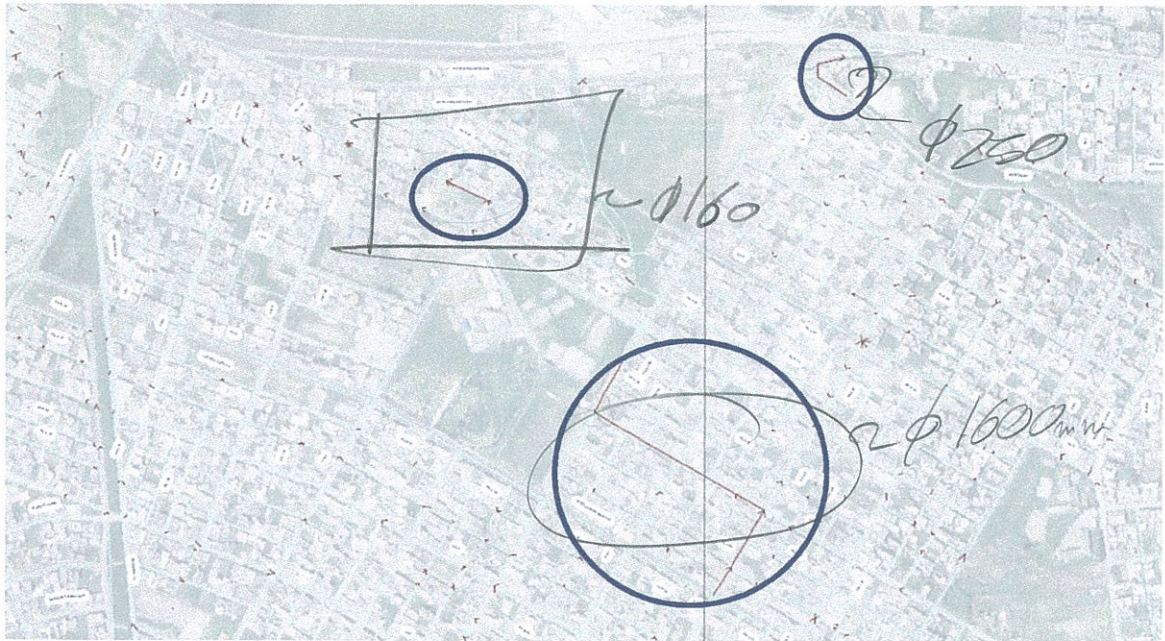
- Caudales: Conexiones Domiciliarias
- Distancia recorrida con CCTV 36.86m
- Longitud aprox: 40m
- Se abandona inspección a los 36m por cable pandeado

Sector: Maldonado y simón bolívar

La Lucha de Los Pobres



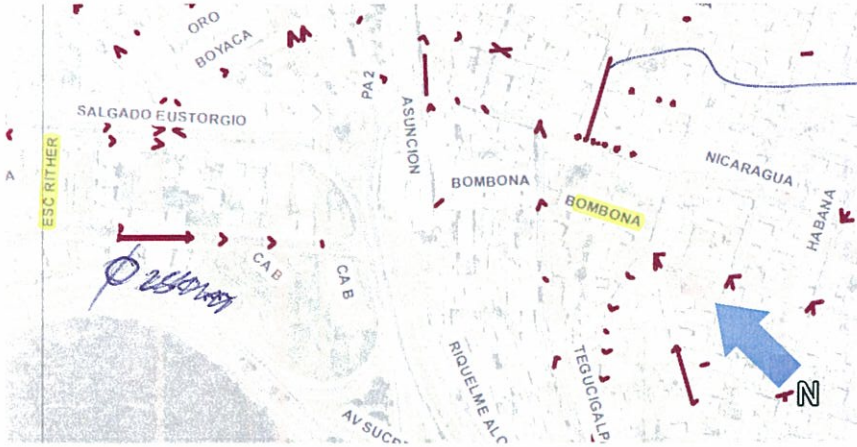
Sector: ciudadela Ibarra (Av. Marth Bucaram)



Parque

CALLES: BUENOS AIRES - ENRIQUE RITTER

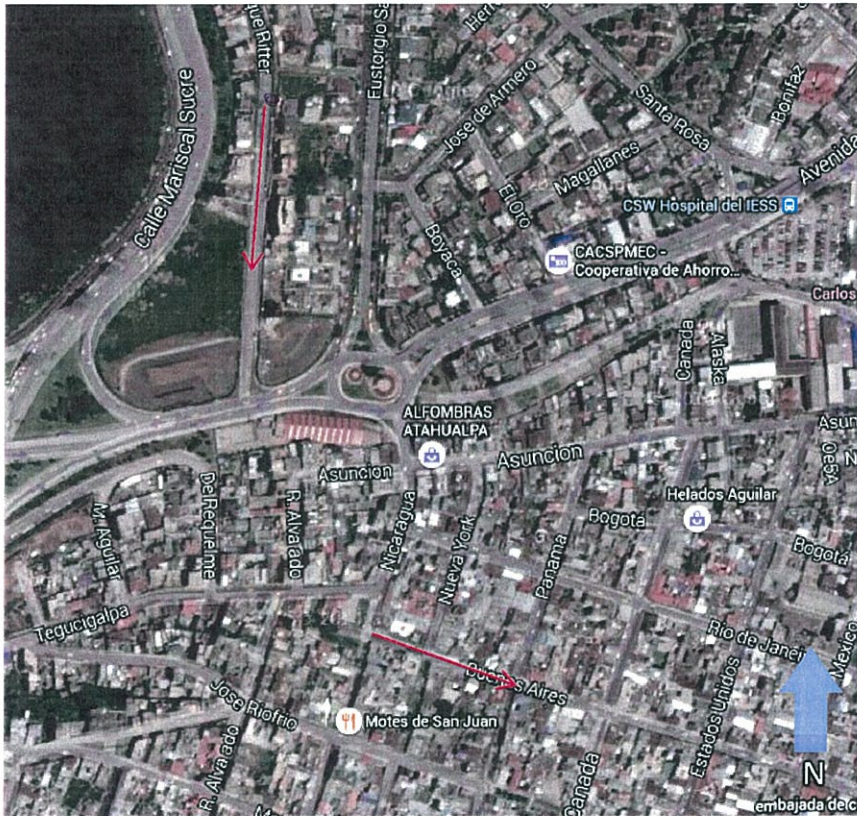
SECTOR: HOSPITAL DE IESS



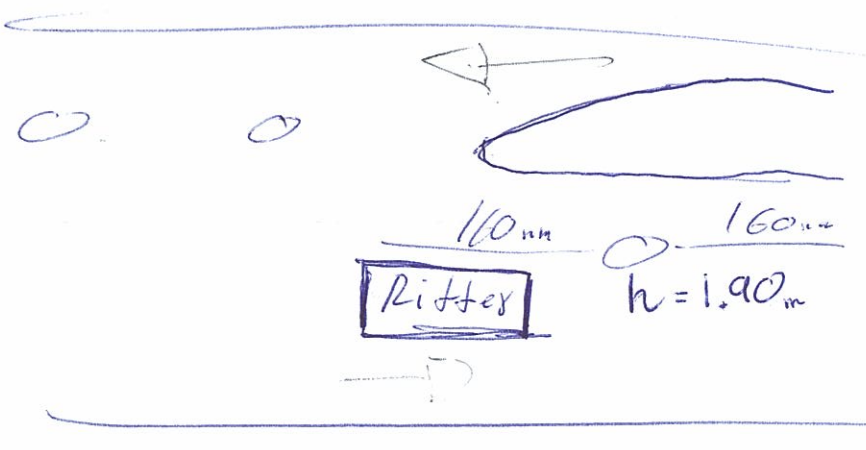
P1
 $\phi 150\text{mm}$
 $h=1.65\text{m}$

Trayecto
 no alineado

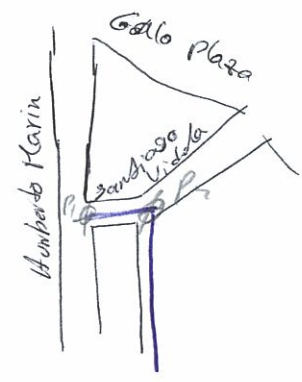
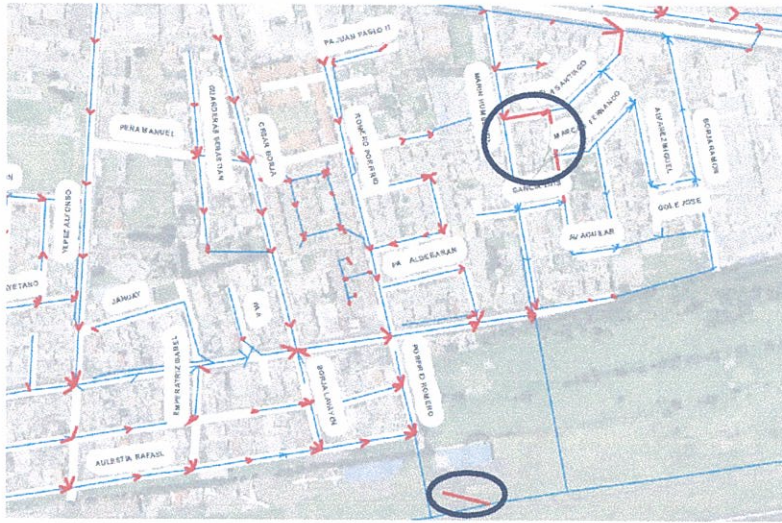
P2
 $\phi 150\text{mm}$
 $h=1.90$



P.D.I. New York
 ϕ
 Insp. Flujos
 Buenos Aires
 ϕ
 P2 Concecion Domiciliaria
 Inspeccion Flujos
 • Desviacion a la Derecha
 • Concecion Domiciliariales
 3.90m - Desviacion a la derecha

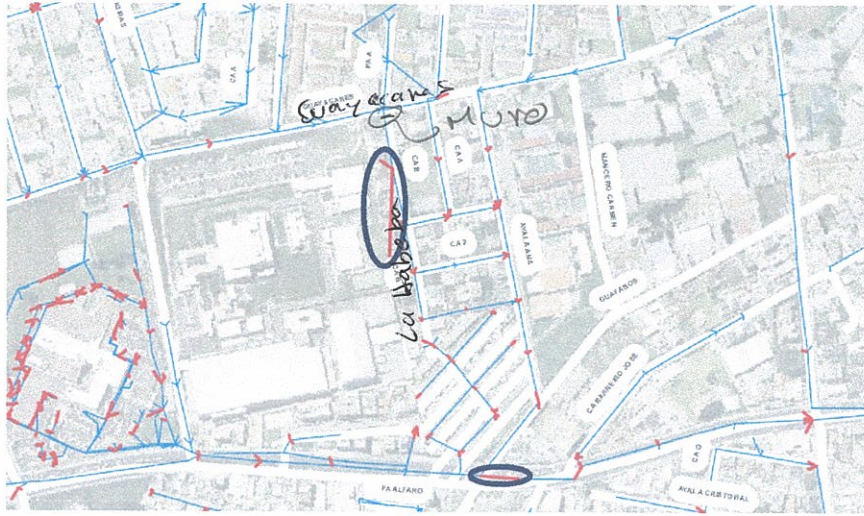


Sector: La Luz



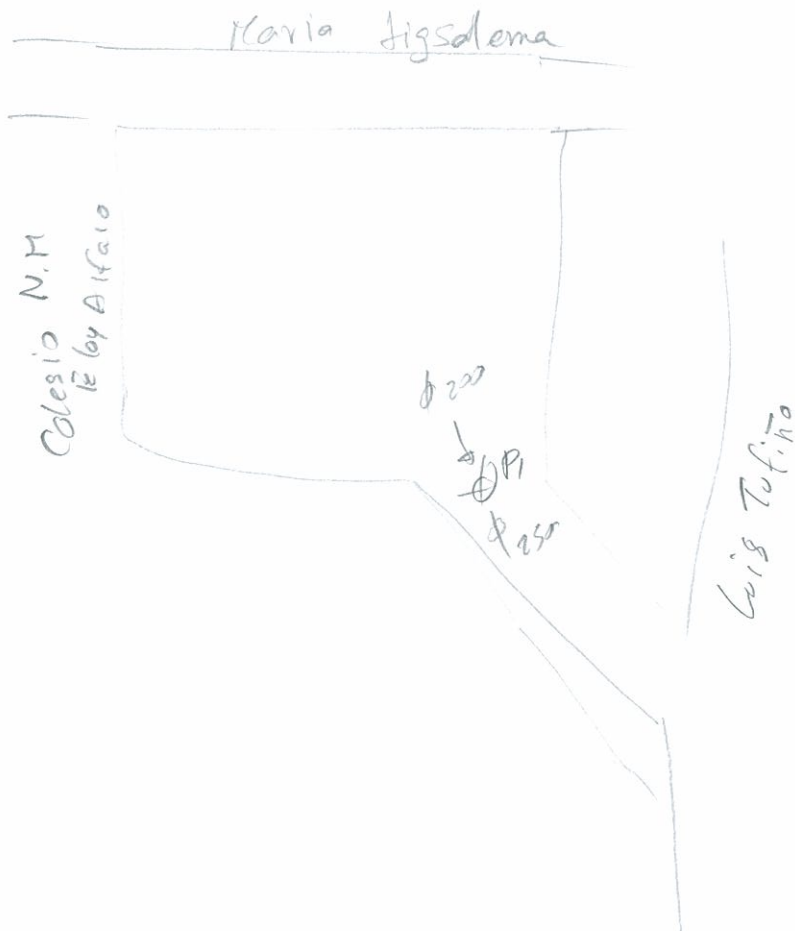
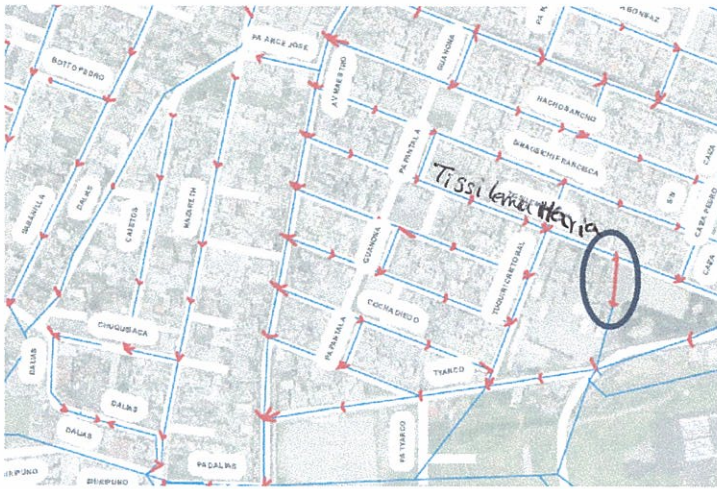
~~P1 ϕ 200~~
P1 ϕ 300 ~~mm~~ 250 ~~mm~~
P2 ϕ 250 ~~mm~~

