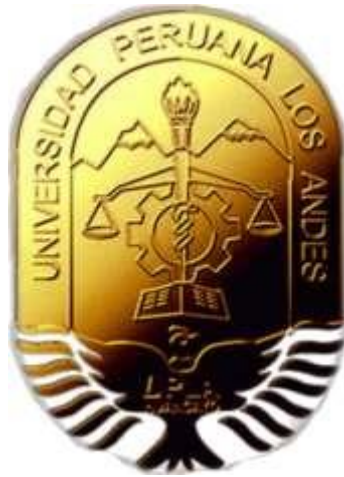


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“MÉTODOS CONSTRUCTIVOS TRADICIONAL V.S PIPE BURSTING
EN OBRAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO EN ZONAS
URBANAS DEL DISTRITO DE MOQUEGUA, 2015”**

Presentado por:

Bach. PÉREZ FERNÁNDEZ, Janeth Cynthia.

Bach. RAMOS CHUMBES, Mirelly.

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA CIVIL**

HUANCAYO – PERÚ

2017

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

DR. CASIO EURELIO, TORRES LÓPEZ
Presidente

Jurado Revisor

Jurado Revisor

Jurado Revisor

MG. MIGUEL ÁNGEL, CARLOS CANALES
Secretario Docente

ASESOR:

ING. JULIO BUYÚ NAKANDAKARE SANTANA

Dedicatoria

Agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencia y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres Jesús y Morayma por apoyarme en todo momento, por los valores que me inculcaron, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida, sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

A mis hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unión familiar y a todos los ingenieros que me transmitieron sus conocimientos y experiencias en mi formación profesional.

Janeth Cynthia Pérez Fernández.

Dedicatoria

A toda mi familia, principalmente a mis padres que han sido un pilar fundamental en mi formación como profesional, por brindarme la confianza, consejos, oportunidades y recursos para lograrlo, gracias por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento.

De manera muy especial a los ingenieros por ser los guías para el inicio, proceso y culminación del gran proyecto de tesis.

Mirelly Ramos Chumbes.

Agradecimiento

- *Al Ing. Carlos Julca Vásquez, jefe de costos y presupuestos en el área técnica de la Empresa Superconcreto del Perú S.A, por su interés, orientación y apoyo.*
- *Al Ing. Edgar Pérez Almeida, jefe de producción en la Empresa Icadat, por su generosa colaboración y asesoría en los temas tratados.*
- *Al Ing. Yovany Sánchez Baltazar, jefa de oficina técnica en la Obra de Mariscal Nieto-Moquegua, por su interés, apoyo en la realización de la investigación.*
- *Al Ing. Julio Nakandakare Santana y Dr. Deybe Viera Peralta, por la asesoría, colaboración, sugerencias y culminación en el desarrollo de este estudio.*
- *Al Ing. Jorge Vladimir Pachas Guillen, por su apoyo incondicional.*

- *A la Empresa Superconcreto del Perú, por toda la información brindada. A su vez a todos los ingenieros quienes estuvieron relacionados en la Obra: “Instalación y Mejoramiento de los sistemas de agua potable, alcantarillado y almacenamientos II Etapa del Distrito de Moquegua, Provincia Mariscal Nieto – Moquegua”, por su apoyo incondicional en la realización de la investigación.*

ÍNDICE DE CONTENIDOS

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO	II
ASESOR:	III
Dedicatoria	IV
Agradecimiento	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	VIII
INDICE DE GRÁFICOS	XIII
INDICE DE FIGURAS	XV
INDICE DE CUADROS	XVII
INDICE DE TABLAS	XX
RESUMEN	XXIV
ABSTRACT	XXVI
INTRODUCCIÓN	XXVII
CAPÍTULO I	30
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	30
1.1 Descripción de la realidad problemática.....	30
1.2 Formulación del problema	32
1.2.1 Problema General	32
1.2.2 Problemas Específicos.....	32
1.3 Objetivos de la investigación.....	33
1.3.1 Objetivo General	33

1.3.2	Objetivos Específicos	33
1.4	Justificación de la investigación	34
1.4.1	Justificación Metodológica.....	34
1.4.3	Justificación Práctica.....	34
1.4.1	Conveniencia	35
1.4.2	Relevancia Social	36
1.5	Limitaciones.....	36
1.6	Viabilidad del Estudio	36
CAPÍTULO II		37
MARCO TEÓRICO		37
2.1	Antecedentes de Investigación.....	37
2.1.1	A Nivel Internacional	37
2.1.2	A Nivel Nacional.....	45
2.2	Bases Teóricas	49
2.2.1	Métodos Constructivos.....	49
2.2.2	Renovación de Tuberías	49
	A) Método tradicional (Zanja abierta)	50
	B) Método de Pipe Bursting	50
2.2.3	Tuberías de polietileno (PE).....	59
2.2.4	Procesos constructivos tradicional, Pipe Bursting y conexiones domiciliarias para agua potable.....	69

2.3 Marco Normativo.....	91
2.4 Definiciones conceptuales	94
2.5 Formulación de Hipótesis	95
2.5.1 Hipótesis General	95
2.5.2 Hipótesis Específico	95
2.6 Variables	96
2.7 Operacionalización de variables	96
CAPÍTULO III.....	98
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	98
3.1 Diseño metodológico	98
3.1.1 Tipo de investigación.....	98
3.1.2 Nivel de investigación	98
3.1.3 Diseño de investigación	98
3.2 Población y Muestra	99
3.2.1 Población	99
3.2.2 Muestra	99
3.3 Técnicas de recolección de datos	100
3.3.1 Descripción de los instrumento.....	100
3.3.2 Procedimiento de comprobación de validez	100
3.4 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información	101
CAPÍTULO IV	103

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	103
4.1 Análisis de datos	103
4.1.1 Proceso de los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado.	108
4.1.2 Rendimiento de los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado.	117
4.1.3 Costo de los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado	130
4.1.4 Calidad de la tubería de polietileno en los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado.....	173
4.1.5 Impactos ambientales y sociales generados por los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado.....	175
4.2 Prueba de hipótesis.....	206
CAPÍTULO V.....	234
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	234
CAPÍTULO VI.....	240
CONCLUSIONES Y RECONEDACIONES	240
CONCLUSIONES.....	240
RECOMENDACIONES	243
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	244
a. Bibliografía	244
b. Páginas Web:	245

ANEXOS.....246

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Métodos de renovación.	50
Gráfico N° 2: Tipos de Pipe Bursting.	52
Gráfico N° 3: Rotura de pavimento de ambos métodos.....	108
Gráfico N° 4: Excavación de zanja y/o ventanas de ambos métodos.	109
Gráfico N° 5: Tendido de tuberías de ambos métodos.	110
Gráfico N° 6: Relleno de zanjas y/o ventanas de ambos métodos.....	110
Gráfico N° 7: Reposición de pavimentos de ambos métodos.....	111
Gráfico N° 8: Proceso constructivo general – agua potable	112
Gráfico N° 9: Rotura de pavimento de ambos métodos.....	112
Gráfico N° 10: Excavación de zanjas y/o ventanas de ambos métodos.....	113
Gráfico N° 11: Tendido de tuberías de ambos métodos.	114
Gráfico N° 12: Relleno de zanjas y/o ventanas de ambos métodos.....	115
Gráfico N° 13: Reposición de pavimento de ambos métodos.	115
Gráfico N° 14: Proceso Constructivo - Alcantarillado	116
Gráfico N° 15: Rendimiento de agua potable.	123
Gráfico N° 16: Rendimiento de alcantarillado.....	129
Gráfico N° 17: Resumen de partidas analizadas – Agua potable	144
Gráfico N° 18: Costo total del tramo.	148
Gráfico N° 19: Costo total del tramo.	151
Gráfico N° 20: Costos de redes de agua potable de ambos métodos.....	152
Gráfico N° 21: Resumen de partidas analizadas – Alcantarillado	164
Gráfico N° 22: Costo total.	168
Gráfico N° 23: Costo Total.	171
Gráfico N° 24: Costos de redes de alcantarillado de ambos métodos.	172

Gráfico N° 25: Ruido ambiental según zonas de aplicación.....	200
Gráfico N° 26: Niveles de Partículas PM-10	202
Gráfico N° 27: Niveles de Dióxido de Nitrógeno.....	203
Gráfico N° 28: Niveles de Monóxido de Carbono.....	204
Gráfico N° 29: Niveles de azufre	205
Gráfico N° 30: Niveles de la variable 1: Pipe Bursting (sin zanja).	206
Gráfico N° 31: Niveles de la variable 1: Pipe Bursting (sin zanja).	207
Gráfico N° 32: Niveles de la dimensión 1: Proceso constructivo.....	208
Gráfico N° 33: Niveles de la dimensión 1: Proceso constructivo.....	208
Gráfico N° 34: Niveles de la dimensión 2: Rendimiento.....	210
Gráfico N° 35: Niveles de la dimensión 2: Rendimiento.....	210
Gráfico N° 36: Niveles de la dimensión 3: Costos.	211
Gráfico N° 37: Niveles de la dimensión 3: Costos.	212
Gráfico N° 38: Niveles de la dimensión 4: Calidad tubería.....	214
Gráfico N° 39: Niveles de la dimensión 4: Calidad tubería.....	214
Gráfico N° 40: Niveles de la variable 5: Impacto ambiental y social.....	216
Gráfico N° 41: Niveles de la variable 2: Impacto ambiental y social.....	216

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Excavación de zanjas.	50
Figura N° 2: Procedimiento constructivo del método de Pipe Bursting.	52
Figura N° 3: Esquema de renovación por Pipe Bursting dinámico.	53
Figura N° 4: Esquema de renovación por el método estático – Instalación de equipos.	55
Figura N° 5: Esquema de renovación por el método estático – Unión con el expansor - tubería.	55
Figura N° 6: Esquema de renovación por el método estático- reemplazo.	56
Figura N° 7: Equipos – Pipe Bursting estático.	56
Figura N° 8: Tubería HDPE de Ø160mm.	59
Figura N° 9: Tipos de polietileno.	60
Figura N° 10: Tubería PE –100, Ø110mm.	63
Figura N° 11: Transporte tu tubería – Obra Moquegua.	65
Figura N° 12: Almacén de Obra – Moquegua.	66
Figura N° 13: Equipos de termofusión y electrofusión.	69
Figura N° 14: Trazo y replanteo Av. Andrés Avelino Cáceres.	71
Figura N° 15: Rotura de pavimento Av. Balta – lado derecho.	72
Figura N° 16: Excavación Av. Balta – lado derecho.	73
Figura N° 17: Tendido de tubería de la red de alcantarillado de la Ca. Ayacucho.	74
Figura N° 18: Relleno de zanja de alcantarillado Av. Balta – Lado derecho.	75
Figura N° 19: Relleno de la base de la red de alcantarillado Av. Balta – Lado derecho.	76
Figura N° 20: Imprimación de la red de alcantarillado Ca. Tarapacá.	76
Figura N° 21: Relleno de la base de la red de alcantarillado Av. Balta – Lado derecho.	77
Figura N° 22: Trazo de las ventanas de red de alcantarillado - Ca. Cusco.	79
Figura N° 23: Corte y demolición de la ventana de ingreso de tubería – Ca. Ilo.	79

Figura N° 24: Excavación de ventanas para redes (agua y alcantarillado).....	80
Figura N° 25: Excavación de ventanas para conexiones de agua.....	80
Figura N° 26: Montado de las tuberías en la máquina de termofusión.....	81
Figura N° 27: Aplicación de presión para que los tubos queden soldados.....	82
Figura N° 28: Soldadura luego del tiempo de enfriamiento – Tubería de alcantarillado.	83
Figura N° 29: Expansor correctamente colocado en la tubería. (ventana de entrada).....	83
Figura N° 30: Expansor correctamente colocado en la tubería (ventana de inicio).	84
Figura N° 31: Colocación del equipo fragmentador (ventana de salida).	84
Figura N° 32: Inicio del tendido de tubería (fragmentación).....	85
Figura N° 33: Fin del tendido de tubería (fragmentación).....	85
Figura N° 34: Relleno de las ventanas y reposición de pavimento.	86
Figura N° 35: Primera excavación de ventanas	87
Figura N° 36: Fragmentación de conexiones domiciliarias.....	87
Figura N° 37: Culminación de la fragmentación de conexiones domiciliarias.	87
Figura N° 38: Segunda excavación de ventanas para la colocación de la abrazadera.....	88
Figura N° 39: Alineación de abrazadera con la red principal.....	89
Figura N° 40: Colocación de los cables polo (+) y (-) para la electrofusión entre abrazadera tubería de la red primaria.	89
Figura N° 41: Culminación de la electrofusión.	90
Figura N° 42: Fin de instalaciones domiciliarias	90
Figura N° 43: Provincia Mariscal Nieto - Moquegua.....	103
Figura N° 44: Fórmula de cantidad unitaria	130

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Modelo de Equipos - Scandinavian.....	57
Cuadro N° 2: Tipos de cabezales para la fragmentación.....	57
Cuadro N° 3: Cabezal de remolque.....	58
Cuadro N° 4: Tipos de energías hidráulicas.....	58
Cuadro N° 5: Especificaciones de varillas de acero.....	58
Cuadro N° 6: Dimensiones e indicadores.....	97
Cuadro N° 7: Dimensiones e indicadores.....	97
Cuadro N° 8: Rendimiento de agua potable – Método Tradicional (ml/día).....	118
Cuadro N° 9: Análisis de cuadrilla.....	119
Cuadro N° 10: Rendimiento de agua potable – Método Pipe Bursting (ml/día).....	121
Cuadro N° 11: Análisis de cuadrilla.....	122
Cuadro N° 12: Rendimiento de agua potable de ambos métodos.....	123
Cuadro N° 13: Rendimiento de alcantarillado – Método tradicional (ml/día).....	125
Cuadro N° 14: Análisis de cuadrilla.....	126
Cuadro N° 15: Rendimiento de alcantarillado – Método Pipe Bursting (ml/día).....	127
Cuadro N° 16: Análisis de cuadrilla.....	128
Cuadro N° 17: Rendimiento de alcantarillado de ambos métodos.....	129
Cuadro N° 18: Comparación entre tuberías.....	174
Cuadro N° 19: Impactos ambientales y sociales en redes de agua potable (Método Tradicional).....	177
Cuadro N° 20: Impactos ambientales y sociales en redes de agua potable (Método Pipe Bursting).....	178
Cuadro N° 21: Impactos ambientales y sociales en redes de alcantarillado (Método tradicional).....	179

Cuadro N° 22: Impactos ambientales y sociales en redes de alcantarillado (Método Pipe Bursting)	180
Cuadro N° 23: Valoración de impactos ambientales y sociales en redes de agua potable (Método tradicional)	186
Cuadro N° 24: Valoración de impactos ambientales y sociales en redes de agua potable (Método Pipe Bursting).....	187
Cuadro N° 25: Valoración de impactos ambientales y sociales en redes de alcantarillado (Método tradicional)	189
Cuadro N° 26: Valoración de impactos ambientales y sociales en redes de alcantarillado (Método Pipe Bursting).....	190
Cuadro N° 27: Impactos más significativos	191
Cuadro N° 28: Estaciones de Monitoreo	197
Cuadro N° 29: Equipos, Método de Muestreo	199
Cuadro N° 30: Niveles de la variable: Pipe Bursting (sin zanja)	206
Cuadro N° 31: Niveles de la dimensión 1: Proceso constructivo – Método Pipe Bursting ..	208
Cuadro N° 32: Niveles de la dimensión 2: Rendimiento.....	209
Cuadro N° 33: Niveles de la dimensión 3: Costos	211
Cuadro N° 34: Cuadro comparativo de costos-método tradicional y el método Pipe Bursting	212
Cuadro N° 35: Niveles de la dimensión 4: Calidad tubería.....	213
Cuadro N° 36: Niveles de la variable 5: Impacto ambiental y social.....	215
Cuadro N° 37: Coeficiente de Correlación.....	218
Cuadro N° 38: Coeficiente de Correlación.....	220
Cuadro N° 39: Coeficiente de correlación.....	223
Cuadro N° 40: Coeficiente de Correlación.....	225

Cuadro N° 41: Coeficiente de correlación.....	228
Cuadro N° 42: Coeficiente de correlación.....	231

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Dimensiones de los rollos de tuberías.	63
Tabla N° 2: Tramos analizados – Redes de agua potable (Método Tradicional).	105
Tabla N° 3: Tramos analizados – Redes de Agua Potable (Método Pipe Bursting).....	106
Tabla N° 4: Tramos analizados – Redes de alcantarillado (Método Tradicional).	107
Tabla N° 5: Tramos analizados - Redes de alcantarillado (Método Pipe Bursting).	107
Tabla N° 6: Rotura de pavimento de ambos métodos.....	108
Tabla N° 7: Excavación de zanja y/o ventanas de ambos métodos.	108
Tabla N° 8: Tendido de tuberías de ambos métodos.	109
Tabla N° 9: Relleno de zanjas y/o ventanas de ambos métodos.....	110
Tabla N° 10: Reposición de pavimentos de ambos métodos.	111
Tabla N° 11: Proceso Constructivo general – agua potable.....	111
Tabla N° 12: Rotura de pavimento de ambos métodos.....	112
Tabla N° 13: Excavación de zanjas y/o ventanas de ambos métodos.....	113
Tabla N° 14: Tendido de tuberías de ambos métodos.	114
Tabla N° 15: Relleno de zanjas y/o ventanas de ambos métodos.	114
Tabla N° 16: Reposición de pavimento de ambos métodos.....	115
Tabla N° 17: Proceso Constructivo general – alcantarillado	116
Tabla N° 18: Partida - Excavación de zanja – Método tradicional.	131
Tabla N° 19: Sub Partida - Excavación de zanja – Método tradicional.....	131
Tabla N° 20: Sub Partida - Excavación de ventanas - Pipe Bursting.	132
Tabla N° 21: Partida - Instalación de tubería de red – Método tradicional.	132
Tabla N° 22: Sub Partida - Instalación de tubería de red– Método tradicional.	133
Tabla N° 23: Partida - Instalación de tubería - Pipe Bursting.....	133
Tabla N° 24: Sub Partida - Instalación de tubería - Pipe Bursting.	134

Tabla N° 25: Partida - Instalación de conexiones domiciliarias – Método tradicional.....	135
Tabla N° 26: Sub Partidas - Instalación de conexiones domiciliarias – Método tradicional.	135
Tabla N° 27: Partida - Instalación de conexiones - Pipe Bursting.....	136
Tabla N° 28: Sub Partidas - Instalación de conexiones - Pipe Bursting.	136
Tabla N° 29: Partida - Relleno de zanjas – Método tradicional.....	137
Tabla N° 30: Sub Partida - Relleno de zanjas – Método tradicional.	137
Tabla N° 31: Sub Partida - Relleno de ventanas - Pipe Bursting.....	138
Tabla N° 32: Costo por partida - Excavación de zanja.	138
Tabla N° 33: Costo por sub partida - Excavación de zanja.	138
Tabla N° 34: Costo por Sub partida - Excavación de ventanas.	139
Tabla N° 35: Costo por Sub partida - Excavación de ventanas.	139
Tabla N° 36: Costo por partida - Instalación de tubería.	139
Tabla N° 37: Costo por Sub Partida - Instalación de Tubería.....	140
Tabla N° 38: Costo por partida - Instalación de tubería.	140
Tabla N° 39: Costo por Sub partida - Instalación de tuberías.....	140
Tabla N° 40: Costo por Partida - Instalación de Conexiones Domiciliarias.....	141
Tabla N° 41: Costo por Sub Partida - Instalación de Conexiones Domiciliarias.	141
Tabla N° 42: Costo por partida - Instalación de conexiones.....	142
Tabla N° 43: Costo por Sub partida - Instalación de conexiones.	142
Tabla N° 44: Costo por Partida - Relleno de Zanja.	143
Tabla N° 45: Costo por Sub Partida - Relleno de zanja.....	143
Tabla N° 46: Costo por Sub partida - Relleno de ventanas.	144
Tabla N° 47: Resumen de costo – Partidas analizadas – Agua potable.....	144
Tabla N° 48: Mano de Obra Calificada.	145

Tabla N° 49: Equipos Utilizados en el Proceso de Ejecución.	146
Tabla N° 50: Materiales utilizados en el proceso de ejecución	147
Tabla N° 51: Costo total del tramo	147
Tabla N° 52: Personal de equipo (Pipe Bursting).....	149
Tabla N° 53: Equipos utilizados en el proceso de ejecución.	149
Tabla N° 54: Materiales utilizados en el proceso de ejecución.	150
Tabla N° 55: Resumen - Costo total del tramo.	151
Tabla N° 56: Comparación del costo total para redes de agua potable de ambos métodos..	152
Tabla N° 57: Partida - Excavación de zanja.	153
Tabla N° 58: Sub Partida - Excavación de zanja.	153
Tabla N° 59: Sub partida - Excavación de ventanas.....	154
Tabla N° 60: Partida - Instalación de tuberías.	154
Tabla N° 61: Partida - Instalación de tubería.....	155
Tabla N° 62: Sub partida - Instalación de tubería.....	156
Tabla N° 63: Partida - Primer relleno.	156
Tabla N° 64: Partida - Segundo relleno.	157
Tabla N° 65: Sub Partida - Segundo relleno.	158
Tabla N° 66: Sub partida - Relleno de ventanas.	159
Tabla N° 67: Costo por partida - Excavación sin zanja	159
Tabla N° 68: Costo por sub partida – Excavación de zanja.....	160
Tabla N° 69: Costo por Sub Partida - Excavación de ventanas.....	160
Tabla N° 70: Costo por partida – Instalación de tuberías.	160
Tabla N° 71: Costo por Partida - Instalación de Tubería.....	161
Tabla N° 72: Costo por Sub Partida - Instalación de Tubería.....	161
Tabla N° 73: Costo por partida - Primer relleno.....	162

Tabla N° 74: Costo por partida - Segundo relleno.....	162
Tabla N° 75: Costo por sub partida - Segundo relleno.	163
Tabla N° 76: Costo por sub partida - Relleno de ventanas.	163
Tabla N° 77: Resumen de costo – Partidas analizadas – Alcantarillado	164
Tabla N° 78: Mano de obra calificada.	165
Tabla N° 79: Equipos utilizados en el proceso de ejecución.	166
Tabla N° 80: Materiales utilizados en el proceso de ejecución.	167
Tabla N° 81: Resumen - Costo total.	167
Tabla N° 82: Mano de obra calificada.	169
Tabla N° 83: Equipos utilizados en el proceso de ejecución.	169
Tabla N° 84: Materiales utilizados en el proceso de ejecución.	170
Tabla N° 85: Costo total.....	171
Tabla N° 86: Costos de redes de alcantarillado de ambos métodos.....	172
Tabla N° 87: Impactos más significativos.	188
Tabla N° 88: Impactos más significativos	191
Tabla N° 89: Estándares de Calidad Ambiental para Ruido.....	195
Tabla N° 90: Estándares de Calidad Ambiental de Aire.....	195
Tabla N° 91: Estándares de Calidad Ambiental de Aire.....	195
Tabla N° 92: Monitoreo del Ruido Ambiental.....	199
Tabla N° 93: Equipos método de muestreo	201
Tabla N° 94: Concentración de Partículas PM-10	201
Tabla N° 95: Concentración Dióxido de Nitrógeno.....	202
Tabla N° 96: Concentraciones de Monóxido de Carbono.	203
Tabla N° 97: Concentraciones de Dióxido de Azufre.....	204

RESUMEN

El presente trabajo de investigación intitulado, Métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015, parte del problema general: ¿Cuáles son las ventajas de los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting para determinar su influencia en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015?; siendo el objetivo general; establecer las ventajas de los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting para determinar su influencia en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015. La hipótesis que debe verificarse es: las ventajas del método Pipe Bursting son mejores en cuanto a procesos constructivos, rendimientos, costos, calidad de tubería de polietileno e impactos ambientales y sociales en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.

El tipo de investigación es aplicada o tecnológica, el nivel de investigación es descriptivo - explicativo; y el diseño de investigación es no experimental. La población está conformada por juntas vecinales de la Provincia Mariscal Nieto y la muestra del estudio de la investigación es no probabilística de acuerdo al interés del investigador.

La principal conclusión de este estudio es que el Método Pipe Bursting, presenta mejores ventajas ante el método tradicional en cuando a procesos constructivos: por su orientación de apertura de ventanas, evitando gran movimiento de tierras y minimizando impactos

impactos ambientales y sociales; rendimientos: por la utilización de equipos que reemplaza el trabajo de horas hombre en la instalación de tuberías (fragmentación); calidad de la tubería de polietileno: porque permite ampliar el diámetro al momento de fragmentar, vida útil de 50 años; impactos ambientales y sociales porque existe diferencia entre la cantidad de movimiento de tierra que se extrae , evitando así polución sonora y ambiental y así evitando la incomodidad a la población.

Palabras claves: Método tradicional, método Pipe Bursting, obras de agua potable y alcantarillado.

ABSTRACT

The present research work, Traditional Methods vs Pipe Bursting in drinking water and sewerage works in urban areas of the Moquegua District, 2015, part of the general problem: What are the advantages of traditional methods vs Pipe Bursting construction works Of drinking water and sewerage in urban areas of the Moquegua District, 2015 ?; Being the general objective; To establish the advantages of the traditional methods of construction vs. Pipe Bursting to determine its influence on drinking water and sewage works in urban areas of the Moquegua District, 2015. The hypothesis to be verified is: the advantages of the Pipe Bursting method are better in As regards construction processes, yields, costs, quality of polyethylene pipes and environmental and social impacts on drinking water and sewerage works in urban areas of the Moquegua District, 2015.

The type of research is applied or technological, the level of Research is descriptive - explanatory - comparative; And the Design of research is experimental. The population is conformed by the Neighborhood Boards of the Mariscal Nieto Province and the study sample of the research is non-probabilistic and corresponds to the interest rate of the researcher

The main conclusion of this study is that the Pipe Bursting Method presents better advantages compared to the traditional method when in construction processes: due to its orientation of opening of windows, avoiding large movement of earth and minimizing environmental and social impacts; Yields: by the use of equipment that replaces the work of man hours in the installation of pipes (fragmentation); Quality of the polyethylene pipe: because it allows to expand the diameter at the moment of fragmenting, useful life of 50 years; Environmental and social impacts because there is a difference between the amount of earth movement that is extracted, thus avoiding noise and environmental pollution and thus avoiding discomfort to the population.

Keywords: Traditional method, Pipe Bursting method, works of drinking water and sewage.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad se busca cada vez más la manera de realizar obras de saneamiento causando el menor impacto posible al medio ambiente, reduciendo los costos y buscando una gran productividad en obra, para de esa manera, cumplir con los plazos propuestos con el menor costo posible, respetando el medio ambiente, y brindando una mejor calidad de servicio. Existen métodos constructivos que favorecen o agilizan dichos trabajos, como el más tradicional: Zanja Abierta, y el otro es relativamente nuevo en el Perú: Pipe Bursting (Fragmentación), métodos que en su aplicación permiten identificar ventajas y desventajas.

Según la Empresa Zinzatec Canalizaciones sin zanja (2009), el pipe bursting es un método sin zanja ecológico que sustituye las tuberías deterioradas fracturando y desplazando los fragmentos en el terreno circundante mientras de manera simultánea instala una nueva tubería en el espacio generado. La instalación de nuevas tuberías de polietileno o fundición de producción estándar del mismo o mayor diámetro es habitual en esta tecnología. Lo que indicaría que para las obras serían necesarias y ecológicamente importantes, por no generar mayor alteración al medio, además que se aproximar en relación a los costos y otros indicadores a racionalizar recursos.

En la Provincia Mariscal Nieto – Moquegua, se viene ejecutando la obra “Instalación y mejoramiento de los sistemas de agua potable, alcantarillado y almacenamientos II Etapa del Distrito de Moquegua, Provincia Mariscal Nieto - Moquegua”, donde se aplica los métodos constructivos: Tradicional y Pipe Bursting, dicha utilización técnica y operativa fue el insumo

más importante para la recopilación de los datos necesarios en la presente investigación, además de orientar la investigación hacia un estudio comparativo entre estos dos métodos, considerando las ventajas uno en relación al otro en base a indicadores como rendimiento, costos, calidad e impacto ambiental y social.

Además se debe de considerar que las obras de saneamiento en dicho espacio generan malestar al momento de ejecutarse por ser obras directas, por ello la inquietud e interés de buscar y determinar un método constructivo que genere el menor impacto posible al medio ambiente, reduciendo costos, aumentando la productividad en obra, y con el menor riesgo posible, de esa manera se logrará cumplir con los plazos propuestos. Son estas y otras las razones por el que se decide realizar, el estudio cuyo propósito fue investigar las ventajas de los métodos constructivos tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.

El presente estudio se estructuró en 06 capítulos.

En el primer capítulo se presenta el planteamiento del problema de la investigación, se analiza la realidad problemática, exponiendo la formulación del problema general, objetivo, la justificación de la investigación, así mismo las limitaciones y la viabilidad del estudio.

En el segundo capítulo se presenta el marco teórico donde se exponen las bases teóricas y se explica detalladamente todos los conceptos básicos de los métodos constructivos, así mismo el marco normativo y marco conceptual, formulación de hipótesis, variables y operación de variables.

En el tercer capítulo se presenta la metodología de investigación, considerando el diseño, tipo y nivel de investigación, también la población y muestra poblacional, técnicas de recolección de datos, técnicas para el procedimiento y análisis de la información y los aspectos éticos.