Sector: Colegio SEK

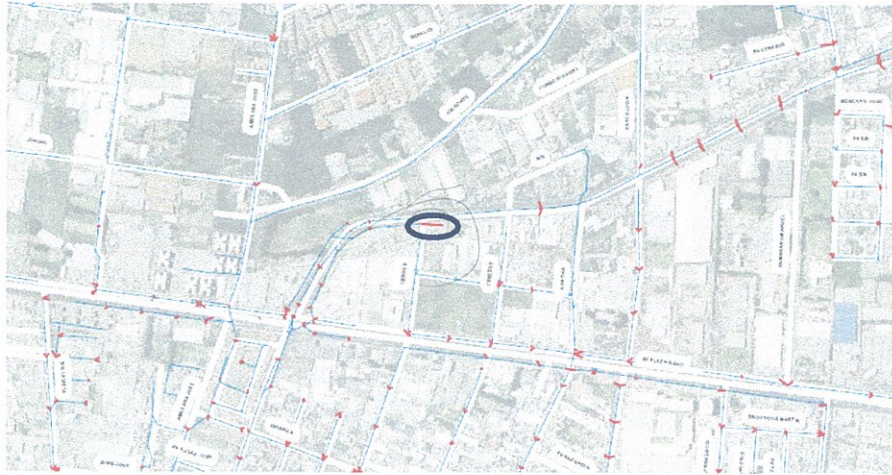


conjunto privado
calle cerrada

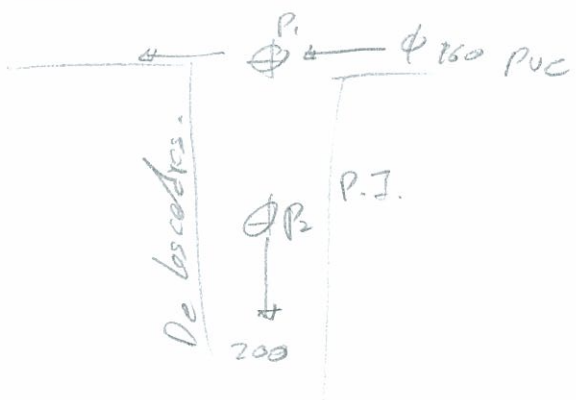
Sector: Cabecera norte aeropuerto



Sector: 6 de diciembre y galo plaza



6 de diciembre

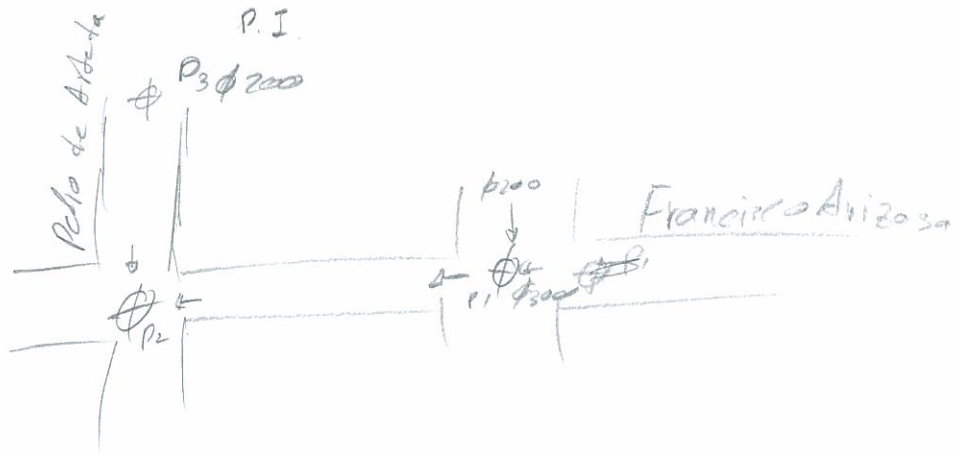


Sector: Carcelen

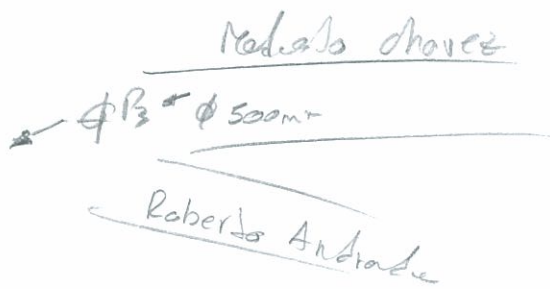
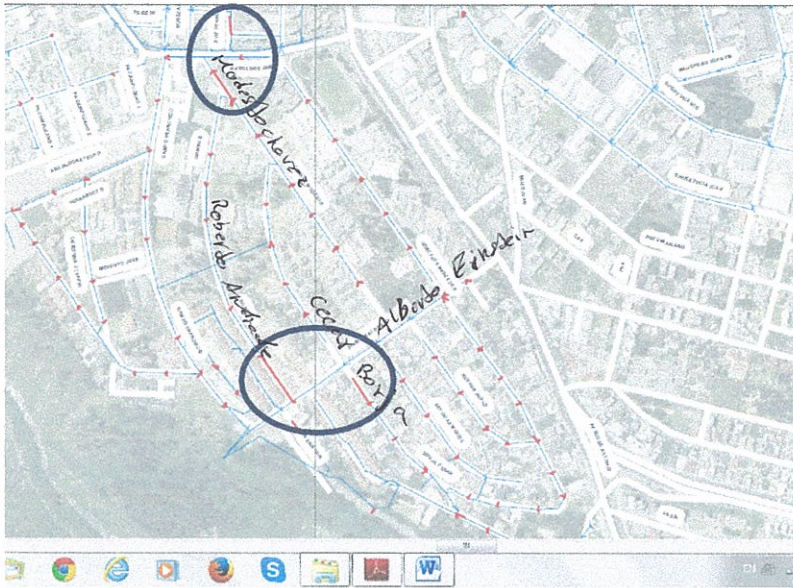


Densio L G urbanizacion "San Andrés"

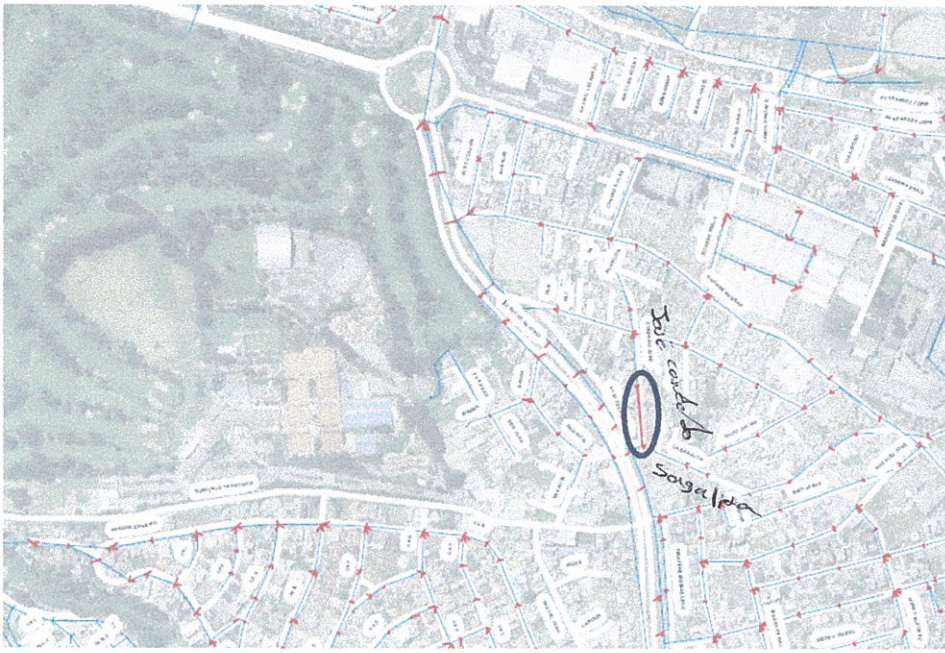
Sector: Carapungo



Sector: Colegio Einstein



Sector: Condado



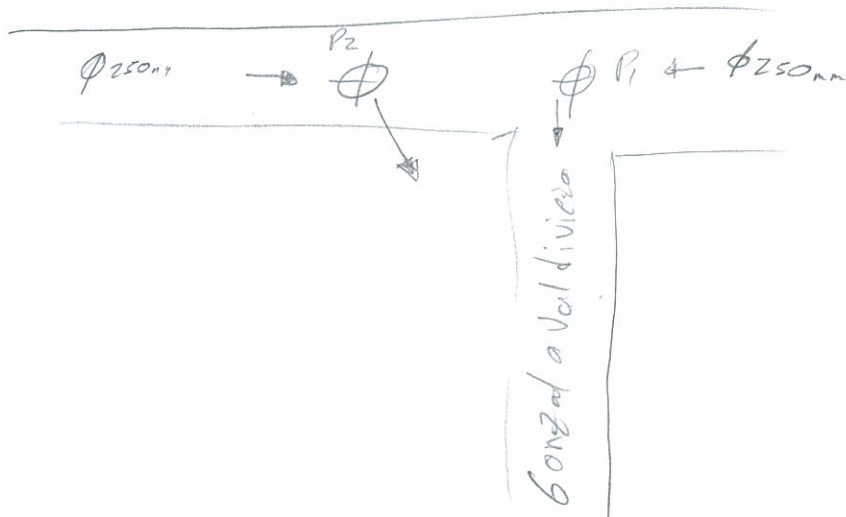
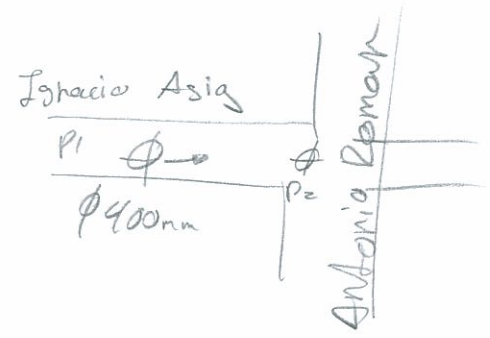
P2: Tapa de cemento dañada con hueco
 ϕ 250 mm

P1: No visible.

P1
 ϕ

ϕ P2

Sector: San Fernando

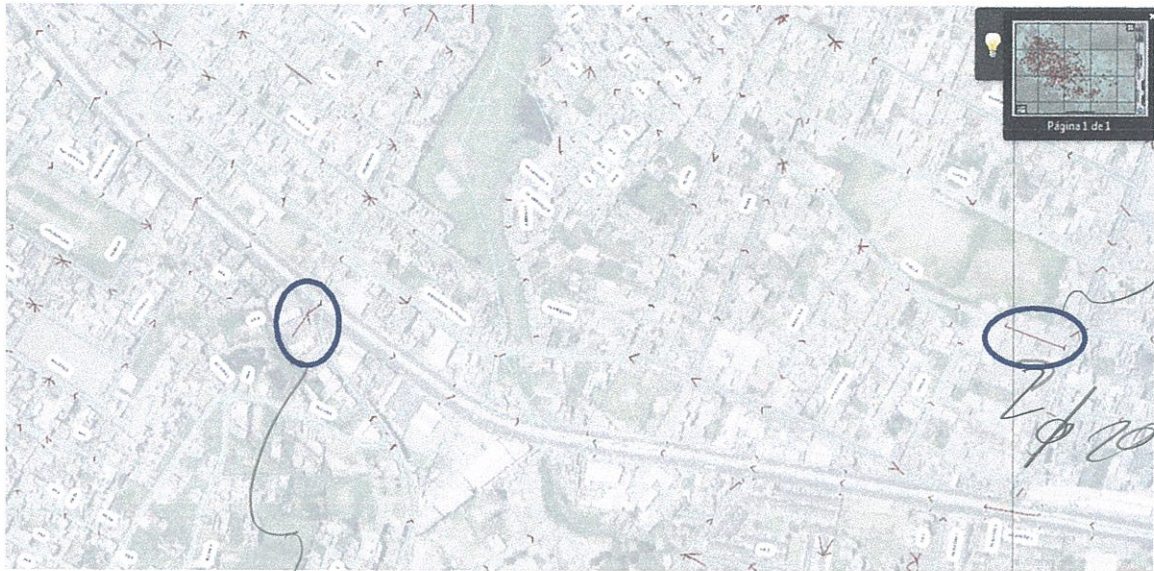


Sector: Ajaví y Encuentros



- P1: Pozo con casa de ratas
- P2: No visible.
- P3: No visible
- P4: ϕ 200

Sector: Alfredo Escudero y Antonio José de Sucre

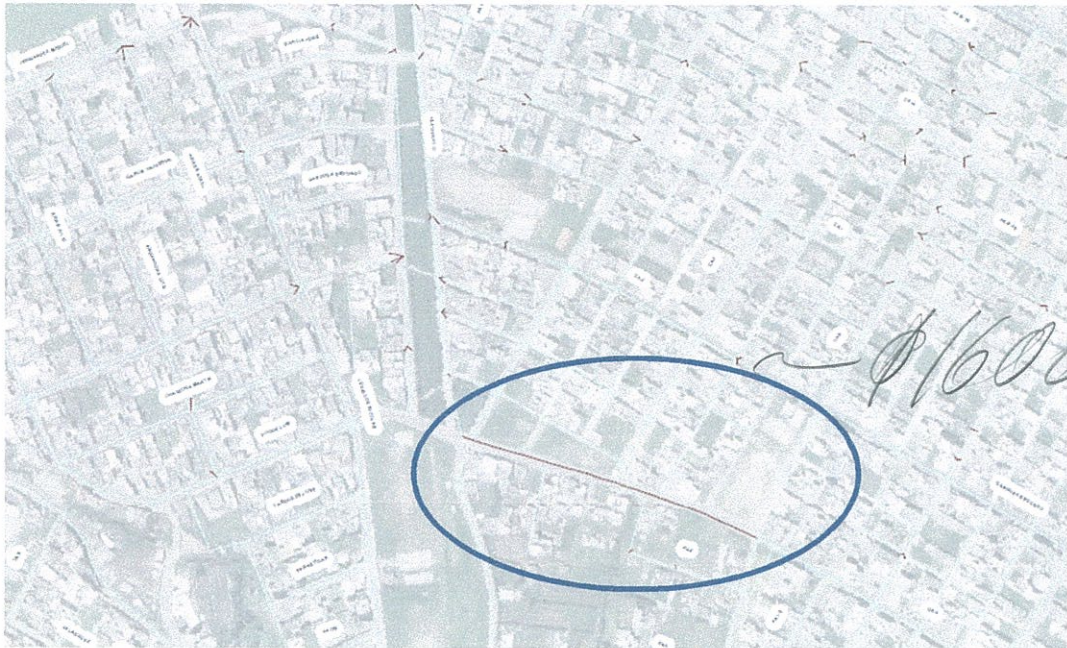


Antonio José de Sucre → Tabizo

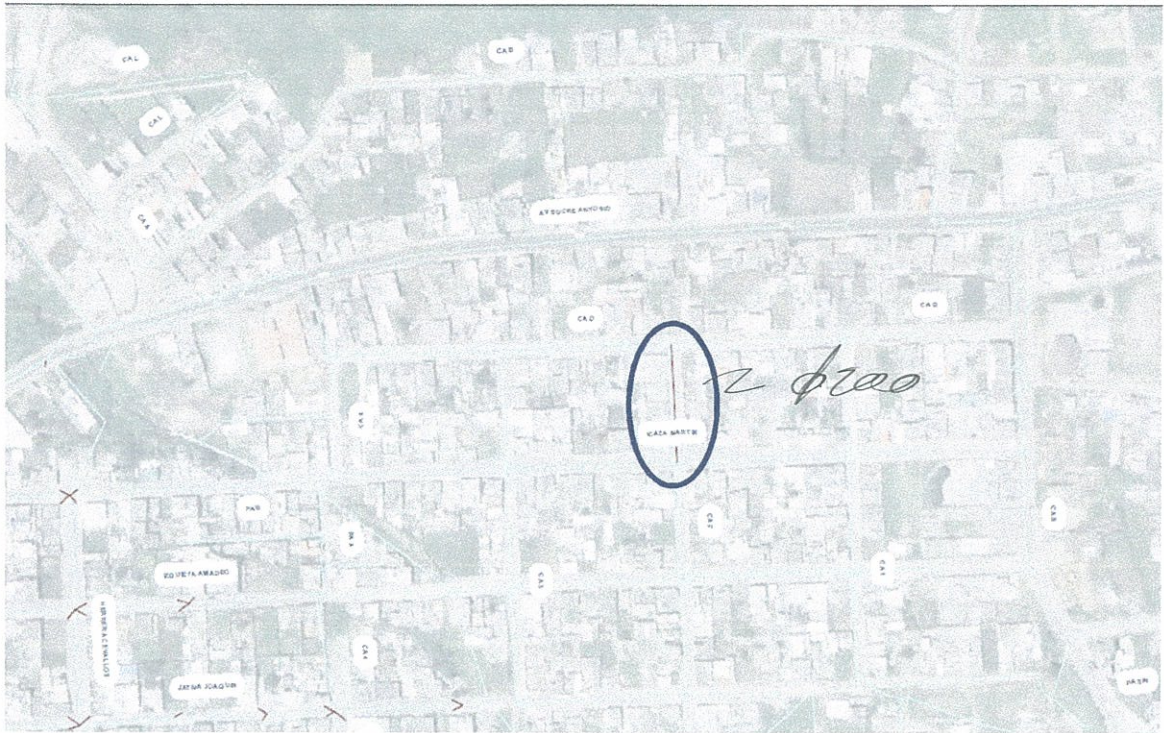
Chilla
y
Esusbamba

φ 200

Sector: Andrés Pérez y Calle del Oleoducto



Sector: Martín Icaza Y Cevallos herrera



Sector: Emilio Uzcategui y Martha Bucaram

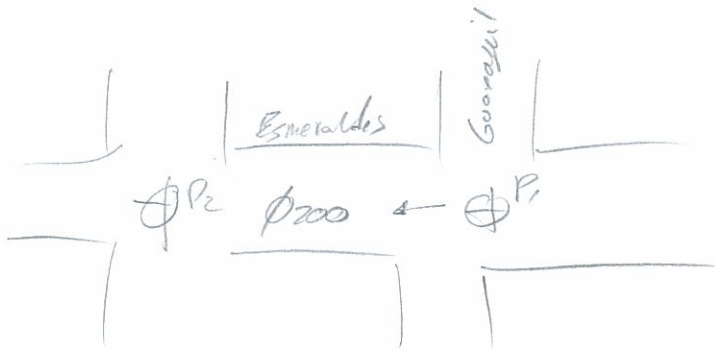


φ 1.40 m

Sector: Moran Valverde y Hugo Ortiz

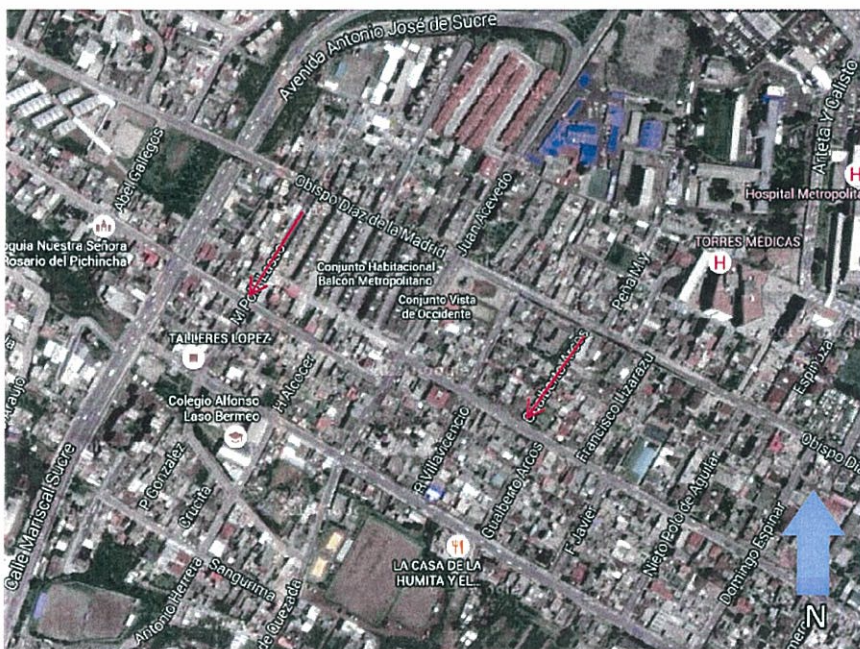


Sector: Zambiza



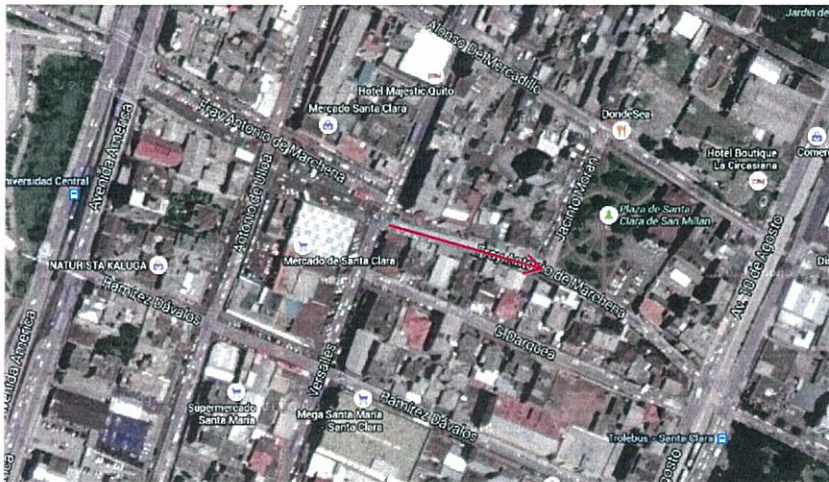
CALLES: POLIT LASSO – GUALBERTO ARCOS

SECTOR:



CALLE: FRAY ANTONIO DE MARCHENA

SECTOR: MERCADO DE SANTA CLARA

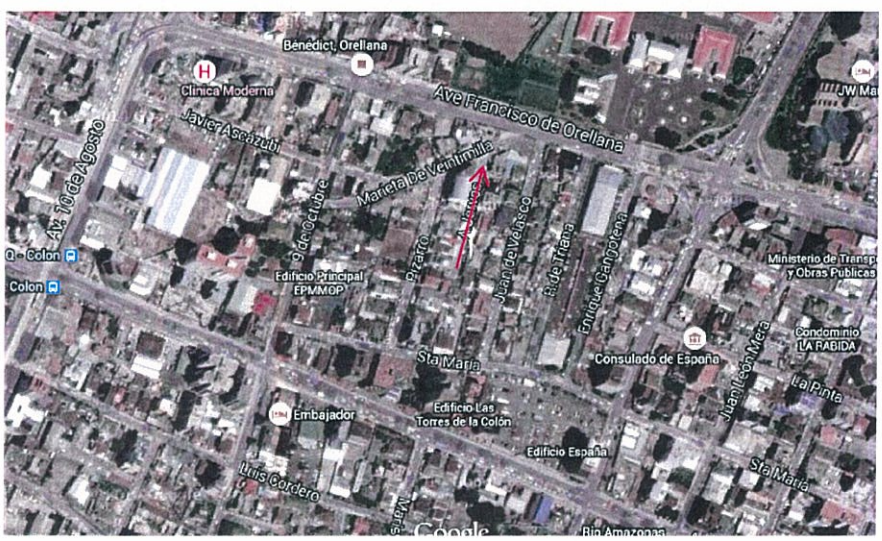


CALLE: ALONSO JERVES

SECTOR: UNIVERSIDAD ISRAEL



ϕ P1 $\phi = 200$
h = 1.30



CALLE: SIN NOMBRE

SECTOR: PEAJA AUTOPISTA GENERAL RUMIÑAHUI



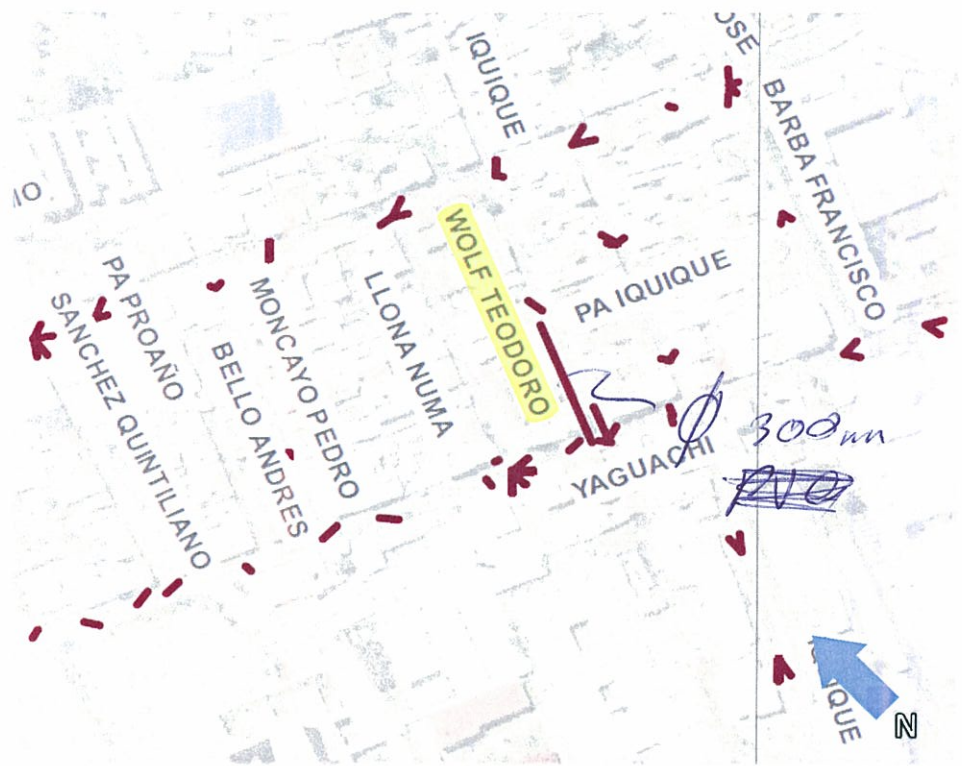
CALLE: ALONSO PEREZ

SECTOR: PASTEURIZADOR QUITO



CALLE: TEODORO WOLF

SECTOR: PARQUE ICHIMBIA



Anexo 2: Informes de Inspección Televisiva UDSA

Anexo 3: Análisis de Precios Unitarios Elaborados Por Tesistas

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: EXCAVACIÓN CON MAQUINA (ZANJA) Zanja H=0.00-2.75 m		RUBRO No.	1	
		UNIDAD:	Rendimiento(UH):	
		m3	VARIOS	
EQUIPO				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMEN TO	C.TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)				0,025
Retroexcavadora de fantas	1,00	25,000	0,050	1,25
SUBTOTAL (A)				1,275
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORN. OBRA	REND. UH	C.TOTAL
Operador de retroexcavadora	1	3,570	0,050	0,179
Ayudante del operador	1	3,220	0,050	0,161
Peón	1	3,180	0,050	0,159
SUBTOTAL (B)				0,499
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C.TOTAL
SUBTOTAL (C)				0,000
TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF	C.TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				1,773
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				1,773
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				1,77

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACIÓN)			RUBRO No.	2
			UNIDAD:	Rendimiento(UH):
			m3	VARIOS
EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	C.TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)				0,086
Plancha vibropisonadora a gasolina	1,00	2,450	0,300	0,74
SUBTOTAL (A)				0,831
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORN. OBRA	REND. UH	C.TOTAL
Operador de la plancha vibro pisonadora	1	3,220	0,300	0,966
Peón	1	3,180	0,300	0,954
SUBTOTAL (B)				1,920
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C.TOTAL
SUBTOTAL (C)				0,000
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF.	C.TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				2,751
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				2,751
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				2,75