En el cuarto capítulo se presenta el análisis e interpretación de resultados de cada método y entre los dos métodos constructivos tradicional y pipe Bursting, donde las comparaciones se hacen en relación a las dimensiones propuestas y se determina las ventajas y desventajas de los mismos.

En el quinto capítulo se presenta la discusión de resultados, se presenta los fundamentos teóricos a partir de los antecedentes y los resultados empíricos para entender la comparación entre los métodos constructivos tradicional y pipe bursting, llegando a conocer cuál de los dos métodos tiene mayores ventajas y desventajas.

En el sexto capítulo se desarrolla las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

En la actualidad se busca cada vez más la manera de realizar obras de saneamiento causando el menor impacto posible, reduciendo los costos al máximo y buscando una gran productividad en obra, para de esa manera, cumplir con los plazos propuestos y minimizando riesgos en la construcción.

Según la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y la IbSTT la importancia del conocimiento de las tecnologías en particular, la tecnología Sin Zanja desde los ámbitos técnicos, económicos, medioambientales y sociales se orienta al desarrollo de un sector en auge e innovación incorporando elementos tecnológicos ecológicamente racionales y medioambientalmente sostenibles, con el fin de convertir nuestras ciudades en lugares más saludables y prósperos que proporcionen una buena calidad de vida a todos los ciudadanos, según IbSTT, 2014, (p.1).

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2013, p.6), en el Perú la mayoría de obras de saneamiento de agua potable y alcantarillado en las localidades urbanas superan los 60 años de antigüedad, al superar estos años las redes de agua potable y alcantarillado por diferentes factores como el crecimiento poblacional, la alta urbanización y el incremento del parque automotor, entre otros, han colapsado y esta ha

generado diferentes pérdidas a nivel económico, social e infraestructura; como por ejemplo en el Distrito de Moquegua, Provincia de Mariscal Nieto, su infraestructura está conformada por tuberías de asbesto cemento, pvc, fierro fundido, con diferentes diámetros y con una antigüedad aproximadamente de 30 años, según el estudio realizado por la Municipalidad Provincial Mariscal Nieto. Durante este tiempo estas tuberías sufren incrustaciones aumentando su rugosidad, reduciendo o incrementando su diámetro (por desgaste de la tubería), e incluso produciendo fatiga del material, los que ocasionan frecuentes interrupciones del servicio por roturas y/o pérdida de agua por grietas.

En general la factibilidad del servicio muchas veces está condicionada a la renovación de redes y al no conocer los métodos de renovación; lo más probable es que opten por la apertura de zanjas (método tradicional), que en zonas de alto tránsito genera un problema social debido a las condiciones limitativas del espacio existente, es por ello que ocasiona caos que afectan a los prestadores de servicios y terceros, ocasionando incrementos de reclamos operacionales y comerciales, que cada vez son más frecuentes en las obras, deterioro del medio ambiente durante la realización de los trabajos para restituir el servicio, malestar a las viviendas, centros comerciales, caos vehicular en la zona, por ello se tiene que cerrar el carril, además se tienen que crear rutas de desvío del tráfico, riesgo en la salud de la población, tanto directa como indirectamente afectada, deterioro de las vías públicas por la reposición parcial del pavimento (rígido, flexible, mixto), cuya reposición no siempre cumple las expectativas de las municipalidades, esto es ocasionado principalmente por parte del sector inmobiliario, también en ampliación de plazos por factores de clima que perjudican el rendimiento, a su vez generan mayores costos y el deterioro de la calidad del trabajo.

Existe la necesidad de conocer y establecer las ventajas y desventajas del método tradicional y de exponer y aplicar otros métodos que permitan satisfacer demandas y

expectativas en las obras de saneamiento realizadas por el estado en las localidades urbanas, por ello, la tecnología sin zanja se presenta como una alternativa viable, dentro del cual planteamos el método de Pipe Bursting para obtener y lograr una buena optimización en los resultados, desde el proceso constructivo como: costos, rendimientos, calidad de tubería de polietileno e impactos ambientales y sociales que se generan al realizar las obras de renovación de tuberías de agua y alcantarillado.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema General

¿Cuáles son las ventajas de los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting para determinar su influencia en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015?

1.2.2 Problemas Específicos

1. ¿Cuáles son los procesos de los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015?
2. ¿Cuáles son los rendimientos de los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015?
3. ¿Cuáles son los costos de los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015?

4. ¿Cómo es la calidad de la tubería de polietileno instalada con los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015?
5. ¿Qué impactos ambientales y sociales generan los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo General

Establecer las ventajas de los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting para determinar su influencia en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Describir los procesos de los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.
2. Estimar los rendimientos de los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.
3. Estimar los costos de los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.

4. Determinar la calidad de la tubería de polietileno instalada con los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.
5. Determinar los impactos ambientales y sociales generados por los métodos constructivos tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación Metodológica

El trabajo de investigación referida a los métodos de construcción tradicional y la tecnología sin zanja con el método de fragmentación en tuberías de agua potable y alcantarillado, permitirá exponer y utilizar el método de pipe Bursting en la ejecución de obras de saneamiento.

1.4.2 Justificación Práctica

A nivel práctico la investigación viene a presentar una oportunidad para obras de construcción en renovación de agua potable y alcantarillado, objeto de estudio, de abordar con detalle cuáles son los problemas que actualmente presentan las obras en la aplicación de los métodos tradicionales y de los factores v.s el método Pipe Bursting que han facilitado su utilización. Así mismo el aporte se encuentra en el hecho de que a través de su aplicación del método Pipe Bursting, se puedan abrir las posibilidades de mejoramiento de los procesos y procedimientos a comparación a los utilizados hasta ahora, además de la importancia del trabajo de investigación radica en poner en práctica los conocimientos adquiridos, en el proceso de investigación teórico - campo. El estudio se realizó buscando una comparación

entre “Métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015”, donde tomamos como muestra las siguientes calles y/o avenidas: para redes de agua potable la Av. Andrés Avelino Cáceres y Av. Balta y para Redes de Alcantarillado la Av. Andrés Avelino Cáceres y Ca. Andrés Avelino Cáceres.

En el proceso constructivo analizamos para ambos métodos, así mismo en agua potable y alcantarillado las actividades de rotura de pavimento, excavación de zanja y/o ventanas, tendido de tubería, relleno de zanjas y/o ventanas y finalmente la reposición de pavimentos. Para el rendimiento se determinó que la actividad principal es la excavación de zanja y/o ventanas ya que todas las demás dependían de esta. Por ejemplo la instalación de tuberías depende de la longitud excavada, es por ello que nuestro análisis de rendimiento se basa en tres actividades fundamentales, esto para alcantarillado, midiéndose ciclos y avances de la excavación de zanjas y/o ventanas, instalación de tuberías y relleno de zanjas, mientras que en agua potable también se analizan las mismas actividades sumándose una actividad que tiene mucha importancia como es la instalación de conexiones domiciliarias. Para determinar los costos en agua potable y alcantarillado se buscó diferentes tramos con las mismas características, donde se analizó por cantidad unitaria tanto en mano de obra, equipos y materiales, de igual manera en redes de alcantarillado.

1.4.3 Conveniencia

El trabajo de investigación es conveniente, en cuanto al propósito de la ingeniería en obras de saneamiento (uso de tecnologías alternas), académicas,

sociales y económicas, por servir en gran medida como alternativa para minimizar costos, tiempo e impactos

1.4.4 Relevancia Social

El trabajo de investigación contribuye de manera significativa, en el beneficio personal y social y a los profesionales de la ingeniería, siendo la alternativa más adecuada en la aplicación de obras de saneamiento.

1.5 Limitaciones

Las limitaciones que se encontró en el proyecto son las siguientes:

- Según la investigación realizada, el método Pipe Bursting se aplica solo para la renovación de tuberías.
- El método Pipe Bursting, usa exclusivamente tuberías de Polietileno.

1.6 Viabilidad del Estudio

El estudio realizado “Métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015”, es viable por haber tenido acceso a la obra, y así obtener datos reales para la realización de la tesis.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de Investigación

2.1.1 A Nivel Internacional

- **Viana, F. (2004)**, para optar el Título de Ing. Civil. Realizó la investigación: *“Técnicas de Construcción Fundamentadas en la Tecnología Sin Zanjas, “Universidad de San Carlos de Guatemala”, Guatemala”*. Las tecnologías sin zanjas es una práctica relativamente nueva de construir, con una aplicación que empieza a ser importante en los países desarrollados. Consiste en la instalación de líneas de tuberías para agua potable, alcantarillado, gas, además de ductos para cableado de luz, telecomunicaciones y televisión. También abarca técnicas de reparar, renovar, reemplazar y dar mantenimiento a la tubería existente que lo necesite, sin romper la superficie y levantar el terreno, únicamente donde sea estrictamente necesario o si el método lo requiere.

Para efectuar una nueva instalación existen diferentes técnicas, basadas generalmente en realizar una perforación guía, de un diámetro menor, para luego ensanchar dicho túnel piloto con un rimador que se conduce una o varias veces por él. También son consideradas las técnicas de mínima excavación tales

como el zanjeo estrecho, donde se realiza una zanja apenas más ancha al diámetro exterior del tubo a instalar, y perforación por surco.

Renovar, una sección de tubería, consiste básicamente en proveer un revestimiento o forro interno al tubo defectuoso.

- **Marin, P. (2004)**, para optar el Título de Ingeniera Civil. Realizó la investigación: *“Estudio de la factibilidad técnica y económica, del uso de nuevos sistemas de instalación y/o reemplazo de tuberías, sin excavación de zanjas, para conducciones de Agua, “Universidad Industrial de Santander”, Bucaramanga”*. El avance tecnológico ha permitido el surgimiento de nuevas técnicas que favorecen el trabajo subterráneo, conocidas como Tecnología Trenchless. Con este nombre se definen una serie de métodos de construcción que no requieren la excavación de zanja. Estos sistemas, se vienen ejecutando hace varios años en Estados Unidos y algunos países de Europa, con excelentes resultados, y su éxito radica en la eliminación de casi todos los problemas generados por la excavación, y el manejo de tierra en áreas urbanas.

En el mundo existe una gran variedad de técnicas sin zanja, aplicadas a la renovación, reemplazo e instalación de nuevas conducciones. Bajo este concepto, se realizó una clasificación general de los sistemas trenchless más utilizados, destacando en cada uno su funcionamiento básico, y las ventajas que produce. Considerando estos principios, y la factibilidad de empleo en el territorio nacional, se seleccionaron las técnicas más convenientes, y teniendo en cuenta algunos proyectos realizados, se evaluó económicamente la aplicación de estos sistemas, frente al método convencional de corte abierto de zanja. En el desarrollo de esta investigación, se logró determinar la existencia de las

organizaciones internacionales dedicadas a esta tecnología, y las empresas proveedoras de equipos y herramientas trenchless.

- **Arriagada, F. (2005)**, para optar el Título de Ingeniero Constructor. Realizó la investigación: *“Renovación de Tuberías de Alcantarillado mediante Sistema de Fragmentación Neumática o Cracking*, “Universidad Austral de Chile”, Chile”. Cracking, es la técnica de renovar tuberías in situ o sin zanja, cuando la tubería madre o anfitriona está dañada y se quiere evitar grandes movimientos de tierra, minimizando la ruptura de hormigón, asfalto o algún material granular a lo largo del tendido, aumentando el diámetro de la tubería existente y conservando su pendiente.

La utilización de esta tecnología permite ejecutar obras en zonas urbanas densamente pobladas, por ende con un gran tránsito vehicular en donde el impacto ambiental al hacerlo mediante esta tecnología, se reduce al mínimo.

- **Catálan, M. y Morales, F. (2006)**, para optar el Título de Ing. de Ejecución en Geomensura. Realizó la investigación: *“Estudio de un Proyecto de Agua Potable, caso Aplicación Conjunto Habitacional Santa María de Maipú*, “Universidad de Santiago de Chile”, Chile”. El presente documento, Estudio de un Proyecto de Agua Potable, Caso Aplicación Conjunto Habitacional Santa María de Maipú, es una herramienta técnica de apoyo para la elaboración de proyectos de agua potable en zonas urbanas, pues se menciona que debe contener la factibilidad del proyecto, la memoria explicativa, las especificaciones técnicas especiales, el presupuesto y planos. Se confeccionó un software de cálculo, el que se presenta como una herramienta referencial para una evaluación preliminar, considerando valores permisibles según la Normativa Chilena y los recomendados por los fabricantes de tuberías, se realizó tanto para el Poli Cloruro de Vinilo (PVC),

como para el Polietileno de Alta Densidad (HDPE). Lo anterior para verificar el diseño hidráulico y estructural de un determinado proyecto. Realizando una comparación entre los materiales PVC y HDPE, el resultado otorga la posibilidad de evaluar la alternativa más favorable para la elección del material a utilizar en el proyecto de agua potable, considerando aspectos técnicos y económicos, de tal forma que esta solución beneficie a la población a largo plazo.

- **Pérez, E. (2008)**, en su libro titulado: *“Reposición de Tuberías y Redes Hidráulicas por el Método de Estallamiento, “México”, Tijuana”*. Tecnología casi sin abrir zanja: (TRENCHLESS TECHNOLOGY), es el término usado para definir la ingeniería aplicada casi sin abrir zanja y abarca una serie de ingenierías y tecnologías diversas para rehabilitar e instalar tuberías en los suelos y líneas antiguas diversas; esta ingeniería nos ofrece una nueva manera de trabajar en obras hidráulicas para rehabilitar líneas obsoletas que transportan diferentes fluidos, la renovación de tuberías por la metodología de estallamiento es la ingeniería adecuada para renovar líneas sin abrir zanja solo ventanas, además que ofrece bondades inigualables como: no abrir casi zanja hasta en un 95%, no altera la dinámica citadina ni la detiene, el costo es menor que a zanja abierta, es rápida de instalar, el material utilizado como Polietileno de alta densidad, PVC, es resistente y su vida útil está garantizado para 50 años y su durabilidad es para más años, en países donde no se da el mantenimiento de manera adecuada y donde se dejan sus antiguas líneas llegar al 100% de su vida útil son altamente recomendables ya que se pueden instalar aun con un buen grado de sedimentos y con tuberías colapsadas. La capacidad de conducción de líquidos de esta tubería es más elevada que una del mismo diámetro de concreto, asbesto cemento o barro, es decir con el mismo diámetro de renovación se tiene 15 % más de capacidad de

conducción. La resistencia de carga y de tensión es mucho mayor que las otras tuberías, es más flexible y permite ser utilizada casi en todas las necesidades, como en agua potable, drenaje, gas, agua pluvial, combustóleo, y algunas otras situaciones. Por esto la renovación con tuberías de polietileno de alta densidad por el método de estallamiento se convierte en el primer método para renovación de líneas obsoletas.

- **Comisión Nacional del Agua (2009)**, “*Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. México”. Que se refiere a incrementar la cobertura de servicios de Agua Potable y Saneamiento del País, así como apoyar el Programa Nacional Hídrico 2007-2012, de incrementar el acceso y calidad de los servicios de agua potable, alcantarillado y saneamiento, con sus líneas estratégicas de incrementar el número de habitantes con servicios de agua potable y alcantarillado en comunidades rurales y urbanas, induciendo la sostenibilidad de los servicios a las poblaciones, la CONAGUA en apoyo a los organismos operadores de agua potable, alcantarillado y saneamiento actualiza diferentes aspectos del Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento (MAPAS) con el propósito de brindar el servicio a los ingenieros, técnicos y operadores responsables del diseño, construcción, operación y mantenimiento de los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento.
- **Forno, J. (2010)**, para optar el Título de Ingeniero Civil. Realizó la Investigación: “*Impacto de la utilización de nuevas tecnologías y materiales en los plazos y costos de Construcción* “Universidad de Chile”, Chile”. El continuo desarrollo de nueva infraestructura, una creciente conciencia social y la economía mundial han forzado el desarrollo de tecnologías más eficientes y rentables para la construcción, mantenimiento, reparación y renovación de obras civiles en el

mundo. Este desarrollo se ha llevado a cabo en todos los ámbitos, tanto en materiales, equipamiento y software computacionales de administración. Es por esto que el presente trabajo de título presenta algunas de las nuevas tecnologías disponibles que, presumiblemente, generarán un gran impacto en los rendimientos, capacidades productivas, reducciones de espacios y costos de las obras.

Por otro lado se pretende introducir tecnologías “Trenchless” o sin zanja en español, equipos que permiten realizar obras de cableado y Piping sin la necesidad de excavar grandes zanjas, reduciendo el tiempo de instalación, las obras de reconstrucción y la utilización de espacios.

- **Empresa Zinzatec Canalizaciones sin zanja (2009)**, *“Tecnología sin zanja. El enfoque más sostenible para renovar redes urbanas (1º parte)”*. El Sliplining y el Pipe Bursting son los dos sistemas de renovación de redes de abastecimiento y saneamiento sin zanja más utilizados. Ambas tecnologías utilizan como material preferente para la nueva tubería el polietileno de alta densidad PEAD, por sus características de flexibilidad, facilidad de manipulación, y ser uno de los materiales más utilizados en la construcción de redes de servicios.

En general, las tecnologías sin zanja pueden ser aplicadas desde accesos existentes en las conducciones (como pozos de registro), o bien a través de pequeñas catas de inserción, en vez de tener que excavar toda la longitud de la tubería.

Como estas técnicas de sustitución de tuberías no requieren grandes excavaciones, suponen un método para renovar tuberías defectuosas con menos afecciones, menor impacto económico, mínimos costes sociales y afecciones

medio ambientales y requieren menos trabajos de reposición que la tradicional apertura de zanja.

- **Universidad Politécnica de Madrid y la Asociación Ibérica de Tecnología sin zanja, organizan, (2014), “1^{er} Congreso de Tecnologías Sin Zanja- Tecnologías No Dig –Trenchless Technology, España.”** El objetivo de este Congreso es poner de manifiesto la importancia del conocimiento de las tecnologías sin zanja desde los ámbitos técnicos, económicos, medioambientales y sociales y la implicación de los Ingenieros Industriales en el desarrollo de un sector en auge e innovador que incorpora tecnologías ecológicamente racionales y medioambientalmente sostenibles, con el fin de convertir nuestras ciudades en lugares más saludables, prósperos y sostenibles, que proporcionen una buena calidad de vida a todos los ciudadanos. Los ingenieros industriales presentes en casi todos los campos tecnológicos han jugado y juegan un importante papel como gestores de las principales empresas y Administraciones Públicas de nuestro país.
- **IbSTT es la Asociación Ibérica de Tecnología Sin Zanja, “Declaración de Identidad Misión, Objetivos, Visión. Madrid”.** Promueve el desarrollo sostenible de las ciudades aplicando Tecnologías SIN Zanja, Tecnologías No Dig, Trenchless Technology en beneficio de los ciudadanos y el medio ambiente como eje estratégico en el desarrollo sostenible de las smart cities o ciudades inteligentes. Pretende dar un paso más en la apuesta clara por convertir nuestras ciudades en lugares más saludables, prósperos y sostenibles, que proporcionen una buena calidad de vida a todos los ciudadanos mediante el conocimiento y aplicación de las nuevas Tecnologías en el ámbito de la Innovación y la Sostenibilidad.

- **Minguéz, F. (2015)**, para optar la Maestría en Ingeniería de las Estructuras, Cimentaciones y Materiales. Realizó la Investigación: “*Métodos de excavación sin zanja*”. Las primeras perforaciones datan de principios de siglo en Estados Unidos y dadas por la necesidad de realizar instalaciones de tuberías bajo infraestructuras ya acondicionadas (vías ferroviarias, carreteras,...), o de salvar barreras geomorfológicas. Fue a partir de 1950 cuando se difundió su uso, siendo hoy en día una práctica generalizada en toda Europa.

La demanda de la instalación de nuevos sistemas de servicios públicos subterráneos en áreas congestionadas con líneas de servicios públicos existentes ha aumentado la necesidad de sistemas innovadores y económicos para ir por debajo y al lado de las instalaciones ya existentes en el lugar. Las preocupaciones ambientales, los costos sociales (indirectos), y nuevos desarrollos en los equipos han aumentado la demanda de este tipo de tecnologías.

Las tecnologías sin zanja o abreviado en el inglés como TT (Trenchless Technologies), representan un conjunto de procedimientos cuya finalidad es construir, reemplazar o reparar todo tipo de tuberías de pequeño diámetro (menor 3 - 4 metros en algunos casos): alcantarillados, acueductos, redes eléctricas, de comunicaciones, redes de gas natural, entre otras. Como su nombre indica, este tipo de procedimientos tiene como finalidad la construcción o instalación de dichos conductos sin recurrir a zanjas; sin embargo, normalmente es necesaria la excavación de un foso de entrada y un foso de salida para la colocación de los equipos a utilizar. El perfeccionamiento de esta tecnología, abarataría de manera ostensible los costos de construcción y disminuiría en forma significativa los tiempos y movimientos de tierras.

Además de enfocado a este tipo de conducciones, en el presente estudio se tratarán aquellas excavaciones que utilizando estos métodos y los avances que hoy día nos ofrece la tecnología, han conseguido realizar construcciones de envergaduras de tamaño túnel, llegándose en la actualidad a utilizarse incluso para túneles ferroviarios, caso de una empresa española.

Este tipo de tecnologías se han convertido en las más utilizadas en E.E.U.U. para la instalación o renovación de sistemas de servicios públicos subterráneos, cruce de carreteras, etc. En los últimos años, ha habido un notable progreso en el desarrollo de nuevos equipos y métodos de la tecnología sin zanjas y se han producido mejoras en la capacidad y fuerzas de empuje de los gastos usados, mayores longitudes, mejoras en los sistemas de dirección y seguimiento, la disponibilidad de nuevas y deferentes tipos de tubería y otros avances.

2.1.2 A Nivel Nacional

- **Rodríguez, R. (2007)**, para optar el Título de Ingeniero Civil. Realizó la siguiente investigación: “*Obras de Desagüe Urbanas – Pipe Jacking v.s Zanja Abierta*” “Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)”, Lima”, con la investigación: Comparación en el análisis comparativo en costos, plazo y calidad del nuevo método en obras de desagüe, Pipe Jacking, con el método tradicional de zanja abierta con uso de entibados y en zonas urbanas. La investigación buscaba demostrar que la utilización del Pipe Jacking proporciona una reducción en sus costos, mejor calidad y mayor rendimiento.
- **Salinas, M. (2008)**, libro **5TA Edición Editorial ICG** “*Costos y presupuestos de Obra*”, *Metrados (Costo directo, costo indirecto, presupuesto de obra, polinómicas)*.

- **Empresa prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A. - EPS Chavín en convenio con los Gobiernos Locales Municipalidad Provincial de Huaraz, (2013)**, realizó el proyecto: *“Renovación de redes secundarias del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Huaraz – Ancash”*. El objetivo que persigue el proyecto es: Dotar de Agua Potable a la población en condiciones óptimas de calidad, continuidad y cantidad, garantizando un buen servicio, reducir las pérdidas de agua no contabilizada, mejorar la eficiencia operativa del sistema de distribución de agua potable, renovar las redes secundarias de agua potable, desutilizando totalmente las tuberías de asbesto cemento y fierro fundido existentes y reconectar totalmente a la red a los usuarios del sistema de agua potable del sector.

- **Fabian, C. y Sandoval, O. (2013)**, para optar el Título de Ingeniero Sanitario. Realizó la Investigación: *“Análisis Comparativo Técnico – Económico entre el Sistema Convencional (Tuberías Pvc) y el Sistema De Termofusión (Tuberías De Polipropileno) en Instalaciones Interiores de Agua Potable para Edificaciones en la Región de Lima “Universidad de Ingeniería”, Lima”*. La presente tesis se encarga de comparar el sistema convencional PVC con el nuevo sistema, en el medio peruano, basado en polipropileno; esto debido al mayor crecimiento del sector construcción sobre todo en el sector inmobiliario.

El objetivo principal es determinar qué sistema ofrece mayores ventajas técnicas y económicas, entre los sistemas por termofusión versus el sistema convencional; así mismo cual sistema reduce el tiempo en el que se realizan las instalaciones sanitarias.

Se ha realizado investigaciones sobre el polipropileno pero ninguna en el Perú, una de estas investigaciones fueron realizadas en Chile donde se menciona el material como una nueva tecnología.

La justificación de este proyecto es dar una mayor visión sobre las nuevas tecnologías en el país, estableciendo pautas sobre especificaciones técnicas y procedimientos de instalación; considerando la creciente acogida de las tuberías de polipropileno en el mercado peruano, específicamente en el sector de construcción inmobiliaria.

A medida que se desarrolla la tesis se observa las características del material así como sus ventajas y desventajas, de la misma manera se realiza la comparación técnica con respecto al sistema convencional, comprobándose que llega a funcionar tan bien como el PVC, así mismo se realiza pruebas de laboratorio para comparar las pérdidas de carga en el PVC con respecto al polipropileno, comprobándose que las tuberías con diámetros menores si bien presentan diferencias con respecto al PVC no son considerables, de la misma forma se analiza las pérdidas de carga en los accesorios, de esta forma se llega a la conclusión de que el sistema es viable para la elaboración de proyectos.

- **Municipalidad Provincial Mariscal Nieto en convenio con la Empresa Souther Perú Cooper Corporation (2014)**, realizó el proyecto: *“Instalación y Mejoramiento de los Sistemas de Agua Potable, Alcantarillado y Almacenamiento II Etapa, en el Distrito de Moquegua, Provincia de Mariscal Nieto - Moquegua”*. El objetivo que persigue el Proyecto es dotar a la ciudad de Moquegua, con un sistema de agua potable y alcantarillado, que permita cubrir la demanda existente y futura de la población así como contribuir a ampliar la

cobertura y mejorar la calidad y sostenibilidad de los servicios de agua potable, alcantarillado.

- **Ojeda, J. (2015)**, para optar el Título de Ingeniero Civil. Realizó la siguiente investigación: “*Análisis comparativo entre el método Pipe Bursting y el método tradicional en la renovación de tuberías de desagüe* “Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)”, Lima”, con la investigación: En la presente tesis se desarrolla un comparación entre dos metodologías de renovación de tuberías de desagüe, el Pipe Bursting y el método tradicional. El primero pertenece al grupo de tecnologías sin zanja y el segundo es el método a zanja abierta, el cual siempre se ha empleado en este tipo de trabajos. Para ello, en el primer capítulo se dará a conocer las características del Pipe Bursting y de las tuberías de polietileno, las cuales se emplean en este método, en el segundo se explicara el procedimiento constructivo de ambos métodos, en el tercero se analizaran el costo directo por metro lineal de tubería renovada para ambos casos y por último se explicara el costo social que tienen ambas metodologías.
- **ECSA, Ingeniería Hidráulica S.A.** Titulada: “*Tuberías de HDPE*”. Este perfil de propiedades físicas típicas destaca una caracterización básica del material. No se intenta una representación de determinaciones específicas o de especificaciones. Los valores de las propiedades físicas relatadas fueron determinadas utilizando especímenes moldeados por compresión y preparadas en conformidad con el procedimiento C de ASTM D1982. Estos valores pueden ser distintos a los valores de muestras sacadas de tubos.
- **CIDELSA**, Titulada: “*Tuberías de HDPE*”. Las propiedades y rendimientos de los sistemas de tuberías de HDPE, son determinados por las propiedades del

mismo material. El libro contiene la materia prima, las especificaciones técnicas, características, aplicaciones y dimensiones.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Métodos Constructivos

Los métodos constructivos para obras de saneamiento en agua potable y alcantarillado son: instalación y renovación de tuberías.

En esta tesis nos enfocaremos directamente a la renovación de tuberías de agua potable y alcantarillado.

2.2.2 Renovación de Tuberías

Se entiende por renovación de tuberías a la reparación de una tubería averiada, de forma que vuelva a tener las características necesarias para cumplir adecuadamente con su función en condiciones similares o como lo hacía antes de producirse la avería.

Al ejecutar una red se pueden presentar anomalías tales como falta de estanqueidad en las juntas o en los buzones, fisuras, grietas, roturas e incrustaciones, que pueden obligar a su reparación.

Durante la fase de operación de las tuberías también pueden darse circunstancias que averían los tubos u otros elementos de la tubería, impidiendo que esta cumpla con su función, siendo preciso proceder a su reparación para recuperar su funcionalidad.

- Métodos de Renovación

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2013, p.35), los métodos que pueden ser utilizados para la renovación de tuberías pueden dividirse en:

Gráfico N° 1: Métodos de renovación.