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: CORTE DE PAVIMENTO 5-10 CM			RUBRO No.	3
			UNIDAD:	Rendimiento(UH):
			m2	VARIOS
EQUIPO				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMTO	C.TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)				0,013
Cortadora de asfalto	1,000	5,000	0,040	0,20
SUBTOTAL (A)				0,213
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORN. OBRA	REND. UH	C.TOTAL
Albañil	1	3,220	0,040	0,129
Peon	1	3,180	0,040	0,127
SUBTOTAL (B)				0,256
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C.TOTAL
Disco diamantado 14" para corte de asfalto	u	0,0040	280,000	1,120
SUBTOTAL (C)				1,120
TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF.	C.TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				1,589
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				1,589
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				1,59

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: REPOSICIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA (H=1,00m)			RUBRO No.	4
			UNIDAD:	Rendimiento(UH):
			m ²	VARIOS
EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	C. TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)				0,000
SUBTOTAL (A)				0,000
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORN. OBR.	REND. UH	C. TOTAL
				0,000
				0,000
				0,000
SUBTOTAL (B)				0,000
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C. TOTAL
Reposición de carpeta asfáltica, ancha hasta 1,00 m	m ²	1,0000	27,500	27,500
SUBTOTAL (C)				27,500
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF.	C. TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				27,500
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				27,500
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				27,50

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: TUBERÍA PVC 160 MM			RUBRO No.	5
			UNIDAD:	Rendimiento(UH):
			m	VARIOS
EQUIPO				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTA	C.TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)				0,296
SUBTOTAL (A)				0,296
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORN. OBRA	REND. UH	C.TOTAL
Maestro de obra	1	3,570	0,400	1,428
Plomero	1	3,220	0,700	2,254
Peón	1	3,180	0,700	2,228
SUBTOTAL (B)				5,908
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C.TOTAL
Tubería P. roscable PVC 160 MM 420 PSI	m	1,0000	1,850	1,850
Teflon	rollo	3,0000	0,250	0,750
SUBTOTAL (C)				2,600
TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF.	C.TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				8,803
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				8,803
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				8,80

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: PIPE BURSTING D=160MM			RUBRO No.	5
			UNIDAD:	Rendimiento(UH):
			m	VARIOS
EQUIPO				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTA	C.TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)				0,025
Groundtugger	0,400	48,910	1,395	26,72
SUBTOTAL (A)				26,750
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORN. OBRA	REND. UH	C.TOTAL
Operador pipe bursting	1	3,570	0,075	0,298
Ayudate de operador pipe bursting	1	3,180	0,075	0,239
SUBTOTAL (B)				0,506
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C.TOTAL
Tuberia de PEAD 160 MM	ml	1,0000	12,000	12,000
Tablones de madera 0,20x 1,00x0,05 m	u	2,0000	6,000	12,000
SUBTOTAL (C)				24,000
TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF	C.TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				51,256
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				51,256
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				51,26

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: PIPE BURSTING D=160MM			RUBRO No.	5
			UNIDAD:	Rendimiento(UH):
			m	VARIOS
EQUIPO				
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMTO	C.TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)				0,025
Groundtugger	0,400	48,910	0,846	16,55
SUBTOTAL (A)				16,576
MANO DE OBRA				
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORN. OBRA	REND. UH	C.TOTAL
Operador pipe bursting	1	3,570	0,075	0,298
Ayudate de operador pipe bursting	1	3,180	0,075	0,239
SUBTOTAL (B)				0,506
MATERIALES				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C.TOTAL
Tuberia de PEAD 160 MM	m	1,0000	12,000	12,000
Tablones de madera 0,20x 1,00x0,05 m	u	2,0000	6,000	12,000
SUBTOTAL (C)				24,000
TRANSPORTE				
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF	C.TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				41,083
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				41,083
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				41,08

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: INSTALACIÓN REJILLA Y CERCOS SUMIDERO CALZADA			RUBRO No.	6
			UNIDAD:	Rendimiento(UH):
			u	VARIOS
EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	C. TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)				0,037
Concretera de 1 sacco	0,150	3,200	0,375	0,18
SUBTOTAL (A)				0,217
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORN. OBRA	REND. UH	C. TOTAL
Piomero	1	3,220	0,080	0,258
Peon	1	3,180	0,150	0,477
SUBTOTAL (B)				0,735
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C. TOTAL
Aux. H.S. 180 kg/cm2	m3	0,0600	57,360	3,442
Encofrado 0,30x0,30	m3	0,0100	83,180	0,832
SUBTOTAL (C)				3,973
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF	C. TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				4,925
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				4,925
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				4,92

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: INSTALACIÓN TAZAS DE SUMIDERO CON SIFÓN			RUBRO No.	7
			UNIDAD:	Rendimiento(UH):
			u	VARIOS
EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTA	C.TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)				0,447
SUBTOTAL (A)				0,447
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORN. OBRA	REND. UH	C.TOTAL
Maestro mayor Título SECAP	1	3,570	0,900	3,213
Peon	2	3,180	0,900	5,724
SUBTOTAL (B)				8,937
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C.TOTAL
SUBTOTAL (C)				0,000
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF.	C.TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				9,384
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				9,384
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				9,38

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: SEÑALIZACIÓN EN OBRA			RUBRO No.	8
			UNIDAD:	Rendimiento(UH):
			u	VARIOS
EQUIPO				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	TARIFA	RENDIMIENTO	C.TOTAL
Herramientas manuales(5% M.O.)				0,032
SUBTOTAL (A)				0,032
MANO DE OBRA				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	JORN. OBRA	REND. UH	C.TOTAL
Peón	1	3,180	0,200	0,636
SUBTOTAL (B)				0,636
MATERIALES				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNIT	C.TOTAL
Valla tipo caballete 1.00 x 1,20m, marco metálico, leyenda en vinil reflectivo sobre tfo 1,00x0,60 m (provisi y montaje)	u	1,0000	85,000	85,000
SUBTOTAL (C)				85,000
TRANSPORTE				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	C. TRANSF	C.TOTAL
SUBTOTAL (D)				0,000
COSTO UNITARIO DIRECTO (A+B+C+D)				85,668
TOTAL COSTOS INDIRECTOS 0%				0,000
OTROS				
PRECIO CALCULADO EN DÓLARES				85,668
PRECIO UNITARIO ADOPTADO				85,67

Anexo 4: Análisis de Precios Unitarios EPMAPS

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento

15/10/2015 11:42:57

Análisis de Precio Unitario QUITO

Página: 1 de 1

Rubro: 01.003.4.24 EXCAVACION ZANJA A MAQUINA H=0.00-2.75m (EN TIERRA)

Unidad: m3

Mano de Obra

Código	Descripción	Número	Salario Hora	Rendimiento h/hombre	Costo
02.0009	ESTR.OC. D2 (ENGRASADOR ABAST. RESP./AY.MAQ.)	1,0000	3,2200	0,050	0,16
02.0012	ESTR.OC. C1 (OEP GRUPO1)	1,0000	3,5700	0,050	0,18
01.0001	ESTR.OC. E2 (CAT I)	1,0000	3,1800	0,050	0,16
Total Mano de Obra					0,50

Equipo

Código	Descripción	Número	Costo Hora	Rendimiento h/equipo	Costo
03.0015	RETROEXCAVADORA LLANTAS	1,0000	25,0000	0,050	1,25
Total Equipo					1,25

Transporte

	Cantidad	Tarifa/Km	Distancia (Km)	Costo
Material en m3	0,00	0,000	0,000	0,00
Material en Toneladas	0,00	0,000	0,000	0,00
Total Transporte				0,00

Costo Directo Rubro (USD)	1,75
Costo Indirecto 10 %	0,18
Costo Total Rubro (USD)	1,93

cs_d_conrubrod

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento

15/10/2015 11:44:02

Análisis de Precio Unitario QUITO

Página: 1 de 1

Rubro: 01.005.4.01 RELLENO COMPACTADO (MATERIAL DE EXCAVACION)

Unidad: m3

Mano de Obra

Código	Descripción	Número	Salario Hora	Rendimiento h/hombre	Costo
02.0003	ESTR.OC. O2 (CAT III)	1,0000	3,2200	0,300	0,97
01.0001	ESTR.OC. E2 (CAT I)	1,0000	3,1800	0,300	0,95
Total Mano de Obra					1,92

Equipo

Código	Descripción	Número	Costo Hora	Rendimiento h/equipo	Costo
01.0001	HERRAMIENTA MANUAL	1,0000	0,2000	0,300	0,06
02.0050	PLANCHA VIBROAPISONADORA A GASOLINA	1,0000	2,4490	0,300	0,73
Total Equipo					0,79

Transporte

	Cantidad	Tarifa/Km	Distancia (Km)	Costo
Material en m3	0,00	0,000	0,000	0,00
Material en Toneladas	0,00	0,000	0,000	0,00
Total Transporte				0,00

Costo Directo Rubro (USD)	2,71
Costo Indirecto 10 %	0,27
Costo Total Rubro (USD)	2,98

cs_d_corubrod

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento

15/10/2015 11:46:00

Análisis de Precio Unitario QUITO

Página: 1 de 1

Rubro: 01.016.4.57 CORTE DE PAVIMENTO 2"-4"

Unidad: m

Material

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
08.07.0284	DISCO DIAMANTADO 14" PARA CORTE DE ASFALTO	u	0,0040	280,0000	1,01
Total Material					1,01

Mano de Obra

Código	Descripción	Número	Salario Hora	Rendimiento h/hombre	Costo
02.0003	ESTR.OC. D2 (CAT III)	1,0000	3,2200	0,040	0,13
01.0001	ESTR.OC. E2 (CAT I)	1,0000	3,1800	0,040	0,13
Total Mano de Obra					0,26

Equipo

Código	Descripción	Número	Costo Hora	Rendimiento h/equipo	Costo
01.0001	HERRAMIENTA MANUAL	1,0000	0,2000	0,040	0,01
02.0105	CORTADORA DE ASFALTO	1,0000	5,0000	0,040	0,20
Total Equipo					0,21

Transporte

	Cantidad	Tarifa/Km	Distancia (Km)	Costo
Material en m3	0,00	0,000	0,000	0,00
Material en Toneladas	0,00	0,000	0,000	0,00
Total Transporte				0,00

Costo Directo Rubro (USD)	1,48
Costo Indirecto 10 %	0,15
Costo Total Rubro (USD)	1,63

cs_d_corrubrod

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento

15/10/2015 11:48:31

Análisis de Precio Unitario QUITO

Página: 1 de 1

Rubro: 01.016.4.62 REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA, ANCHO HASTA 1.00m

Unidad: m

Material

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P Unitario	Costo
04.02.0008	REPOSICION DE CARPETA ASFALTICA, ANCHA HASTA 1.00	m	1,0000	27,5000	27,50
Total Material					27,50

Transporte

	Cantidad	Tarifa/Km	Distancia (Km)	Costo
Material en m3	1,00	0,000	0,000	0,00
Material en Toneladas	1,00	0,000	0,000	0,00
Total Transporte				0,00
Costo Directo Rubro (USD)				27,50
Costo Indirecto 10 %				2,75
Costo Total Rubro (USD)				30,25

cs_d_comubrod

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento

15/10/2015 11:48:30

Análisis de Precio Unitario QUITO

Página: 1 de 1

Rubro: 03.009.4.03 INSTALACION REJILLA Y CERCO SUMIDERO CALZADA

Unidad: U

Mano de Obra

Código	Descripción	Número	Salario Hora	Rendimiento h/hombre	Costo
02.0003	ESTR.OC. D2 (CAT III)	1,0000	3,2200	0,050	0,16
01.0001	ESTR.OC. E2 (CAT I)	1,0000	3,1800	0,100	0,32
Total Mano de Obra					0,48

Equipo

Código	Descripción	Número	Costo Hora	Rendimiento h/equipo	Costo
01.0001	HERRAMIENTA MANUAL	1,0000	0,2000	1,000	0,20
Total Equipo					0,20

Transporte

	Cantidad	Tarifa/Km	Distancia (Km)	Costo
Material en m3	0,00	0,000	0,000	0,00
Material en Toneladas	0,00	0,000	0,000	0,00
Total Transporte				0,00

Costo Directo Rubro (USD)	0,68
Costo Indirecto 10 %	0,07
Costo Total Rubro (USD)	0,75

cs_d_corubrod

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento

15/10/2015 11:48:50

Análisis de Precio Unitario QUITO

Página: 1 de 1

Rubro: 03.009.4.04 INSTALACION TAZAS SUMIDERO CON SIFON

Unidad: U

Mano de Obra

Código	Descripción	Número	Salario Hora	Rendimiento h/hombre	Costo
02.0006	ESTR.OC. C1 (CAT V MAESTRO TIT. SECAP)	1,0000	3,5700	0,900	3,21
01.0001	ESTR.OC. E2 (CAT I)	2,0000	3,1800	0,900	5,72
Total Mano de Obra					8,93

Equipo

Código	Descripción	Número	Costo Hora	Rendimiento h/equipo	Costo
01.0001	HERRAMIENTA MANUAL	1,0000	0,2000	0,900	0,18
Total Equipo					0,18

Transporte

	Cantidad	Tarifa/Km	Distancia (Km)	Costo
Material en m3	0,00	0,000	0,000	0,00
Material en Toneladas	0,00	0,000	0,000	0,00
Total Transporte				0,00

Costo Directo Rubro (USD)	9,11
Costo Indirecto 10 %	0,91
Costo Total Rubro (USD)	10,02

cs_d_corubrod

Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento

15/10/2015 11:51:46

Análisis de Precio Unitario QUITO

Página: 1 de 1

Rubro: 01.024.4.31 VALLA TIPO CABALLETE, 1.00X1.20M, MARCO METALICO, LEYENDA EN VINIL REFLECTIVO SOBRE TOOL 1.00X0.60 M, (PROVIS.Y MONTAJE)

Unidad: u

Material

Código	Descripción	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Costo
06.02.0045	VALLA TIPO CABALLETE, 1.00X1.20M, MARCO METALICO, I	u	1,0000	85,0000	85,00

Total Material 85,00

Transporte

	Cantidad	Tarifa/Km	Distancia (Km)	Costo
Material en m3	1,00	0,000	0,000	0,00
Material en Toneladas	1,00	0,000	0,000	0,00