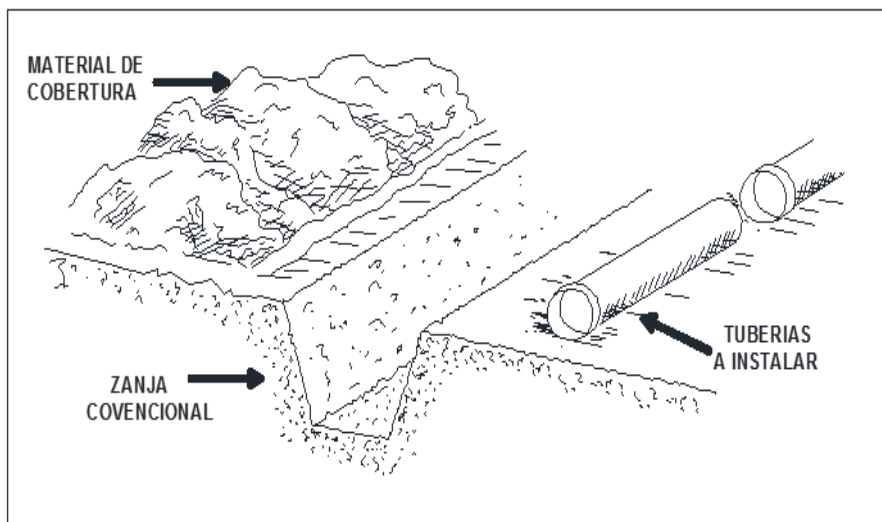


Fuente. Propia (2015)

A) Método tradicional (Zanja abierta)

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2013, p.36), el método tradicional (zanja abierta), es una técnica universalmente que permite instalar tuberías de cualquier diámetro, excavando una zanja que lo albergue y se aplica en cualquier condición de terreno.

Figura N° 1: Excavación de zanjas.



Fuente. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2013)

B) Método de Pipe Bursting

Según la Empresa Zinzatec Canalizaciones sin zanja (2009), el Pipe Bursting es un método sin zanja ecológico que sustituye las tuberías

deterioradas fracturando y desplazando los fragmentos en el terreno circundante mientras de manera simultánea instala una nueva tubería en el espacio generado. La instalación de nuevas tuberías de polietileno o fundición de producción estándar del mismo o mayor diámetro es habitual en esta tecnología.

Según Mínguez, F. (2015, p.6-7), es un método sin zanja ecológico, la fractura de tuberías por tiro con barras, o “reventamiento” de las tuberías, (Pipe Bursting), consiste en la instalación de una tubería nueva en el espacio ocupado por el tubo antiguo, el cual se destruye previamente e incorpora al suelo circundante. Es una tecnología sin zanja (Trenchless) recomendada para la sustitución de líneas de agua potable, alcantarillado, gas en suelos sensibles, donde existen otras canalizaciones subterráneas o edificios cercanos. Este método se utiliza para reemplazar tuberías de asbesto cemento, fierro fundido y galvanizado, en diámetros superiores a 2 pulgadas.

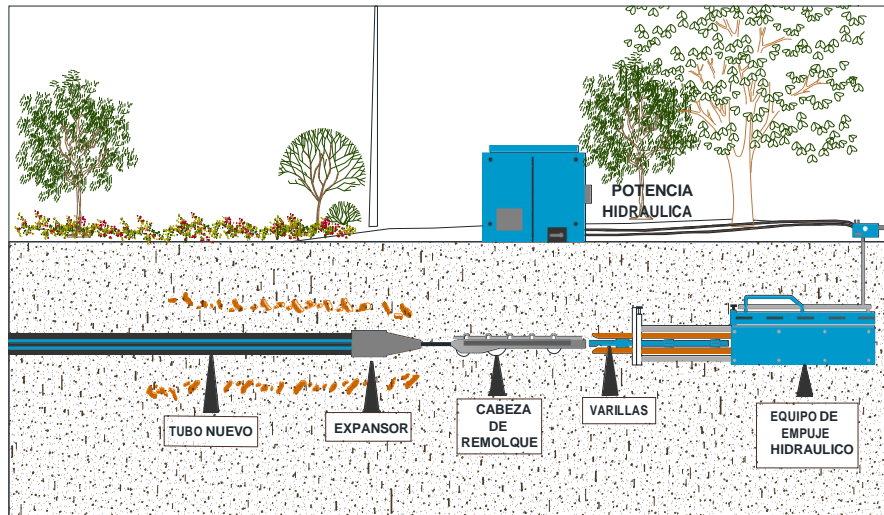
Según Arriagada, F. (2005, p.12), es un método de renovación de tuberías, sin necesidad de retirar la tubería antigua, para evitar grandes movimientos de tierra, minimizando la ruptura de diversos tipos de pavimentos o algún material granular a lo largo del tendido, aumentando el diámetro de la tubería existente y conservando su pendiente.

La utilización de esta tecnología sin zanja permite ejecutar obras en zonas urbanas densamente pobladas, por ende con un gran tránsito vehicular en donde el impacto ambiental al hacerlo mediante esta tecnología, se reduce al mínimo.

Este sistema permite renovar por ejemplo una cuadra más o menos 120 ml., de tubería en mal estado y ya colapsada por una nueva tubería de HDPE

en 12 horas, manteniendo el tránsito vehicular y peatonal sin mayores alteraciones, evitando daños a otros servicios, como agua potable, alcantarillado, gas, telecomunicaciones, etc.

Figura N° 2: Procedimiento constructivo del método de Pipe Bursting.

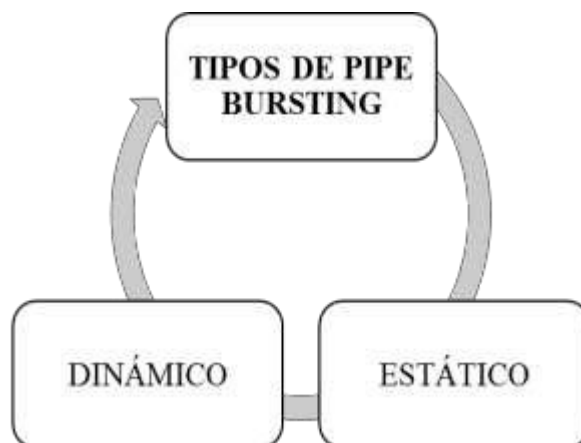


Fuente. Arriagada, F. (2005)

B.1 Tipos de Pipe Bursting

El método de fragmentación se clasifica principalmente en dos tipos: estático y dinámico.

Gráfico N° 2: Tipos de Pipe Bursting.



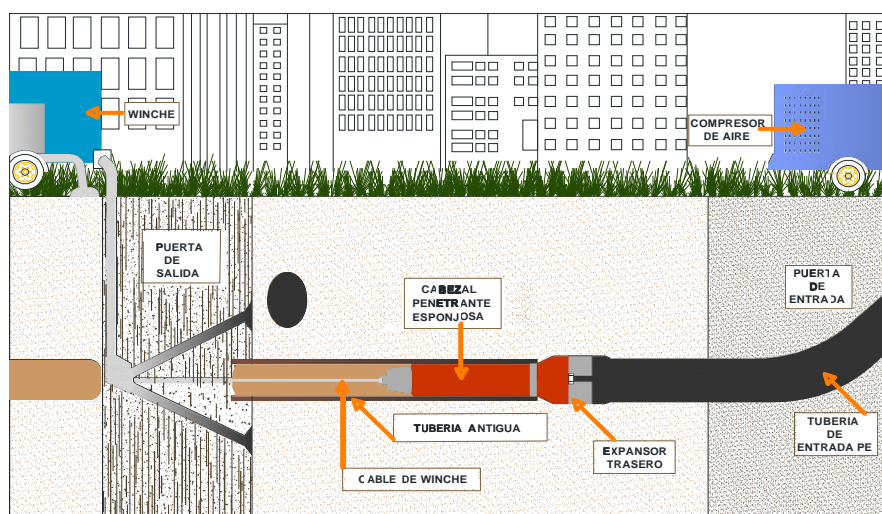
Fuente. Propia (2015)

- Pipe Bursting Dinámico

Según, Forno J. (2010, p.11), Este método es solamente utilizado en redes de alcantarillado.

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

Figura N° 3: Esquema de renovación por Pipe Bursting dinámico.



Fuente. Forno M. (2010)

Equipos y Maquinarias

01 Cabezal penetrante expansora o cabeza penetrada, cuerpo expansora.

01 Martinete.

01 Winche.

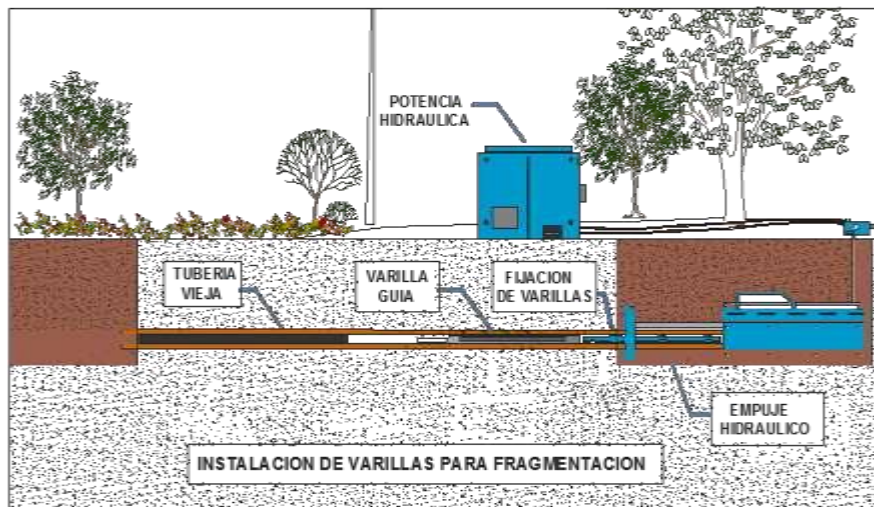
01 Compresor de Aire.

- Pipe Bursting Estático

Según Forno, J. (2010, p.12). A diferencia del Método de Pipe Bursting Dinámico, este sistema es aplicado tanto para redes de agua potable y alcantarillado.

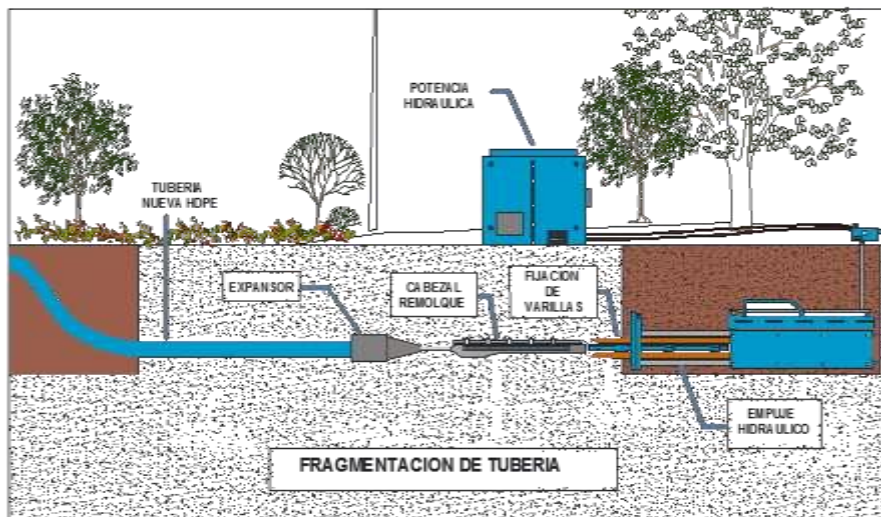
En el método Pipe Bursting estático, se utiliza un equipo de empuje hidráulico, instalado dentro del área de trabajo por debajo del nivel de instalación de la tubería. Este equipo es alimentado por una unidad de potencia hidráulica que está instalada al nivel de la vía. Con este método se requiere construir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

Figura N° 4: Esquema de renovación por el método estático – Instalación de equipos.



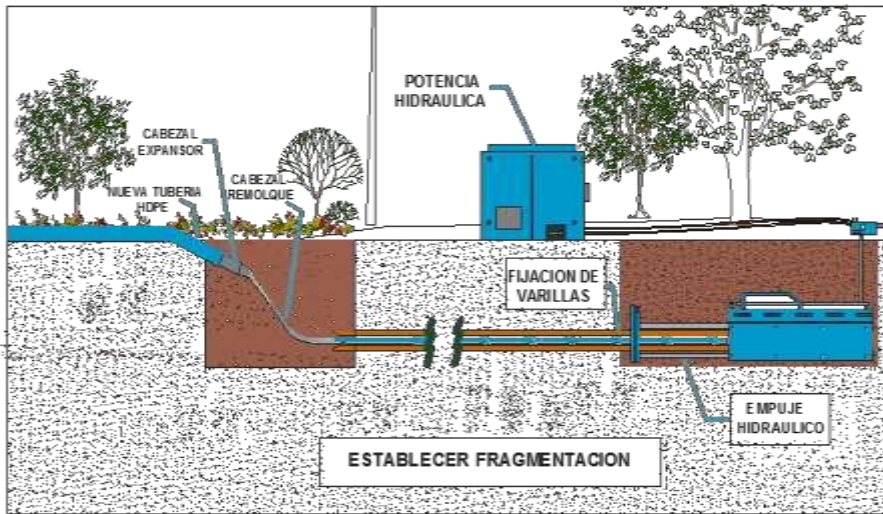
Fuente. Arriagada F. (2005)

Figura N° 5: Esquema de renovación por el método estático – Unión con el expansor - tubería.



Fuente. Arriagada F. (2005)

Figura N° 6: Esquema de renovación por el método estático- reemplazo.



Fuente. Arriagada F. (2005)

Equipos y maquinarias

Arriagada, F. (2005, p.21-22), los equipos están teniendo un enorme impacto, en la renovación del agua potable, alcantarillado y del gas por su gran alcance y capacidad de reemplazar, destruir tuberías de hierro o acero, la flexibilidad y su fácil manipulación.

Figura N° 7: Equipos – Pipe Bursting estático.




Fuente. Pagina Web. Scandinavian




- 01 Marco de Extensión.
- 02 Pipe Burster (Equipo Fragmentador)
- 03 Cabezal Fragmentador.
- 04 Cabeza de Remolque.
- 05 Energía Hidráulica.
- 06 Varillas.

a) Modelos de equipos de Pipe Bursting
- Equipos fragmentador

Cuadro N° 1: Modelos de Equipos - Scandinavian

PIPE BURSTING						
DESCRIPCIÓN	T45	T70	T85	T125	T175	T400
TIRADO DE PODER	45 TN.MET.	70 TN.MET	85 TN.MET	125 TN.MET	175 TN.MET	400 TN.MET
REPLAZO	Ø40 - Ø250	Ø40 - Ø315	Ø75 - Ø400	Ø100 - Ø500	Ø100 - Ø710	Ø200 - Ø1500
LARGO	1.90mt.	2.35	1.88	3.2	2	3.5
ANCHO	0.25mt.	0.4	0.73	60	0.82	1.4
ALTURA	0.75mt.	0.9	1.2	1.2	1.3	200
PESO	550kg.	1.4 TN	3.2TN	4.0TN	3.4TN	12TN

Fuente. Pagina Web. Scandinavian

- Cabezal fragmentador

Cuadro N° 2: Tipos de cabezales para la fragmentación.