Total Transporte 0,00

Costo Directo Rubro (USD) 85,00

Costo Indirecto 10 % 8,50

Costo Total Rubro (USD) 93,50

cs_d_corubrod

Anexo 5: Manual de Operaciones

EPMAPS

MANUAL DE OPERACIONES DEL EQUIPO DE PIPE BURSTING: GRUNDOTUGGER

**GERENCIA DE OPERACIONES
U.D.S.A.**

QUITO, OCTUBRE 2015

Contenido

RESUMEN	iv
TABLA DE CONTENIDOS	vii
Índice de Gráficos	x
Índice de Tablas	xi
Índice de Imágenes	xii
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN	1
1.1. Introducción	1
1.1.1. Definición de Pipe Bursting	3
1.2. Descripción del funcionamiento y principales componentes del equipo Pipe Bursting–GRUNDOTUGGER	6
1.2.1. Características y componentes:	7
1.2.2. Tubería de polietileno.....	11
1.2.3. Ventajas del equipo GRUNDOTUGGER:.....	13
1.2.4. Condiciones de trabajo:.....	13
1.2.5. Operación	16
1.2.6. Tipos de escenarios de operación.....	16
CAPÍTULO II CONDICIONES DE OPERACIÓN DE EQUIPO “PIPE BURSTING”	19
2.1. Condiciones óptimas para la operación del equipo “Pipe Bursting”.....	19
2.2 Inspección y diagnóstico CCTV (Circuito Cerrado de Televisión) para establecer el lugar con las condiciones óptimas de uso y operación del equipo “Pipe Bursting” en la ciudad de Quito.	23
2.2.1 Inspección televisiva de la tubería.....	23
2.2.2 Diagnóstico de la tubería.....	27
2.2.3 Selección de los tramos de tubería a intervenir con el equipo “Pipe Bursting”	31
CAPÍTULO III ANÁLISIS DE COSTOS MEDIANTE EL MÉTODO CONVENCIONAL A ZANJA ABIERTA Y EL EMPLEO DEL EQUIPO “PIPE BURSTING”	36
3.1 Costo de rehabilitación con el método de “Pipe Bursting”	36
3.1.1 Costo horario del equipo Pipe Bursting – Grundotugger.....	36
3.1.2 Primera intervención	41
3.1.3 Segunda intervención.....	45
3.2 Costo de rehabilitación con el Método Convencional (zanja abierta).....	49
3.2.1 Primera intervención	50

3.2.2 Segunda intervención.....	52
3.3 Comparación costo – beneficio entre el método convencional y el empleo del equipo “Pipe Bursting”.....	53
3.3.1 Comparación de costos Primera intervención (L=40m)	54
3.3.2 Comparación de costos Segunda intervención.....	55
3.3.3 Comparación de costos por metro lineal de Pipe Bursting.....	57
CAPÍTULO IV MEDICIÓN DE RENDIMIENTOS DE OPERACIÓN DEL EQUIPO	59
4.1 Medición de tiempos de operación del equipo “Pipe Bursting” ..	59
4.1.1 Medición de tiempos en la Primera Intervención	59
4.1.2 Medición de tiempos en la Segunda Intervención	61
4.1.3 Tiempos de rehabilitación para Pipe Bursting.....	62
4.2 Cuadrilla tipo para la operación del equipo “Pipe Bursting”	63
4.2.1 Cuadrilla - Primera intervención	63
4.2.2 Cuadrilla – Segunda intervención.....	64
4.2.3 Cuadrilla – Pipe Bursting	65
4.3 Rendimientos de operación del equipo “Pipe Bursting”	66
4.3.1 Factores de operación Pipe Bursting - Grundotugger.....	68
CAPÍTULO V VENTAJAS Y DESVENTAJAS Y CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES DE LA REHABILITACIÓN DE TUBERÍA MEDIANTE LA OPERACIÓN DEL EQUIPO “PIPE BURSTING” SOBRE EL MÉTODO CONVENCIONAL.....	76
5.1 Desventajas:	76
5.2 Ventajas:	77
5.3 Conclusiones:	78
5.4 Recomendaciones:	80
BIBLIOGRAFIA	82
ANEXOS	86
Anexo 1: Posibles Sitios de Intervención.....	86
Anexo 2: Informes de Inspección Televisiva UDSA	87
Anexo 3: Análisis de Precios Unitarios Elaborados Por Tesistas.....	88
Anexo 4: Análisis de Precios Unitarios EPMAPS	98
Anexo 5: Manual de Operaciones	105
A. INTRODUCCION	109
B. Preinspección del sitio y recopilación de información.-	109
C. análisis de costos	109

D. Condiciones del tipo de suelo.-	110
E. Evaluación de riesgos existentes.-	111
El trabajar con este equipo conlleva los siguientes riesgos para los operadores:.....	111
La operación de este equipo conlleva los siguientes riesgos:.....	112
Medidas de prevención de riesgos:	113
F. Esquema de implementación general y componentes del equipo de Pipe Bursting: Grundotugger.-	114
Esquema general GRUNDOTUGGER.-	114
Del equipo de Pipe Bursting: Grundotugger.-	114
G. Condiciones óptimas para la operación del equipo Pipe Bursting: Grundotugger.-	117
H. Selección pozos de partida y de llegada.-	120
Pozo de partida.-	120
Pozo de llegada.-	120
I. Preparación de los pozos de partida y de llegada.-	121
Pozo de partida.-	121
Pozo de llegada.-	121
J. Preparación, montaje y operación del equipo Pipe Bursting: GRUNDOTUGGER.-	122
1. Determinar los pozos de partida y de llegada.	123
2. Instalación unidad de poder hidráulico y caja de control.....	123
3. Colocación del cable de tiro dentro de la tubería existente...	126
4. Colocación del cable de tiro dentro del Tugger	127
5. Unión tubería – cono expansor	127
6. Colocación del Tugger y el cono expansor dentro de las zanjas Y operación.....	128
7. Termofusión.....	130
8. Recuperación del cono expansor	132
9. Disposición final.....	132
Anexo 6: SALARIOS 2016.....	133

A. INTRODUCCION



Este manual tiene como objetivo brindar una clara explicación sobre la viabilidad, montaje y la operación del equipo Grundotugger, dando a conocer sus componentes y los riesgos de trabajo que presenta este equipo.

B. Preinspección del sitio y recopilación de información.-

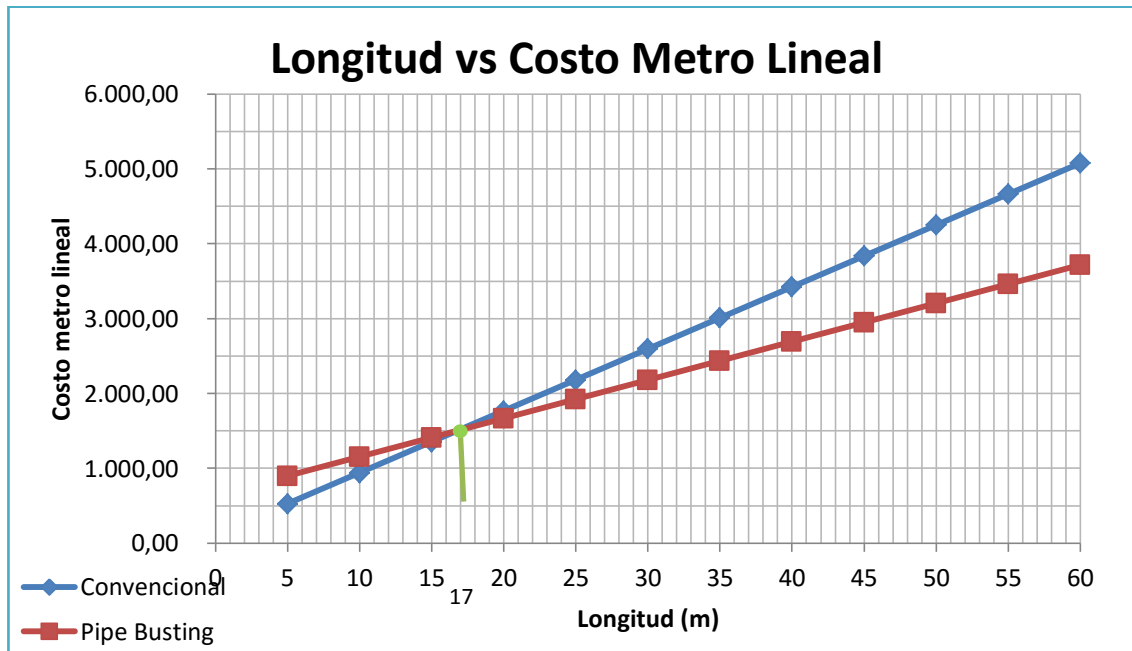
Para poder aplicar el método Pipe Bursting siempre se debe analizar las siguientes características para poder determinar su viabilidad:

- Establecer los posibles pozos de partida y de llegada (explicados más adelante en el apartado D).
- Accesibilidad de los vehículos, equipos, herramientas, tubería nueva y personal a los posibles pozos de partida y de llegada.
- Si en los posibles pozos de partida y de llegada existe el espacio suficiente para el montaje y operación del equipo y sus partes.
- Tipo de material y diámetro de la tubería existente.
- Estado actual de la tubería mediante una inspección televisiva de todo el tramo a ser intervenido. Verificación de conexiones domiciliarias, desalineaciones, pandeos, colapsos, reparaciones puntuales (encamisados de hormigón) u otros daños que dificulten o imposibiliten la operación del equipo.
- Ubicar si existen otros tipos de estructuras cerca del tramo a intervenir, tales como, otras tuberías (agua potable, eléctrica)
- En caso de ser necesario la facilidad de control del tráfico vehicular y peatonal

C. Análisis de costos

En el siguiente grafico se muestra una comparación de longitud vs costos metro lineal entre el método Convencional (Zanja abierta) y Pipe Bursting, donde se evidencia un punto de equilibrio en costo a

los 17m de longitud, es decir de 0-17m es más económico realizar la rehabilitación de tubería utilizando el método convencional y de 17-60m es favorable utilizar el método de Pipe Bursting. Sin embargo se debe tomar en cuenta los beneficios sociales que presenta el uso del equipo Grundotugger el momento de decidir que método se debe utilizar.



D. Condiciones del tipo de suelo.-

La obtención de esta información es necesaria para diseñar la intervención de mejor manera y así disminuir y prever posibles contratiempos, esta información se la puede obtener mediante ensayos de mecánica de suelos y:

- Nivel freático
- Tipo de suelo natural y el material de relleno
- Presencia de vacíos

Si se opera Pipe Bursting en los siguientes tipos de suelos, estos pueden dificultar o imposibilitar su operación:

- Roca
- Suelos muy densos
- Rellenos
- Suelos muy blandos

- Suelos expansivos
- Que la tubería existente se encuentre por debajo del nivel freático
- Si existe una erosión del suelo alrededor de la tubería
- Si existe una roca o un suelo muy duro

Estos problemas pueden crear un aumento en las cargas verticales aumentando la fricción y consecuentemente la fuerza de halado y los esfuerzos en la tubería nueva. Además que pueden desviar al cono expansor de su trayectoria.

E. Evaluación de riesgos existentes.-

La mayoría de proyectos de construcción con tuberías llevan consigo un riesgo desde su inicio ya que no se conoce en su totalidad las condiciones del suelo. Por lo cual mientras más variables se conozcan del sitio, el riesgo es menor y el éxito del proyecto será más probable.

El trabajar con este equipo conlleva los siguientes riesgos para los operadores:

- Trabajar con fluidos a alta presión



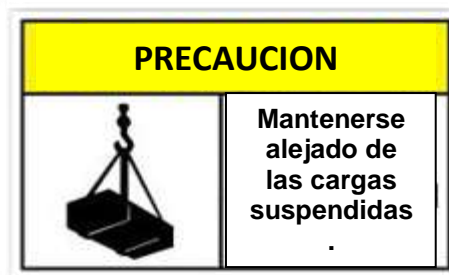
- Peligro de aplastamiento



- Trabajar con aceite a alta presión



- Trabajar con cargas suspendidas



- Trabajar con superficies calientes



La operación de este equipo conlleva los siguientes riesgos:

- Daños a servicios (tubería de agua potable o eléctrica), estructuras enterradas o pavimento.
- Trabajar con condiciones de suelo adversas, técnicas de construcción inadecuadas, errores de diseño.
- Fracturar tubería con reparaciones puntuales que tengan dados de hormigón, encamisados de hormigón o de acero (en el caso de fracturar tubería de acero).
- Daños a la tubería nueva durante su colocación por los fragmentos de la tubería existente fracturada.
- Daños a las conexiones laterales (conexiones domiciliarias).

- Los fragmentos de tubería que no se desplacen en su totalidad podrían crear imperfecciones en la tubería nueva.
- Tuberías colapsadas.

La mayoría de intervenciones con Pipe Bursting se puede hacer con gran seguridad si se toman las medidas apropiadas dependiendo de las condiciones de trabajo que se tiene en el sitio, en casos de gran complejidad es preferible crear un Plan de Manejo de Riesgos para así poder prevenir, mitigar o remediar en caso de que se produzca cualquier eventualidad.