CABEZAL - PIPE BURTING		
LA CABEZA HUECA ESTALLIDO	LA CABEZA DE CORTE DE UNA SOLA HOJA	LA CABEZA DE CORTE DE TRES PALAS
Centrada disponible en todos los tamaños estándar de Ø90 mm en adelante.	Es una cabeza estallido excéntrico hueco disponible en todos los tamaños estándar de Ø 63 mm en adelante.	Es una cabeza hueca estallido centrada disponible en todos los tamaños estándar de Ø 63 mm en adelante.
Se utiliza en donde la tubería existente es de: hormigón, amianto u otros materiales frágiles.	Se utiliza en donde la tubería existente es de: acero, hierro fundido, hierro dúctil o concreto re forzada.	Se utiliza en donde el tubo existente está hecho de: material de HDPE o material PVC.
		

Fuente: Pagina Web. Scandinavian

- **Cabezal de remolque**

Cuadro N° 3: Cabezal de remolque.

CABEZA DE REMOLQUE
El jefe de remolque es un producto estándar disponible en tamaños de Ø 20 mm. y arriba. Los conjuntos de agarre en la cabeza se pueden cambiar fácilmente para adaptarse a toda tubería


Fuente. Pagina Web. Scandinavian

- **Energía hidráulica**

Cuadro N° 4: Tipos de energías hidráulicas.

ENERGÍA HIDRÁULICA						
DESCRIPCIÓN	T45	T70	T85	T125	T225	T400
LARGO (mst)	1.50	1.50	2.10	2.10	2.10	3.30
ANCHO (mts)	0.95	0.95	1.35	1.35	1.35	1.70
ALTURA (mts)	0.98	0.98	1.25	1.25	1.25	1.87
PESO (kg)	550	550	1450	1450	1450	3500
OP. PRESION (bar/psi)	250 3625	250 3625	250 3625	250 3625	250 3625	250 3625
ESPECIFICACIONES DEL MOTOR	3 cyl 25 bhp vol 1.0 ltr diesel	3 cyl 25 bhp vol 1.0 ltr diesel	4 cyl 68 bhp vol 3.3 ltr diesel	4 cyl 68 bhp vol 3.3 ltr diesel	4 cyl 68 bhp vol 3.3 ltr diesel	6 cyl 178 bhp vol 6.6 ltr diesel

Fuente. Pagina Web. Scandinavian

- **Varillas**

Cuadro N° 5: Especificaciones de varillas de acero.

ESPECIFICACIONES VARILLAS DE ACERO	
Ø 35 mm x 1.00 mt	7 kg
Ø 45 mm x 1.00 mt	12 kg
Ø 50 mm x 1.00 mt	15 kg
Ø 60 mm x 1.00 mt	22 kg
Ø 70 mm x 1.00 mt	27 kg
Ø 128 mm x 1.00 mt	144 kg

Fuente. Pagina Web. Scandinavian

2.2.3 Tuberías de polietileno (PE)

Según Catálan, M. y Morales, F. (2006, p.60), la industria de materiales plásticos se ha desarrollado por alrededor de 100 años, sin embargo el polietileno (PE) fue descubierto a fines de los 30. Los primeros PE eran de baja densidad y se utilizaron principalmente como conductores de cables. El desarrollo de nuevos materiales y técnicas permitió obtener el HDPE, que debido a su alta densidad le proporciona una mayor rigidez y resistencia a la tensión. Los polietilenos de alta densidad, utilizados hoy día en sistemas hidráulicos de agua potable, fueron desarrollados en los años 50 y se les denomina PE 100 obteniéndose un ahorro en el espesor de pared de las tuberías en aproximadamente 35% comparado con una tubería de HDPE tradicional.

Figura N° 8: Tubería HDPE de Ø160mm.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

- Tipos de tuberías HDPE

Según Marín P (2004, p.105), El polietileno se puede clasificar de manera general por tres tipos de acuerdo a su densidad:

- Polietileno de baja densidad.
- Polietileno de mediana densidad.

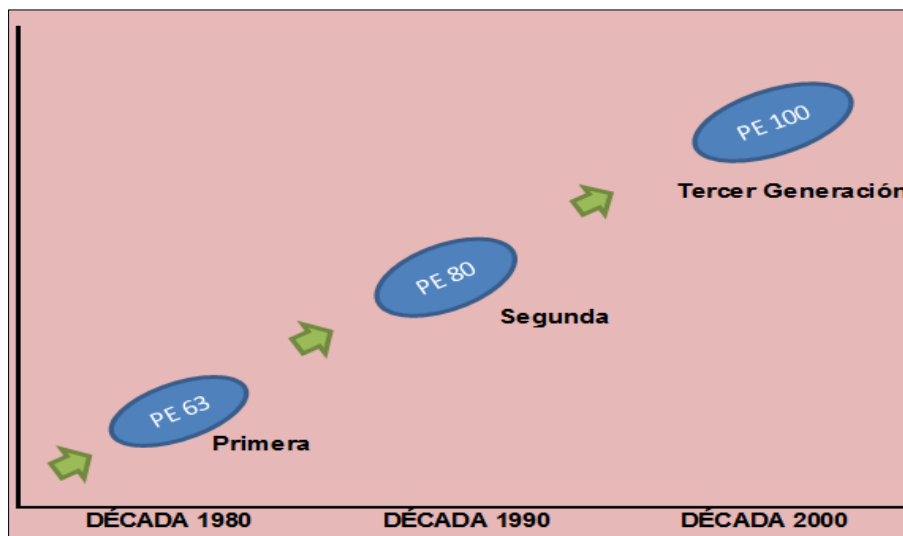
- Polietileno de alta densidad.

El polietileno de baja densidad se obtiene por polimerización del etileno a altas presiones. Es un polímero con una densidad comprendida entre 0.91 y 0.93 g/cm³. Las tuberías PE 63 son de polietileno de baja densidad.

El polietileno de mediana densidad, es un polímero con densidad comprendida entre 0.93 y 0.95 g/cm³. Las tuberías PE 80 son de polietileno de mediana densidad.

El polietileno de alta densidad se obtiene por polimerización del etileno a bajas presiones. Es un polímero con una densidad mayor a 0.95 g/cm³. Las tuberías de PE 100 son de polietileno de alta densidad, llamadas también HDPE (high density polyethylene) o PEAD (polietileno de alta densidad).

Figura N° 9: Tipos de polietileno.



Fuente. Sin autor (Cambio de tuberías sin zanja)

- **Resistencia química del HDPE**

Según Catálan, M. y Morales, F. (2006, p.60), las tuberías de HDPE son químicamente inertes, pues existe un reducido número de fuertes productos químicos que podrían afectarlas. Los químicos naturales del suelo no suelen causarles degradación de ninguna forma. El HDPE no es conductor eléctrico, por

lo cual no son afectadas por la oxidación o corrosión por acción electrolítica. No permiten el crecimiento, ni son afectadas por algas, bacterias u hongos y son resistentes al ataque biológico marino.

- **Características de la tubería de HDPE**

Según Catálan, M. y Morales, F. (2006, p.61-62). Entre las principales y únicas características de este material se destacan las siguientes:

a) Servicio a largo plazo

La vida útil estimada tradicionalmente para las tuberías de HDPE es superior a 50 años para el transporte de agua a temperatura ambiente (20°C). Para cada aplicación en particular, las condiciones de operaciones internas y externas pueden alterar la vida útil o cambiar la base de diseño recomendada para alcanzar la misma vida útil.

b) Bajo peso

Las tuberías de HDPE pesan considerablemente menos que la mayoría de las tuberías de materiales tradicionales. Su gravedad específica es 0,950, flotan en agua. Son 70-90% más livianas que el concreto, fierro o acero, haciendo más fácil su manejo e instalación, obteniendo importantes ahorros en mano de obra y requerimiento de equipos y adhesivos.

c) Resistencia y flexibilidad

Permiten a la tubería absorber sobrepresiones, vibraciones y tensiones causadas por movimientos del terreno. Pueden deformarse sin daño permanente y sin perjudicar el servicio a largo plazo.

d) Estabilidad a la intemperie

Según Arriagada, F. (2005, p.30). Las tuberías de HDPE están protegidas contra la degradación que causan los rayos UV al ser expuestos a la luz

directa del sol, ya que contienen un porcentaje de negro de humo, que además, le otorga el color a estas tuberías. El negro de humo es el aditivo más efectivo, capaz de aumentar las características de estabilidad a la intemperie de los materiales plásticos. La protección, que incluso niveles relativamente bajos de negro de humo imparten a los plásticos, es tan grande que no es necesario usar otros estabilizadores de luz o absorbentes UV.

Si el negro de humo no es correctamente dispersado, algunas áreas permanecerán desprotegidas contra la exposición ambiental, convirtiéndose en puntos débiles donde el material se degradará más rápidamente. En estas áreas el material se torna frágil y podría ser el punto de partida para una falla. Por tanto, es vital lograr una buena dispersión para una protección homogénea, lo cual se asegura cuando el negro de humo es adicionado en equipos apropiados para tal efecto.

e) Suministro

Según Arriagada, F. (2005, p.31), las tuberías de HDPE, se pueden suministrar en rollos o en tiras dependiendo del diámetro y espesor de la pared de la tubería, de las características y/o necesidades de instalación y del transporte.

f) Rollos

Este sistema de transporte ofrece una gran ventaja, pues permite efectuar extensos tendidos en largos continuos sin uniones, lo que se traduce en mayor rapidez, facilidad y economía en la instalación. Se debe tener en cuenta que el radio mínimo de enrollado no debe ser menor que 10 veces el diámetro de la tubería; por esto solo es posible suministrar rollos hasta diámetro 100mm.

Además, como la limitante es la relación diámetro/espesor, solo se puede hacer rollos desde PN 10 a PN 20 tanto para PN 100 como para PN80.

Figura N° 10: Tubería PE –100, Ø110mm.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

Tabla N° 1: Dimensiones de los rollos de tuberías.

DIÁMETRO NOMINAL mm	ROLLOS			
	Diámetro Interno mm	Diámetro Externo mm	Altura mm	Largo m
16	770	1180	150	110
20	770	1180	150	
25	770	1180	210	
32	800	1180	250	
40	800	1180	250	
50	1220	1930	290	
63	1300	1930	340	50
75	1800	2680	480	
90	1800	2680	480	
110	2200	2680	550	

Fuente. Arriagada F. (2005)

g) Tiras

Este sistema se utiliza para tuberías de diámetros mayores a Ø110 mm (que no se pueden enrollar) y que consiste en suministrar tuberías de 12 metros de largo.

h) Transporte

Según Arriagada, F. (2005, p.33), se detallará una serie de recomendaciones para un correcto transporte de tuberías de HDPE. Los vehículos de transporte deben sobrepasar la longitud completa de las tuberías, debe de estar libres de objetos sobresaliente y agudos. Además se deben prevenir curvaturas y deformaciones durante el transporte.

Al cargar y descargar las tuberías no hay que golpearlas, arrastrarlas ni tirarlas para no dañar su superficie. Es importante proteger los extremos para evitar deterioros que pueden dificultar el proceso de soldadura.

Al descargar los rollos o tiras es mejor usar sogas textiles y no metálicas, las que pueden rayar la tubería.

Las tuberías de HDPE tienen una superficie muy lisa. La carga debe ser firmemente asegurada para prevenir deslizamientos.

Figura N° 11: Transporte tu tubería – Obra Moquegua.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

i) Almacenamiento

Según Arriagada, F. (2005, p.33), deben almacenarse en superficies planas, sin cargas puntuales, como piedras u objetos puntiagudos, de tal manera que el terreno de apoyo proporcione un soporte continuo a las tuberías inferiores.

Las limitantes en las alturas de almacenamiento dependerán del diámetro y espesor de la pared de la tubería y de la temperatura ambiente. Las tuberías de HDPE se pueden almacenar a la intemperie bajo la luz directa del sol, pues son resistentes a la radiación UV. Sin embargo, la expansión y contracción causada por un calentamiento repentino debido a la luz solar pueden hacer que la tubería se incline y ceda sino sé restringe adecuadamente. Para tal efecto puede utilizarse apoyos con tabloncillos de maderas, con una separación de 1 metro entre camas de apoyo.

Figura N° 12: Almacén de Obra – Moquegua.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

- **Sistemas de unión de las Tuberías de HDPE**

Según Catálan, M. y Morales, F. (2006, p.63-66), la elección del sistema de unión depende de las condiciones operacionales (presión, temperatura) en que las tuberías y accesorios van a ser utilizados, de las características del fluido que van a conducir y del diámetro requerido.

Las tuberías de HDPE pueden unirse mediante uniones fijas, basadas en la termofusión, entre las cuales se encuentran: por soldadura a tope, por electrofusión y por soldadura tipo soquete. También existen las uniones desmontables (mecánicas).

No se pueden unir mediante solventes o adhesivos.

a) Soldadura a tope (Termofusión)

Según Fabián C. y Sandoval O. (2013, p.18). La termofusión es un método de soldadura simple y rápida, para unir tubos de polipropileno, polietileno y sus accesorios. La superficie de las partes que se van a unir se calientan a temperatura de fusión y se unen por aplicación de presión, con acción mecánica o hidráulica, de acuerdo al tamaño de la tubería y sin usar elementos

adicionales de unión. Apropriada para la unión de tuberías de la misma relación \varnothing /espesor, con diámetros desde $\varnothing 16$ mm hasta mayor diámetro. Esta técnica produce una unión permanente y eficaz, y es económica.

Las superficies a soldar deben comprimirse contra el termoelemento con una fuerza que es proporcional al diámetro de la tubería y luego se debe disminuir hasta un valor determinado de presión, con el objeto de que las caras absorban el calor necesario para que puedan fusionarse. Esta disminución provoca la formación de un cordón regular alrededor de la circunferencia, que está relacionado directamente con el espesor del tubo.

Según Arriagada, F. (2005, p.35-36). Este método exige un equipo de soldadura constituida básicamente de:

- **Maquina básica o unidad de fuerza**, capaz de sostener y alinear las dos tuberías a soldar y moverlas longitudinalmente, presionando las superficies de tope de una tubería contra la otra, con una presión o fuerza determinada y registrable.
- **Disco de soldadura o placa calefactora**, un disco, generalmente de aluminio, con resistencia eléctrica embutida, controlada a través de un termostato a fin de mantener una temperatura determinada, constante, en la superficie del disco.
- **Refrentador**, dispositivo rotativo, de accionamiento manual o motorizado, provisto de láminas de corte, con la finalidad de dejar paralelas las superficies de tope de las tuberías que van a ser unidas.
- **Accesorios**, casquillo de reducción para diversos diámetros de tuberías; dispositivos para conexiones.

- **Carpas**, para protección en caso de temperaturas bajas o condiciones climáticas adversas (lluvia, viento, nieve).
- **Termómetro**, termómetro digital con una sonda de superficie para chequear regularmente la temperatura de la placa calefactora.