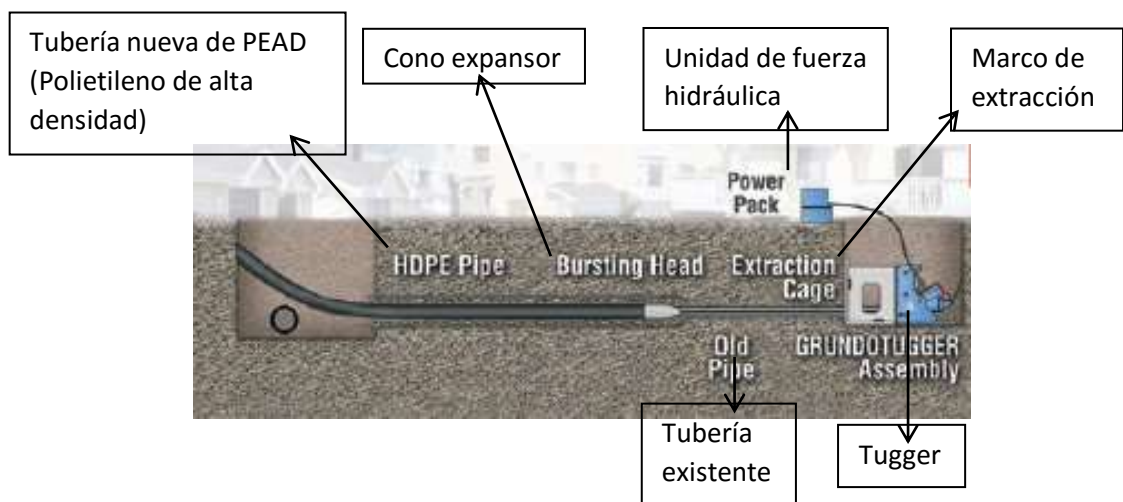
Medidas de prevención de riesgos:

- Lea el manual del operador. Cada operador debe entender plenamente las medidas de seguridad necesarias para la operación y deben ser capaces de seguir estas normas de manera individual y colectiva.
- Comprobar la existencia de tuberías y cables enterrados que podrían ser afectados por la operación del equipo.
- Si se golpea un cable eléctrico, abandonar inmediatamente el sitio, asegurar de que nadie entre en contacto con el cable para tratar de apagar la alimentación. Llamar a la entidad correspondiente para que evalúe si el cable ha sufrido algún tipo de daño. **No toque el cable o la máquina.**
- No coloque las manos dentro los componentes de la máquina mientras se encuentre en movimiento. Siempre asegúrese que todos los dispositivos de seguridad y las tapas estén en su sitio y bien ajustadas.
- No trabajar con ropa suelta o cabello largo suelto ya que se podría sufrir alguna lesión corporal al quedar atrapada en las partes móviles de la máquina.
- **Siempre purgar la presión** del sistema antes de desconectar alguna manguera, de lo contrario se podrían producir explosiones, lesiones graves al operador y daños al equipo. **Nunca sobrepasar la presión de 3500psi durante la operación del equipo.**
- No se pare bajo cargas suspendidas.
- Los operadores y el personal de obras civiles siempre deben usar el equipo de protección personal y el equipo de seguridad adecuado para la operación del equipo.

- El funcionamiento de este equipo, solamente deberá llevarse a cabo por personal debidamente capacitado. Los nuevos operadores en formación deberán estar bajo la constante supervisión de una persona capacitada.
- Algunas partes del equipo podrían calentarse, usar guantes para reducir el riesgo de quemaduras.







F. Esquema de implementación general y componentes del equipo de Pipe Bursting: Grundotugger.-







Esquema general GRUNDOTUGGER.-





Del equipo de Pipe Bursting: Grundotugger.-



	<p>UNIDAD DE FUERZA HIDRÁULICA MODELO TT-M9: Sistema de fuerza hidráulica.</p>	
	<p>CAJA DE CONTROL: Es el nexo entre el TUGGER y la unidad de fuerza hidráulica.</p>	
	<p>Equipo de termofusión:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Armazón 	
		<ul style="list-style-type: none"> - Facer
		<ul style="list-style-type: none"> - Placa de calentamiento
	<p>Cable de tiro: 3/4" cable stretch36ton 15m, 30m, 45m y 60m</p>	

		<p>Conos expansores: 110mm y 160mm</p>
		<p>Cable guía: 45m</p>
		<p>Acople cono expansor: 110mm (rojo) y 160mm (plateado)</p>
		<p>Mando</p>
		<p>Mangueras Sistema Hidráulico :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mangueras conexión, Unidad de Fuerza Hidráulica - Caja de Control
		<ul style="list-style-type: none"> - Mangueras conexión, Caja de Control – Tugger

	Cables sistema eléctrico:
	- Cable mando – caja de control
	
	- Cable unidad de fuerza hidráulica – caja de control

G. Condiciones óptimas para la operación del equipo Pipe Bursting: Grundotugger.-

De acuerdo a la NASSCO (National Association of Sewer Service Companies) la dificultad que se puede presentar en un proyecto de Pipe Bursting se puede clasificar en la siguiente tabla, en orden descendente y hacia la izquierda.

Criterio	A - Rutina	B – Moderadamente Dificil a Dificil	C – Dificil a Extremadamente Dificil
Profundidad	< 3.65m	3.65m a 5.50m	> 5.50m
Φ Tubería Existente	110mm a 300mm	300mm a 500mm	> 500mm
Φ Tubería Nueva	Mismo tamaño o un tamaño más	Dos tamaños más	Tres tamaños o más
Longitud	< 105m	105m a 135m	> 135m
Ancho de Zanja	Relativamente ancha en comparación con el Φ exterior del cono expensor	100mm a 200mm más ancho que el Φ exterior del cono expensor	Menos de 100mm más ancho que el Φ exterior del cono expensor
Tipo de Suelo	Suelos compresibles	Suelos moderadamente compresibles	Suelos duros

Las condiciones más favorables para la operación del equipo Grundotugger son:

- Cumplir con las dimensiones mínimas de los pozos de partida y de llegada.
- La tubería no debe presentar ningún tipo de obstrucción que dificulte el paso del cable de tiro durante la instalación del tugger en el pozo de llegada.
- La tubería no puede estar colapsada.
- La tubería no debe presentar giros o desviaciones pronunciadas.
- Es favorable si la tubería se encuentra en un suelo blando que en uno duro o una roca.

- Es favorable si el nivel freático se encuentra por debajo de la tubería.
- **Altura mínima de relleno:** se debe considerar desde la parte superior de la tubería hasta la superficie con la finalidad de evitar un posible levantamiento de la superficie el mismo que puede ocasionar daños al pavimento, aceras o piso. Se determina con la siguiente fórmula:

$$H_{min}=10*CE$$

$$CE= \Phi_{ext}C_{exp}- \Phi_{int}T_{exi}$$

Dónde:

Hmin: Altura mínima

CE: Coeficiente de expansión

$\Phi_{ext}C_{exp}$: Diámetro exterior del cono expansor

$\Phi_{int}T_{exi}$: Diámetro interior de la tubería existente

El coeficiente de expansión es la diferencia en el diámetro externo del cono expansor menos el diámetro interno de la tubería existente.

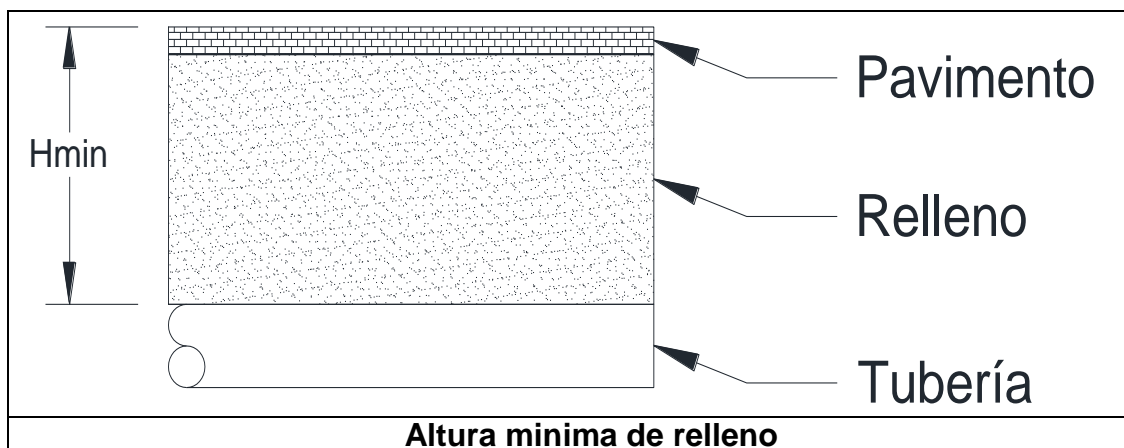
Ejemplo 1.-

$$\Phi_{ext}C_{exp}= 205\text{mm}$$

$$\Phi_{int}T_{exi}= 110\text{mm}$$

$$CE= 205\text{mm}-110\text{mm}= 95\text{mm}$$

$$H_{min}= 10*95\text{mm}= 950\text{mm}= 0.95\text{m}$$



- **Distancia mínima a tuberías adyacentes:** esta distancia mínima sirve para proteger a las tuberías que se puedan encontrar cercanas a la tubería a

intervenir. Esto depende de las características del suelo (cohesión y compresibilidad principalmente), para **suelos cohesivos la distancia recomendada es tres veces el CE**, para **suelos no cohesivos la distancia recomendada es de cinco veces el CE**, sin embargo en ambos casos se recomienda una **distancia mínima de 40cm** y en caso de los suelos cohesivos si la tubería existente a intervenir es de 150 mm o menos y la tubería adyacente no es frágil o está en mal estado, esta distancia mínima de 40 cm se puede reducir a 30cm.

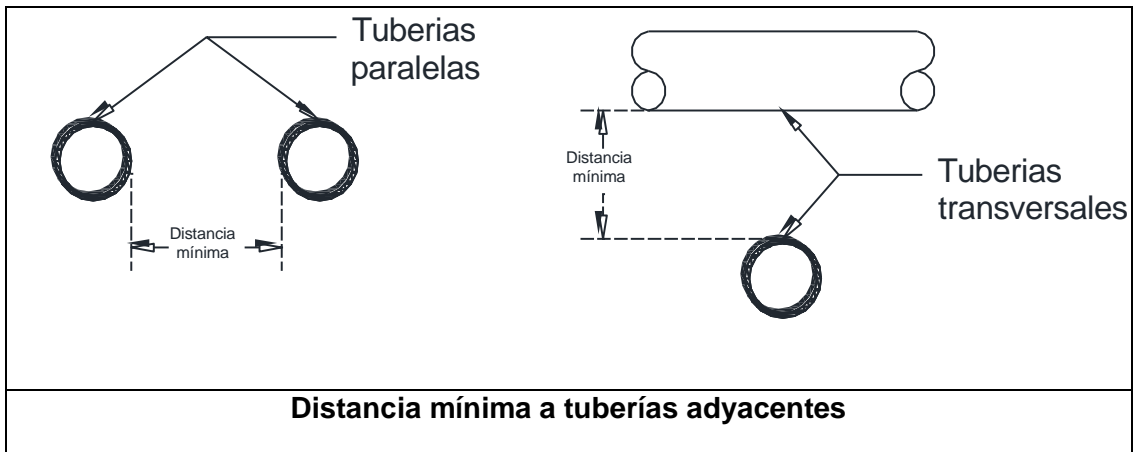
Ejemplo 2.-

Tomando el ejemplo 1, $\Phi_{intTexi} = 110\text{mm}$ y para un suelo cohesivo

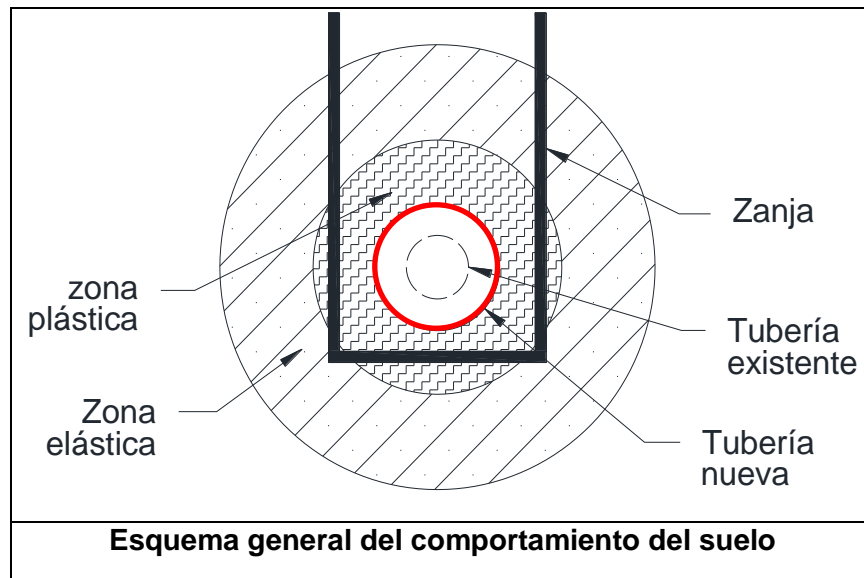
$$3 \times 95\text{mm} = 285\text{mm} = 28.5\text{cm}$$

$$28.5\text{cm} < 30\text{cm}$$

Por lo tanto la distancia mínima entre tuberías adyacentes debe ser 30cm



Esta altura mínima de relleno y distancia mínima a tubería adyacentes, se debe tomar en cuenta para evitar posibles daños a estructuras ajenas y complicaciones al proyecto de pipe bursting en curso ya que el suelo presenta el siguiente comportamiento. Pipe Bursting es un proceso que crea un orificio alrededor de la tubería existente, esto hace que se produzca una compresión en el suelo y se forme una zona plástica alrededor de la tubería nueva como se puede observar en el siguiente gráfico.



H. Selección pozos de partida y de llegada.-

La elección del pozo de partida y el pozo de llegada quedará al criterio del jefe del proyecto. Además de la creación de pozos intermedios en caso de ser necesario.

Se recomienda el uso de los siguientes criterios:

Pozo de partida.-

- 1.- Que exista el espacio suficiente para la manipulación de la tubería es decir que pueda ser colocada, que tenga suficiente espacio para hacer la termofusión y para que pueda estar cerca del pozo de partida.
- 2.- Que pueda ser accesible el ingreso de la tubería al sitio.
- 3.- El tamaño de la zanja que se tiene que hacer y su elaboración.
- 4.- Que cumpla con la altura mínima de relleno

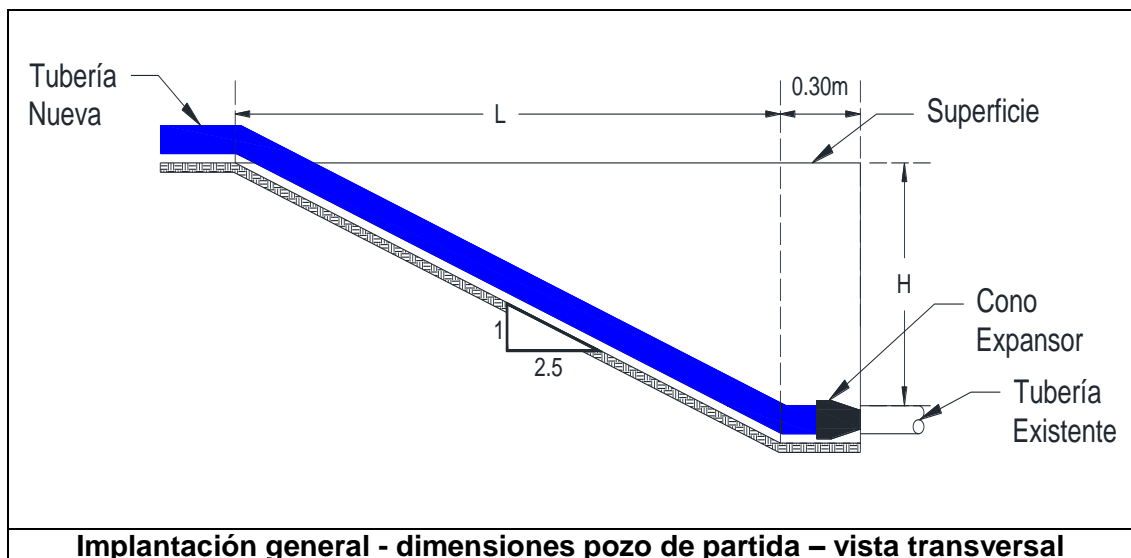
Pozo de llegada.-

- 1.- Que pueda ser accesible el ingreso del equipo al sitio.
- 2.- Que exista el espacio suficiente para el montaje y operación del equipo.
- 3.- El tamaño del pozo que se tiene que hacer y su elaboración.
- 4.- Que cumpla con la altura mínima de relleno

I. Preparación de los pozos de partida y de llegada.-

Pozo de partida.-

- 1.- Desalojar del área escombros o cualquier otro impedimento que dificulte el paso o la manipulación de la tubería.
- 2.- Designar áreas de: la ubicación de la zanja, donde se van a realizar la termofusión, y la ubicación de la tubería.
- 3.- La zanja deberá tener las siguientes dimensiones:



Dónde:

H= es la altura del pozo desde la superficie hasta la clave de la tubería.