Además se recomienda contar con:

- Herramientas para sacar virutas internas y externas.
- Material de limpieza, genero de algodón limpio sin pelusas o toalla de papel y agente desengrasante.
- Cortadores de tuberías HDPE.
- Termómetro para medir la temperatura del aire.
- Marcador indeleble para HDPE.
- Cronómetro.

b) Soldaduras de electrofusión

Según Fabián C. y Sandoval O. (2013, p.19). Es un proceso de unión por calor en el cual las conexiones como coplas o silletas se fabrican con una resistencia integrada, para producir calor.

La electrofusión es el único método de fusión por calor que no requiere movimiento longitudinal de las piezas a unir, Es muy útil cuando se necesita hacer una unión y las tuberías no se pueden mover, como sucede en reparaciones o uniones defectuosas. Las fusiones para unir diferentes marcas de tubería o diferentes grados de polietileno se pueden hacer mediante electrofusión, ya que este método se adecúa muy bien cuando los materiales a unir tienen diferente índice de fusión.

Figura N° 13: Equipos de termofusión y electrofusión.



Fuente. Arriagada F.(2005)

2.2.4 Procesos constructivos tradicional, Pipe Bursting y conexiones domiciliarias para agua potable

En la ejecución de la obra se aplicaron las dos metodologías: el método tradicional y el método Pipe Bursting, donde el método Pipe Bursting permite instalar tuberías de forma subterránea, y con un mínimo de interferencias en los alrededores (solamente alternado en los puntos de ingreso y salida).

A continuación veremos el proceso constructivo con más detalles.

A. Método tradicional (zanja abierta)

Se iniciará:

a) Fase de planeamiento

- Coordinaciones preliminares de supervisores y prevención de pérdidas en los niveles correspondientes de la organización.
- Examinar las propiedades colindantes antes de iniciar las operaciones.
- Verificar las actividades de excavación de acuerdo a las condiciones del terreno sobre la base del estudio definitivo.

- Contactar con las empresas de servicios (agua potable, alcantarillado, gas, electricidad, telefonía, etc.), antes de iniciar la excavación, avisando el trabajo a realizar, para determinar el tipo de excavación, por las posibles instalaciones subterráneas de éstos servicios.
- Obtención del permiso de trabajo.
- Charla de 5 minutos del trabajo a realizar y difusión del procedimiento a los trabajadores experimentados, entrenados y calificados.
- Análisis seguro de trabajo (AST).
- Revisión de todos los implementos de protección personal.

b) Inspección en campo

Al tener ubicado el tramo que se va a renovar, se procede al replanteo comenzando con la ejecución de calicatas para verificar:

- Material de la tubería existente.
- Diámetro nominal y/o cambio de diámetro de la tubería.
- Determinar años de antigüedad de la tubería existente.
- Determinar presión de trabajo de la tubería existente.
- Determinar distancias entre tuberías existentes.
- Determinar juntas y conexiones domiciliarias, válvulas, grifos contra incendio y cualquier otro accesorio.
- Determinar posible daños a terceros
- Eliminar obstáculos a lo largo de la tubería a reemplazar (concreto, etc.)

c) Proceso

- Trazo y replanteo

Se debe realizar el trazo y replanteo en la zona de trabajos, a la vez verificando que si existen interferencias ya sean de agua, alcantarillado,

telefonía, entre otras. Existen mayores riesgos en este método debido a que el área de excavación es mucho mayor que en el método Pipe Bursting (sin zanja), y por lo tanto es más frecuente encontrarse con otras conexiones a la hora de excavar.

Figura N° 14: Trazo y replanteo Av. Andrés Avelino Cáceres.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

- **Rotura de Pavimento**

Luego se procede con el corte del pavimento o concreto de todo el tramo, para luego utilizar el martillo para fragmentar el concreto o pavimento del tramo. El desmonte producto de la fragmentación del concreto o pavimento, se debe de eliminar y no acumular, ya que impide el tránsito y además este material ya no es útil.

Figura N° 15: Rotura de pavimento Av. Balta – lado derecho.



Fuente. Obra - Moquegua (2015)

- **Excavación**

Al tener todo el concreto o pavimento del tramo de la zanja, se procede con la excavación, la cual puede ser manualmente, es decir realizada por el mismo personal con herramientas manuales o con el uso de maquinaria. La excavación se realiza hasta el nivel de fondo de la tubería antigua.

Al tener el tramo excavado se retira la antigua tubería, que en muchos casos ya no existe, es decir se ha deteriorado completamente y solo quedan algunos fragmentos de esta.

El material del fondo de la zanja por lo general contiene desechos, los cuales a la hora de la excavación emanan fuertes olores, por lo que deben de ser eliminados de inmediato y no ser acumulados por un largo periodo de tiempo, ya que generan molestias a las personas que circulan por la zona.

Figura N° 16: Excavación Av. Balta – lado derecho.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

- Refine y nivelación de la zanja

Se deben de corregir las paredes de la zanja y nivelar el fondo de la zanja para que tenga la pendiente adecuada y pueda ser colocada la nueva tubería correctamente. En este procedimiento no se utilizan maquinarias, ya que debe de ser realizada manualmente. Se corrige los imperfectos producido a la hora de excavar con maquinaria y se eliminan todo elemento sobresaliente, como rocas y piedras.

Se debe asegurar que cada tubo esté uniformemente apoyado en toda su longitud en material libre de piedras. El fondo de la zanja, debe cumplir estrictamente con las pendientes del perfil longitudinal y debe proporcionar un apoyo firme y estable a la tubería.

- Tendido de tuberías

Se coloca una cama de arena en el fondo de la zanja de aproximadamente 10 cm y luego se ingresa el tramo de la tubería asegurándose nuevamente que tenga la pendiente adecuada. En los extremos de la tubería donde llega a los buzones, se debe de colocar unos

dados de concretos, los cuales evitan filtraciones de los buzones hacia la zanja.

Figura N° 17: Tendido de tubería de la red de alcantarillado de la Ca. Ayacucho.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

- **Colocación de accesorios**

Al tener todo el tramo listo, se procede con la colocación de accesorios para las conexiones domiciliarias. Para ello, se deben de perforar la tubería matriz al eje de donde va a ir la tubería que conectara a cada domicilio.

- **Prueba hidráulica**

Durante la prueba hidráulica de la tubería, es importante comprobar la impermeabilidad de las uniones, para lo cual se deben dejar descubiertas para iniciar con la prueba hidráulica.

- **Compactación del relleno**

Primer relleno compactado.

Luego se procede con el relleno de la zanja, se rellena con arena hasta 30 cm por encima al lomo de la tubería, Este relleno, se colocará en capas

de 0,10 m de espesor terminado, desde la cama de apoyo compactándolo íntegramente con pisones manuales de peso aprobado, teniendo cuidado de no dañar la tubería y/o estructura.

Figura N° 18: Relleno de zanja de alcantarillado Av. Balta – Lado derecho.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

Segundo relleno compactado

El segundo relleno compactado será con material seleccionado, entre el primer relleno y la sub-base, se harán por capas no mayores de 0,15 m de espesor, compactándolo con vibro apisonadores, planchas y/o rodillos vibratorios. No se permitirá el uso de pisones u otra herramienta manual.

Figura N° 19: Relleno de la base de la red de alcantarillado Av. Balta – Lado derecho.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

- Reposición de pavimento

Por último se procede a la reposición de pavimento ya sea asfalto o pavimento rígido.

Figura N° 20: Imprimación de la red de alcantarillado Ca. Tarapacá.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

Figura N° 21: Relleno de la base de la red de alcantarillado Av. Balta – Lado derecho.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

B. Método de Pipe Bursting

Se iniciará:

a) Fase de planeamiento

- El primer paso es la inspección meticulosa de líneas, tuberías y estructuras existentes.
- Conocer las condiciones del perímetro del terreno.
- Determinar el diámetro de tubería a ejecutarse.
- Determinar el método de Pipe Bursting a usarse (estático o dinámico), en esta obra se utilizó el método Estático.
- Limpieza de las tuberías (manual o mecánico), en caso de alcantarillado.
- Limpieza previa de buzones que comprenden en los tramos a ejecutar y en caso de agua son los nudos o algunas interferencias que puedan encontrarse en el tramo (accesorios) y conexiones domiciliarias.
- El paso a realizar es muy importante ya que la tubería a reemplazar se encuentra en malas condiciones, por eso es necesario la limpieza previa del

tramo, lo que facilita el proceso del método de pipe bursting, evitando posibles inconvenientes.

- También es importante verificar si existen otras redes paralelas o transversales, como agua, alcantarillado, gas, redes eléctricas o telecomunicaciones, cercanas o que cruzan el tramo a trabajar, para evitar daños innecesarios y tomar las medidas preventivas correspondientes.

b) Habilitación del terreno

Al tener ubicado el tramo que se va a renovar, se procede al replanteo comenzando con la ejecución de calicatas para verificar:

- Material de la tubería existente.
- Diámetro nominal y/o cambio de diámetro de la tubería.
- Determinar años de antigüedad de la tubería existente.
- Determinar presión de trabajo de la tubería existente.
- Determinar distancias entre tuberías existentes.
- Determinar juntas y conexiones domiciliarias, válvulas, grifos contra incendio y cualquier otro accesorio.
- Determinar posible daños a terceros
- Eliminar obstáculos a lo largo de la tubería a reemplazar (concreto, etc.)

c) Fase de preparación

- Trazo y replanteo

Trazo, para poder determinar la ubicación de las ventanas de entrada y salida de tubería y de las ventanas de conexiones domiciliarias.

Trazo de ventanas de ingreso, salida y conexiones domiciliarias según medidas.

Figura N° 22: Trazo de las ventanas de red de alcantarillado - Ca. Cusco.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

- Corte y demolición de ventanas

Luego se procede al corte de pavimento (flexible, rígido, mixto).

Figura N° 23: Corte y demolición de la ventana de ingreso de tubería – Ca. Ilo.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

- Excavación de ventanas

Excavación hasta la profundidad de la tubería existente.

La longitud de la ventana para el tendido de la red es de 4.00m x 1.00m promedio, también la longitud de las ventanas depende del diámetro de la

tubería, ya que a menor diámetro la tubería es más flexible, por lo que no necesita demasiada longitud para que la tubería pueda alongarse normalmente en la ventana.

La longitud para las conexiones domiciliarias de agua el tamaño de las ventanas es de 1.00 x 1.00.

Figura N° 24: Excavación de ventanas para redes (agua y alcantarillado).



Fuente. Obra Moquegua (2015)

Figura N° 25: Excavación de ventanas para conexiones de agua.



Fuente. Obra Moquegua – Moquegua (2015)

- Soldadura de tuberías (termofusión)

Se ejecuta paralelamente a la preparación de la máquina de Pipe Bursting.

Se debe de montar los dos tubos a unir, en la máquina de termofusión y fijar las mordazas de la maquina a ambos tubos, se debe de verificar que los tubos hayan quedado correctamente fijados y alineados a la máquina, para evitar cualquier deslizamiento de estos durante el proceso de fusión.

Refrenar (corte paralelo de la tubería) ambas caras de la tubería. Limpiar el borde de ambos tubos con un paño limpio y alcohol isopropílico, para quitar cualquier suciedad, polvo o agua.

Figura N° 26: Montado de las tuberías en la máquina de termofusión.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

El refrentador se debe hacer a pesar de que los bordes de las tuberías estén lisos.

Separar los tubos y retirar el refrentador, y verificar que los tubos hayan quedado completamente planos y alineados de lo contrario, se deberá realizar nuevamente el refrentador de los tubos hasta que queden completamente alineados.

Limpiar las superficies que van a ser soldadas y la placa calefactora, insertar la temperatura de fusión, colocar la placa calefactora entre ambos

tubos y aplicar presión. Mantener la placa calefactora durante el tiempo de fusión correspondiente, luego retirar la placa calefactora y rápidamente aplicar una leve presión a los extremos fundidos, para que se puedan soldar. En la siguiente figura se está aplicando presión para que los tubos queden soldados.

Figura N° 27: Aplicación de presión para que los tubos queden soldados.



Fuente Obra Moquegua (2015)

Se debe esperar que la unión se enfríe y solidifique, luego de transcurrir el tiempo de enfriamiento (determinado en tabla de fabricante del equipo), se retiran las abrazaderas y el tubo. En la Figura N° 28 se aprecia una correcta soldadura.

Figura N° 28: Soldadura luego del tiempo de enfriamiento – Tubería de alcantarillado.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

d) Tendido de tubería con el método de Pipe Bursting

Al tener la tubería soldada según la longitud del tramo a fragmentar se procede a colocar el cabezal (cabezal y cuchilla según el material a fragmentar. Para ello se coloca un expansor o jalador, según diámetro, en el extremo de la tubería.

Figura N° 29: Expansor correctamente colocado en la tubería. (Ventana de entrada).



Fuente. Obra Moquegua (2015)

Se procede a instalar la maquina fragmentadora en la ventana de salida de la tubería, correctamente alineado a la tubería matriz y se instala las varillas, una después de otra. Luego se une el expansor y cabezal con las varillas, debidamente instaladas en la tubería existente y se procede a fragmentar la tubería, según diámetro y longitud de tramo.

Figura N° 30: Expansor correctamente colocado en la tubería (ventana de inicio).



Fuente. Obra Moquegua (2015)

Figura N° 31: Colocación del equipo fragmentador (ventana de salida).



Fuente. Obra Moquegua (2015)

Figura N° 32: Inicio del tendido de tubería (fragmentación)



Fuente. Obra Moquegua (2015)

Figura N° 33: Fin del tendido de tubería (fragmentación)



Fuente. Obra Moquegua (2015)

Para culminar se procede al relleno de las ventanas y reposición de pavimento.

Figura N° 34: Relleno de las ventanas y reposición de pavimento.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

C. Conexiones domiciliarias para agua potable

La instalación de conexiones domiciliarias se realizaron tanto para el método tradicional y pipe Bursting, teniendo los mismos procesos constructivos con la única diferencia en el tendido de la tubería de polietileno de 1/2", siendo uno excavada y el otro se realizó con la fragmentación (sin zanja). Para la instalación de las conexiones domiciliarias, se realizan 02 excavaciones para las ventanas que son de 1.00mt x 1.00mt. La primera excavación se realiza para visualizar la tubería de la red principal ya fragmentada, también las tuberías para las conexiones domiciliarias a su vez la fragmentación de las mismas.

Figura N° 35: Primera excavación de ventanas



7

Fuente. Obra Moquegua (2015)

Figura N° 36: Fragmentación de conexiones domiciliarias.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

Figura N° 37: Culminación de la fragmentación de conexiones domiciliarias.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

La segunda excavación se realiza cuando ya la red principal fue fragmentada, esta actividad es para profundizar más la excavación, para así, que al momento de la instalación de la conexión domiciliaria no encuentre interferencias.