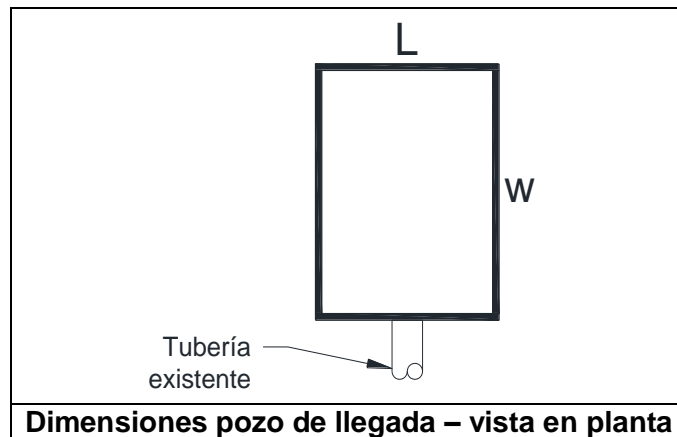
$L = 2.5 * H$

El ancho de la zanja será de mínimo 0.60m

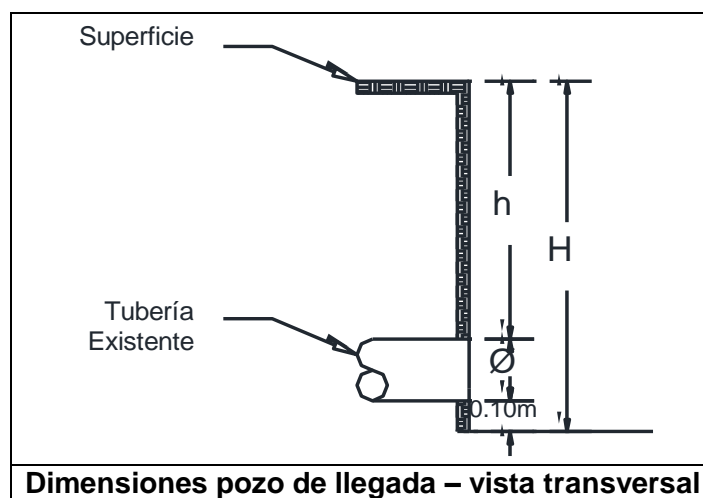
Pozo de llegada.-

- 1.- Desalojar del área escombros o cualquier otro impedimento que dificulte el paso o el montaje del equipo.
- 2.- Designar áreas de: la ubicación de la zanja, ubicación para el montaje y desmontaje del equipo, ubicación para la unidad hidráulica de poder.
- 3.- La zanja deberá tener las siguientes dimensiones (L x W):

125cm x 70cm con y sin marco de extracción



La profundidad del pozo de llegada deberá ser 0.10m por debajo del invert de la tubería existente



$$H = h + \Phi + 0.10\text{m}$$

Dónde:

H= Profundidad del pozo de llegada

h= Distancia desde la superficie hasta la clave de la tubería

Φ = Diámetro exterior de la tubería

J. Preparación, montaje y operación del equipo Pipe Bursting: GRUNDOTUGGER.-

Para poder realizar algunos de los siguientes procedimientos se requiere del uso de un generador portátil de 110 voltios, un taladro y una amoladora con un disco de corte para cortar tubería de PEAD (polietileno

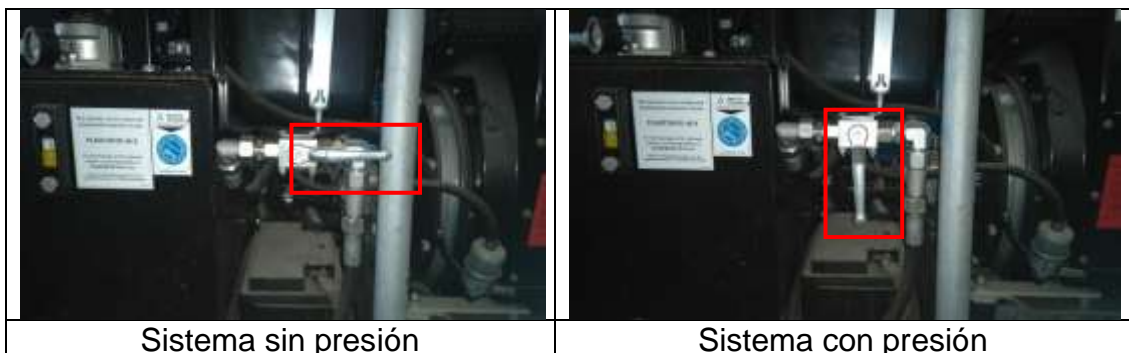
de alta densidad) por lo cual es necesario preverlos para la intervención. Además estos procesos generan desechos por lo cual es necesario prever la disposición de estos.

1. Determinar los pozos de partida y de llegada.

- Delimitar áreas de excavación.
- Ubicar áreas para disposición del material excavado y realización de la termofusión.
- En caso de ser necesario, rutas para la desviación del tráfico. Para hacer esto pedir apoyo a la AMT (Agencia Metropolitana de Transito) y además para el control del tráfico.
- Determinar el tipo de suelo de apoyo para el Tugger. En caso de ser un suelo blando, se deberá preparar tabloncillos de madera para su apoyo.
- Nivelar la superficie donde se asentará el Tugger.
- Ubicar las tuberías de los otros servicios que podrían ser afectadas (Agua potable, telefonía, etc.).

2. Instalación unidad de poder hidráulico y caja de control

- El sistema debe estar sin presión, para esto, la manija de la presión debe estar en la posición de las 3 haciendo referencia a las manecillas del reloj. El sistema solo debe estar presurizado, solo si el equipo está en operación, para esto la manija de la presión debe estar en la posición de las 6 haciendo referencia a las manecillas del reloj, siempre que la operación se detenga, por cualquier motivo, al sistema hidráulico se le debe purgar la presión.



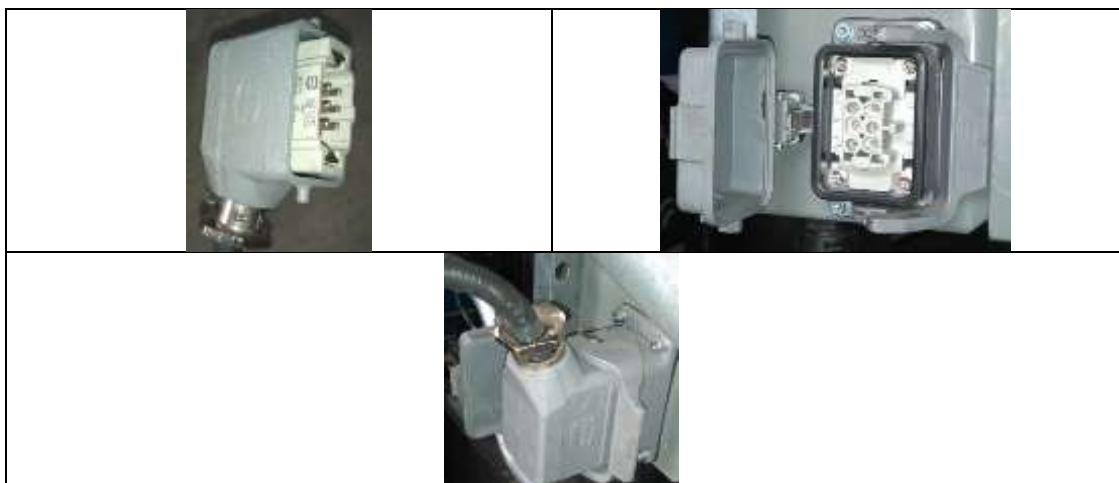
- Conectar las mangueras hidráulicas unidad de poder hidráulico – caja de control (son dos mangueras).



- Conectar las mangueras hidráulicas caja de control – Tugger (son cuatro mangueras).



- Conectar la manguera del sistema eléctrico *unidad de poder hidráulico – caja de control.*





- Conectar el mando a la caja de control.



- La unidad de poder hidráulico debe precalentarse quince minutos antes de empezar a operar el equipo Grundotugger (asegurarse que nada obstruya el escape de gases de la unidad de poder hidráulico y tenga una adecuada ventilación).



La unidad de poder hidráulico siempre deberá estar despresurizada. Solo cuando se esté operando el Tugger la unidad de poder hidráulico deberá estar presurizada. Cada vez que finalice o se detenga la operación del Tugger el sistema siempre se deberá despresurizar.

3. Colocación del cable de tiro dentro de la tubería existente

- Pasar el cable guía por la tubería existente desde el pozo de partida hacia el pozo de llegada.

Cable guía	Inserción cable guía por tubería existente en el pozo de llegada	Recuperación cable guía en el pozo de partida

- Pasar el cable de tiro por el cono expensor



- Unir el cable guía al extremo del cable de tiro que no tiene el acople para el cono expensor. Esto se puede hacer utilizando alambre galvanizado, cinta de ducto o los dos

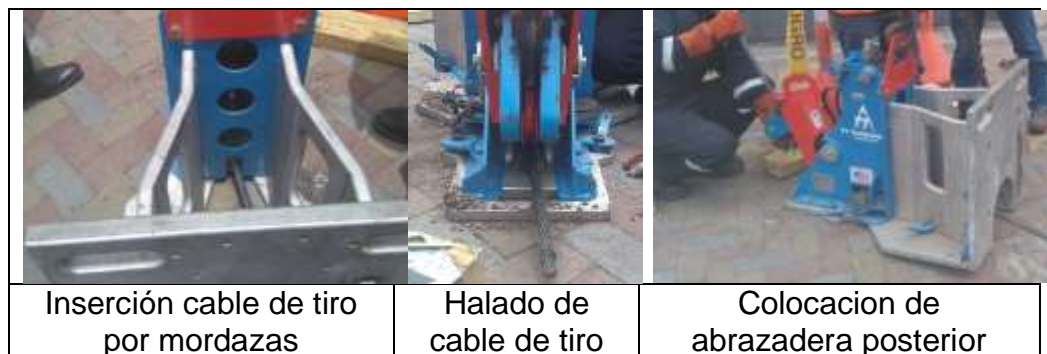
- Halar el cable guía desde el pozo de llegada hacia el pozo de partida junto con el cable de tiro.

4. Colocación del cable de tiro dentro del Tugger

- Quitar el seguro del rodillo de la abrazadera posterior para retirar la abrazadera, colocar el cable, sujetar el cable con la abrazadera y volver a colocar el rodillo.



- Insertar el cable de tiro por las mordazas del Tugger hasta que pase la suficiente cantidad de cable para que pueda ser sujetado por la abrazadera posterior.

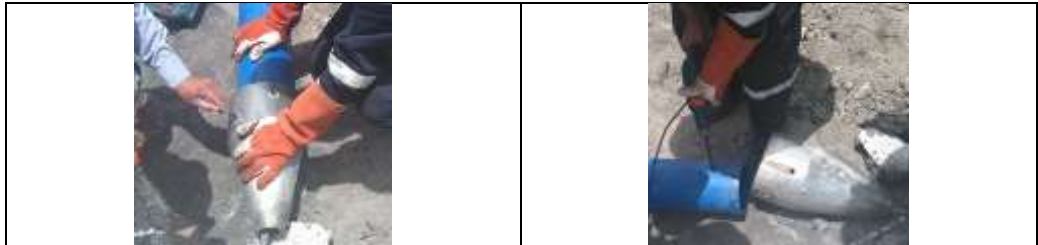


5. Unión tubería – cono expansor

- Colocar el acople para el cono expansor.



- Pasar todo el cable por el cono expansor.
- Marcar los orificios a perforar en la tubería, con un taladro hacer los orificios.



- Colocar la tubería dentro del cono el cono expansor y sujetarlo con los pernos del cono expansor.



6. Colocación del Tugger y el cono expansor dentro de las zanjas Y operación

- Colocar tablonces de madera entre la placa frontal del Tugger y el suelo.



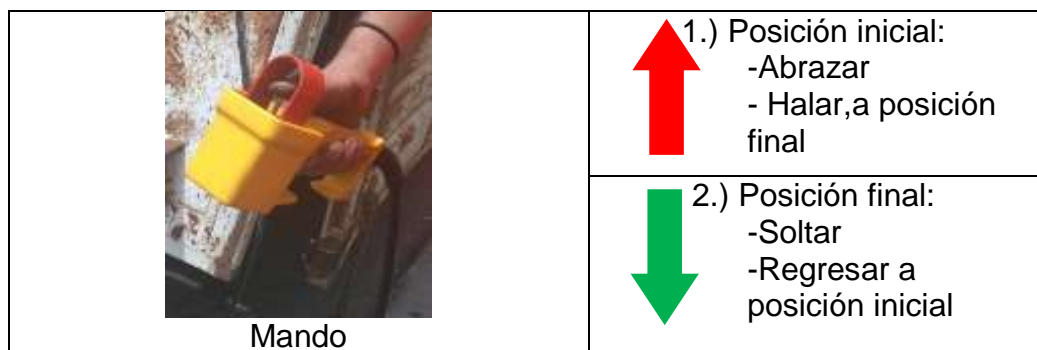
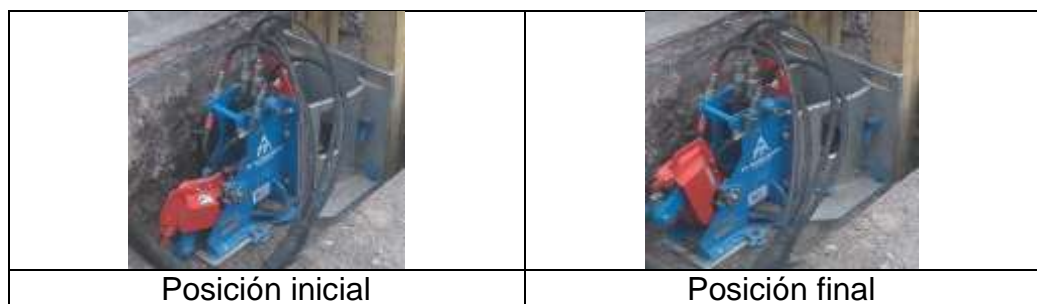
- El equipo Grundotugger se opera con el mando.
 - La operación del equipo se la realiza una vez que el cono expansor y la tubería nueva unida a él se encuentren listos y alineados con la tubería existente dentro del pozo de partida; y el cable de tiro se

encuentre colocado dentro del Tugger y estén colocados dentro del pozo de llegada.

-La operación se la realiza moviendo con el pulgar el switch que está en el mando, hacia arriba y hacia abajo.

-La operación inicia con el Tugger en la posición inicial y termina cuando este llega a la posición final como se muestra en las fotografías a continuación.

-Esto se debe realizar varias veces hasta que se complete todo el recorrido de la tubería.



-El operador deberá observar cuando se debe soltar el switch para cambiar el sentido del Tugger, sin embargo la unidad de poder hidráulica tiene una alarma auditiva que indica cuando hay un sobre esfuerzo del sistema hidráulico y esto es una indicación para el operador que debe soltar el switch y cambiar de sentido la operación.

-Una vez completado todo el recorrido, se procede a la recuperación del cono expensor descrito en el punto 8.

-En caso de ser necesaria parar la operación por cualquier motivo que se pueda presentar, siempre se debe purgar la presión del sistema antes de hacer cualquier maniobra o trabajo.

7. Termofusión

La termofusión se realiza de acuerdo al criterio de los operadores, ellos determinaran cuando y donde es mejor realizar esta operación.

- Conectar la placa al generador y calentarla entre los 350°F y los 450°F, esto se demora unos 15 minutos aproximadamente así que es necesario hacerlo con previsión.



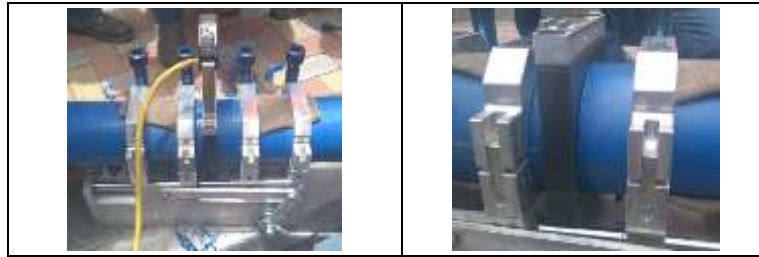
- Colocar y fijar los tubos en el armazón utilizando los empaques de cuero.



- Cortar las caras de las tuberías con el Facer hasta que queden bien emparejadas.



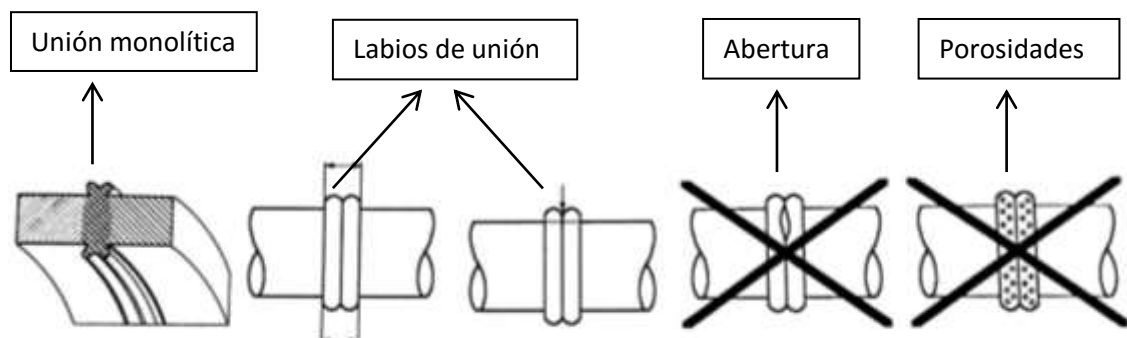
- Colocar la placa ya calentada y aplicar presión hasta que se forme un labio de 2mm a 4mm de espesor.



- Una vez formados estos labios retirar la placa e inmediatamente unir las caras de las tubería poner el segura y esperar 15 minutos para que se enfríe y se forme la unión y se puede proceder a retirar el tubo del armazón.



- La unión por termofusión se la controla visiblemente en el sitio inmediatamente después de ser realizada, el siguiente gráfico nos muestra como la unión debe tener los labios paralelos e uniformes, no se permiten aberturas o porosidades. Si se hallan algunas de estas se debe cortar la unión realizada y se debe volver a realizarla.



- Una vez que ya esté enfriada la unión, se haya retirado el armazón y se haya hecho la inspección visual de la unión y se compruebe que no tenga ninguna falla se puede proceder con el halado de la tubería.

8. Recuperación del cono expansor

Esto se realiza una vez que el cono expansor ha llegado a su destino es decir al pozo de llegada. Es la última parte del proceso.

- Con una sierra cortar la tubería cerca de la base del cono expansor, para retirar el cono expansor.
- Retirar los pernos del cono expansor para desechar la tubería remanente que quedo dentro del cono expansor.
- Además retirar el exceso de tubería que queda en el pozo de partida si hubiese alguno.

9. Disposición final

- Una vez que la presión haya sido purgada del sistema hidráulico y el equipo este apagado se puede proceder a desconectar el mando, el sistema eléctrico, el sistema hidráulico y a retirar el cable de tiro del tigger.
- Se debe recolectar los desechos (viruta de la tubería PEAD, escombros, etc.) para su adecuada disposición.

Anexo 6: SALARIOS 2016

REAJUSTE DE PRECIOS
SALARIOS MÍNIMOS POR LEY

CATEGORÍAS OCUPACIONALES	SUELDO UNIFICADO	DECIMO TERCER	DECIMO CUARTO	TRANS- PORTE	APORTE PATRONAL	FONDO RESERVA	TOTAL ANUAL	JORNAL REAL	COSTO HORARIO
REMUNERACIÓN BÁSICA UNIFICADA MÍNIMA	366,00								
CONSTRUCCIÓN Y SERVICIOS TÉCNICOS Y ARQUITECTÓNICOS									
ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2									
Peón	376,07	376,07	366,00		548,31	376,07	6 179,29	26,07	3,26
ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2									
Albail	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Operador de equipo liviano	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Pintor	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Pintor de exteriores	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Pintor empapelador	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Fierrero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Carpintero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Encofrador	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Carpintero de ribera	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Plomero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Electricista	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Instalador de revestimiento en general	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Ayudante de perforador	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Cadenero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Mamostero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Enlucidor	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Hojalatero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Técnico liniero eléctrico	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Técnico en montaje de subestaciones	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Técnico electromecánico de construcción	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Obrero especializado en la elaboración de prefabricados de hormigón	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Parqueteros y colocadores de pisos	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1									
Maestro eléctrico/liniero/subestación	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Maestro mayor en ejecución de obras civiles	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C2									
Operador de planta de hormigón	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Perforador	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Perfilero	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Técnico albanilería	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Técnico obras civiles	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2									
Plomero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
ESTRUCTURA OCUPACIONAL B3									
Inspector de obra	425,48	425,48	366,00		620,35	425,48	6 943,07	29,30	3,66
Supervisor eléctrico / sanitario general	425,48	425,48	366,00		620,35	425,48	6 943,07	29,30	3,66
ESTRUCTURA OCUPACIONAL B1									
Ingeniero Eléctrico / Sanitario	426,58	426,58	366,00		621,95	426,58	6 960,07	29,37	3,67
Residente de Obra	426,58	426,58	366,00		621,95	426,58	6 960,07	29,37	3,67
LABORATORIO									
Laboratorista 2: experiencia mayor de 7 años(Estr. Oc. C1)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
TOPOGRAFÍA									
Topógrafo 2: título exper. mayor a 5 años(Estr.Oc.C1)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
DIBUJANTES									
Dibujante (Estr.Oc.C2)	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
OPERADORES Y MECANICOS DE EQUIPO PESADO Y CAMINERO DE EXCAVACION, CONSTRUCCION, INDUSTRIA Y OTRAS SIMILARES									
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1 (GRUPO D)									
Motoniveladora	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Excavadora	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Grúa puente de elevación	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Pala de castillo	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Grúa estacionaria	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Draga/Dráglina	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Tractor carriles o ruedas (bulldozer, topador, roturador, malacate, trailla)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Tractor tiende tubos (side bone)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Mototrailla	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Cargadora frontal (Payloader sobre ruedas u orugas)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Retroexcavadora	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Auto-tren cama baja (trayler)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Fresadora de pavimento asfáltico / Rotomil	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Recicladora de pavimento asfáltico / Rotomil	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Planta de emulsión asfáltica	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Máquina para sellos asfálticos	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Squider	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Operador de Camión articulado con volteo	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Operador de Camión mezclador para micropavimentos	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Operador de camión cisterna para cemento y asfalto	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Operador de perforadora de brazos múltiples (jumbo)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Operador máquina tuneladora (topo)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Operador de concretera rodante	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Operador de máquina extendedora de adoquín	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Operador de máquina zanjadora	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66

Nota: El listado corresponde exclusivamente a las estructuras ocupacionales que constan en la publicación de los salarios de las Comisiones Sectoriales del Ministerio del Trabajo, en los Acuerdos MDT-2015 - 0291 y 0292, de 21 y 23 de diciembre de 2015, respectivamente; que están en vigencia a partir del 1 de enero de 2016.

**REAJUSTE DE PRECIOS
SALARIOS MÍNIMOS POR LEY**

CATEGORÍAS OCUPACIONALES	SUELDO UNIFICADO	DECIMO TERCER	DECIMO CUARTO	TRANS- PORTE	APORTE PATRONAL	FONDO RESERVA	TOTAL ANUAL	JORNAL REAL	COSTO HORARIO
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C2 (GRUPO II)									
Operador responsable de la planta hormigonera	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Operador responsable de la planta trituradora	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Operador responsable de la planta asfáltica	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Operador de track drill	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Rodillo autopropulsado	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Distribuidor de asfalto	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Distribuidor de agregados	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Acabadora de pavimento de hormigón	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Acabadora de pavimento asfáltico	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Grada elevadora	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Canastilla elevadora	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Bomba lanzadora de concreto	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Tractor de ruedas (barredora, cegadora, rodillo remolcado, franjeadora)	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Caldero planta asfáltica	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Barredora autopropulsada	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Martillo punzon neumático	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Compresor	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Camión de carga frontal	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Operador canguro	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Operador de camión de volteo con o sin articulación / Rotomil	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Operador miniexcavadora/minicargadora con sus aditamentos	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Operador termo formado	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Tecnico en carpinteria	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Tecnico en mantenimiento de viviendas y edificios	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C3									
Operador maquina estacionaria clasificadora de material	386,97	386,97	366,00		564,20	386,97	6 347,78	26,78	3,35
MECANICOS									
Mecánico de equipo pesado caminero (Estr.Oc.C1)	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Mecánico de equipo liviano (Estr.Oc.C3)	386,97	386,97	366,00		564,20	386,97	6 347,78	26,78	3,35
SIN TITULO									
Engrasador o abastecedor responsable (Estr.Oc.D2)	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
CHOFERES PROFESIONALES									
CHOFER: De vehiculos de emergencia (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Para camiones pesados y extra pesados con o sin remolque de mas de 4 toneladas (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Trailer (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Volquetas (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Tanqueros (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Plataformas (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Otros camiones (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Para ferrocarriles (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Para auto ferros (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Camiones para transportar mercancías o sustancias peligrosas y otros vehiculos especiales (Estr.Oc.C1)	563,41	563,41	366,00		821,45	563,41	9 075,19	38,29	4,79
CHOFER: Para transporte Escolares - Personal y turismo, hasta 45 pasajeros (Estr.Oc.C2)	557,50	557,50	366,00		812,84	557,50	8 983,84	37,91	4,74
CHOFER: Para camiones sin acoplados (Estr.Oc.C3)	544,37	544,37	366,00		793,69	544,37	8 780,87	37,05	4,63
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C1 OPERADORES									
Operador de bomba	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Equipo en general	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Equipos móviles	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Maquinaria	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Molino de amianto	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
Planta dosificadora	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
De productos terminados	424,75	424,75	366,00		619,29	424,75	6 931,79	29,25	3,66
ESTRUCTURA OCUPACIONAL C2									
Operador de bomba impulsadora de hormigón	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Equipos móviles de planta	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Molino de amianto	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Planta dosificadora de hormigón	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
Productos terminados	403,15	403,15	366,00		587,79	403,15	6 597,89	27,84	3,48
ESTRUCTURA OCUPACIONAL D2									
Preparador de mezcla de materias primas	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
Tubero	380,97	380,97	366,00		555,45	380,97	6 255,03	26,39	3,30
ESTRUCTURA OCUPACIONAL E2									
Resanador en general	376,07	376,07	366,00		548,31	376,07	6 179,29	26,07	3,26
Tinero de pasta de amianto	376,07	376,07	366,00		548,31	376,07	6 179,29	26,07	3,26

Nota: El listado corresponde exclusivamente a las estructuras ocupacionales que constan en la publicación de los salarios de las Comisiones Sectoriales del Ministerio del Trabajo, en los Acuerdos MDT-2015 - 0291 y 0292, de 21 y 23 de diciembre de 2015, respectivamente; que están en vigencia a partir del 1 de enero de 2016.