Figura N° 38: Segunda excavación de ventanas para la colocación de la abrazadera.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

Una vez fragmentada las conexiones domiciliaria y profundizada la zanja, se procede a la colocación de la abrazadera, teniendo en cuenta los siguientes pasos:

1. Pelar el área marcada (red primaria) con la escobilla de polietileno donde se colocará la abrazadera para la respectiva conexión.
2. Rosear con alcohol en el área pelada para ser limpiada, luego secar con una toalla papel blanco (no debe tener pelusa), esta tiene que ser limpia.
3. Percatarnos que el accesorio y el tubo de polietileno no tenga humedad, para así continuar con la colocación de la abrazadera y esta debe estar alineada para empezar a apretar los tornillos por completo y ser ajustados.

Figura N° 39: Alineación de abrazadera con la red principal.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

4. Colocar los cables de fusión en la abrazadera polo (+), (-); esta tiene que ser calentada de acuerdo a las indicaciones del accesorio y a su vez el tiempo que se debe esperar para el enfriamiento.

Figura N° 40: Colocación de los cables polo (+) y (-) para la electrofusión entre abrazadera tubería de la red primaria.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

5. Retirar la tapa superior para iniciar con la perforación de la tubería, una vez perforada se procede a colocar la tapa superior.

6. Del mismo modo para realizar la conexión de la tubería de polietileno de $\frac{1}{2}$ con la abrazadera, se realizan los mismos pasos.

Figura N° 41: Culminación de la electrofusión.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

Figura N° 42: Fin de instalaciones domiciliarias



Fuente. Obra Moquegua (2015)

2.3 Marco Normativo

- **Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2013)**, realizó: “*Guía de Métodos para Rehabilitar o Renovar Redes de Distribución de Agua Potable, Perú*”.

La mayoría de los sistemas de abastecimiento de agua potable en las localidades urbanas superan los 60 años de antigüedad, se estima que las redes de distribución de agua potable de nuestro país son diseñadas para estar operativas entre 30 y 50 años. Durante todo este tiempo estas tuberías sufren incrustaciones aumentando su rugosidad, reduciendo su diámetro o incrementando su diámetro (por desgaste de la tubería) e incluso produciendo fatiga del material, lo que ocasiona frecuentes interrupciones del servicio por roturas y/o pérdida de agua por grietas.

Por otra parte, la falta de estanqueidad se puede traducir en posibilidad de contaminación del agua que se transporta. Esta situación es preocupante para los prestadores de servicios de saneamiento, toda vez que el mantenimiento, rehabilitación y renovación de las tuberías con muchos años de antigüedad, es parte de la sostenibilidad del servicio.

En general, esto conlleva a obras de rehabilitación de redes de agua potable en diferentes zonas de las principales ciudades del País, con el fin de mejorar la infraestructura, en la que presentan constantemente problemas en las redes de agua potable como: roturas de tuberías de la red pública y/o en la conexión domiciliaria, causando pérdidas de agua y aniegos, lo que origina:

- Problemas que en algunos casos afectan a terceros, ocasionando incrementos de reclamos operacionales y comerciales, que cada vez son más frecuentes, que de acuerdo a los indicadores de la Sunass la magnitud del problema es grave.
- Incremento en gastos de pólizas, primas y deducibles.
- Incremento de gastos por mantenimiento correctivo.

- Detrimento de la imagen de la entidad, lo que genera falta de credibilidad.
 - Deterioro del medio ambiente, debido a las incidencias operativas durante la realización de los trabajos para restituir el servicio.
 - Malestar del sector privado principalmente por parte del sector inmobiliario, toda vez que la factibilidad del servicio muchas veces está condicionada a la rehabilitación de redes y al no conocer los métodos de rehabilitación; lo más probable es que opten por la apertura de zanjas, que en zonas de alto tránsito genera un problema social, cuyos costos en nuestro país, aún no está valorado.
 - Riesgo en la salud de la población, tanto directa como indirectamente afectada.
 - Deterioro de las vías públicas, por la reposición parcial del pavimento, cuya reposición no siempre cumple las expectativas de las municipalidades.
- Según Resolución de Gerencia General N°384 – 2013 - GG, el objetivo es establecer los requisitos que se deben cumplir en la instalación, reparación, rehabilitación, reposición y/o cambio de líneas de agua potable y alcantarillado (primarias y secundarias) tanto para líneas nuevas y existentes. (ANEXO N° 5.1)
 - Según Resolución de Gerencia General N°385 -2013-GG, el objetivo es establecer los requisitos que se deben cumplir las conexiones domiciliarias de agua potable y alcantarillado tanto para conexiones nuevas y obras de mantenimiento. (ANEXO N° 5.2)
 - **NTP-ISO 4427-1-2008**, Sistema de tuberías plásticas. tubos de polietileno (PE) y conexiones para abastecimiento de agua. Parte 1: General (ANEXO N° 6.1)

Objetivo y Campo de Aplicación:

Esta Norma Técnica Peruana establece las características generales del sistema de tubos de polietileno (PE), principales medios de servicios destinados a transportar

agua para consumo humano y propósitos generales, así mismo, especifica los métodos y parámetros de ensayo.

En conjunto con las otras partes de la **NTP-ISO 4427**, es aplicable a los tubos de polietileno, conexiones, válvulas, uniones y a las uniones con componentes de otros materiales para ser usado conforme a las siguientes condiciones:

- Una presión de operación máxima (POM) de hasta inclusive 25 bar.
 - Una temperatura de operación de 20 °C como temperatura de referencia.
- **NTP-ISO 8772-2009**, Sistema de tuberías plásticas para drenaje y alcantarillado subterráneo sin presión - (PE). (ANEXO N° 6.2)

Objetivo:

Esta Norma Técnica Peruana establece los requisitos para los tubos, conexiones y sistemas de tubería de polietileno (PE), que se usarán para drenaje y alcantarillado subterráneo sin presión para el transporte de descarga de residuos y desechos domésticos e industriales, así como de agua superficial.

Esta **NTP** abarca el sistema de tuberías enterradas, dentro y fuera de las edificaciones.

En el caso de descargas industriales, es necesario que se considere la resistencia química y la temperatura, pero se necesitará que se haga por separado.

Esta **NTP** se aplica a los tubos PE con o sin campana integrada.

Nota 1: Las conexiones pueden fabricarse mediante el moldeo por inyección o fabricados a partir de tubos moldeados.

Esta **NTP** se aplica a los tubos y conexiones PE para los siguientes tipos de uniones:

Uniones con anillo de sello elastomérico

Uniones con fusión a tope uniones con electrofusión uniones mecánicas

Esta **NTP**, también especifica los parámetros de prueba para los métodos de ensayo a los que se hace referencia en este documento.

2.4 Definiciones conceptuales

- **TrenchlessTechnology:** Siglas en Inglés que denominan la tecnología cuyo fin es hacer instalaciones y rehabilitaciones de tuberías sin abrir casi zanja.
- **Tecnología sin zanjas:** Técnicas para instalar, reemplazar, renovar, inspeccionar, localizar y reparar fugas o desperfectos en tuberías con una excavación mínima de la superficie.
- **ISTT:** Asociación Internacional de Tecnología sin Zanja (International society for trenchless technology).
- **Pipe Bursting:** Siglas en Inglés que denominan el estallamiento o reventamiento de tuberías con sistema de Aire.
- **Agua potable:** Se denomina agua potable a lo que podemos consumir o beber sin que exista peligro para nuestra salud.
- **Alcantarillado:** Sistema de tuberías y construcciones usado para la recogida y transporte de las aguas residuales, industriales y pluviales de una población desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten al medio natural o se tratan.
- **Tuberías:** Una tubería o cañería es un conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos.
- **Fragmentación:** Es un método para reemplazar tuberías existentes de agua o alcantarillado, rompiendo o fragmentando la tubería existente o anfitriona y colocando en el vacío que queda una nueva tubería, del mismo o mayor diámetro. Este método de rehabilitación de tubería es conocido como “Pipe Bursting”.
- **Termofusión a Tope:** Es un método de soldadura simple y rápida, para unir tubos de polietileno y sus accesorios. Las áreas de las partes que se van a unir se calientan a la temperatura de fusión y se unen por aplicación de presión, con acción mecánica o

hidráulica, de acuerdo al tamaño de la tubería y sin usar elementos adicionales de unión.

- **Hidroburst:** Siglas en Ingles que denominan el estallamiento o reventamiento de tuberías con sistema hidráulico.
- **HDPE:** high density polyethylene.
- **PEAD:** Polietileno de alta densidad.
- **PE:** Polietileno
- **Renovación:** Intervenciones orientadas a la recuperación de la capacidad normal de prestación del servicio, con acciones de cambio de las redes existentes por redes del mismo o diferente diámetro o material
- **Vida útil:** Tiempo en el cual los elementos de un sistema operan económicamente bajo las condiciones originales del proyecto aprobado y de su entorno.

2.5 Formulación de Hipótesis

2.5.1 Hipótesis General

Las ventajas del método Pipe Bursting son mejores en cuanto a procesos constructivos, rendimientos, costos, calidad de tubería de Polietileno e impactos ambientales y sociales en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.

2.5.2 Hipótesis Específico

1. El proceso del método Pipe Bursting permite aminorar los problemas en la construcción ante el método tradicional en obras de agua potable y alcantarillado en zonas Urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.

2. Los rendimientos del método Pipe Bursting son más eficientes ante el método tradicional en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015
3. Los costos del método Pipe Bursting son menores ante el método tradicional en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.
4. La calidad de la tubería de polietileno instalada con el método Pipe Bursting son más seguros, confiables ante las tuberías que se instalan con el método tradicional en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.
5. Los impactos ambientales y sociales del método Pipe Bursting son menores ante el método tradicional en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.

2.6 Variables

- Variable dependiente: Redes de agua potable y alcantarillado
- Variable independiente: Método Pípe Bursting

2.7 Operacionalización de variables

- **Variable dependiente: Redes de agua potable y alcantarillado**

Redes de Agua Potable: Es la construcción y operación de las obras necesarias que tienen por objeto proporcionar un abastecimiento de agua apropiada en cantidad y calidad a las comunidades. Según Google.

Redes de Alcantarillado: Conjunto de dispositivos y tuberías instaladas con el

propósito de recolectar, conducir y depositar en un lugar determinado las aguas residuales usadas por la comunidad para satisfacer sus necesidades higiénicas. Evitando con esto la propagación de enfermedades, malos olores, reducción de las áreas de contaminación, etc. Según Google.

- **Variable independiente: Método Pipe Bursting**

Es un método sin zanja ecológico que sustituye las tuberías deterioradas fracturando y desplazando los fragmentos en el terreno circundante mientras de manera simultánea instala una nueva tubería en el espacio generado, según la empresa Zinsatec, canalizaciones (2009).

Cuadro N° 7: Dimensiones e indicadores.

DIMENSIONES	INDICADORES
Proceso Constructivo	Rotura de Pavimento Asfáltico
	Excavación de zanja y/o ventanas
	Tendido de tubería
	Relleno de zanja y/o ventanas
	Reposición de pavimentos
Rendimientos	Tiempo (%)
Costos	Soles S/.
Calidad de la Tubería de Polietileno	Norma Técnica Peruana
Impactos Ambientales y Sociales	Norma Peruana del Ministerio del Ambiente

Fuente. Propia (2015)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño metodológico

3.1.1 Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es aplicada o tecnológica, son investigaciones que se desarrollan con la finalidad de resolver problemas de la práctica a de la producción; busca descubrir o validar los métodos, técnicas, instrumentos o materiales que optimicen los procesos, y sus hipótesis se demuestran en términos de eficaz o ineficaz. Según Germán Ccanto Mallma.

3.1.2 Nivel de investigación

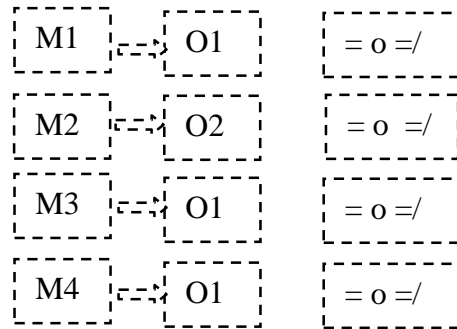
El nivel de investigación es descriptivo – explicativo, con un enfoque cuantitativo, descriptivo según Hernández (2010), consiste en describir fenómenos, situaciones, eventos; esto es, detallar como son y se manifiestan, explicativo están dirigidos a responder las causas de los eventos y fenómenos, su interés se centra por qué se relacionan dos o más variables.

3.1.2 Diseño de investigación

El Diseño de Investigación es no experimental porque observa fenómenos tal como

se dan en su contexto natural para después analizarlo según Hernandez, Fernandez y Baptista (2010)

Representación Gráfica:



Dónde:

- M: Muestras
- O: Observaciones

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

La población está conformada por Juntas Vecinales de la Provincia Mariscal Nieto.

3.2.2 Muestra

La muestra de estudio de la investigación es no probabilística de tipo de interés del investigador.

Redes de agua potable

- Método Tradicional: Av. Andrés Avelino Cáceres (N-001 al N-006)
- Método Pipe Bursting: Av. Balta (N-001 al N-003)

Redes de Alcantarillado

- Método Tradicional: Av. Andrés Avelino Cáceres (BP-001 al BP-004)
- Método Pipe Bursting: Ca. Andrés Avelino Cáceres (BP-001 al BP-004)

3.3 Técnicas de recolección de datos

3.3.1 Descripción de los instrumento

Nuestras fichas técnicas fueron proporcionados por la empresa Superconcreto del Perú S.A, los cuales fueron llenados en campo de acuerdo a los trabajos realizados, lo que sirvió como información para el análisis del trabajo que se investigó. (ANEXO N° 2)

3.3.2 Procedimiento de comprobación de validez

Nuestro soporte está en base a la posición estadística, juicio de expertos y evaluación en campo. (ANEXO N° 3)

- Juicio de expertos

Ing. Sanchez Balcazar, Yovany.

Ing. Moore Guzmán, Julio Cesar.

Ing. Chávarry Torres, Ricardo Cesar Enrique.

Ing. Mendoza Saavedra, Arturo.

Ing. Pérez Almeida, Edgar.

- Evaluación en campo – Obra Moquegua, 2015

Los trabajos se realizaron en el Distrito de Moquegua, Provincia Mariscal Nieto – Moquegua, en las siguientes calles y avenidas:

Redes de agua potable

- Método Tradicional:

Av. Andrés Avelino Cáceres, (N-001 al N-006), iniciando en la Ca. Primavera y terminando en Av. Circunvalación, con una longitud de 227.10m (ANEXO N° 04.04)

- **Método Pipe Bursting:**

Av. Balta, (N-001 al N-003), iniciando en la Ca. Piura y terminando en la Ca. Ancash, con una longitud de 234.21m. (ANEXO N° 04.06)

Redes de Alcantarillado

- **Método Tradicional:**

Av. Andrés Avelino Cáceres, (BP-001 al BP-004), iniciando en el Pje. Primero de Mayo y terminando en la Ca. 08 de Setiembre, con una longitud de 136.16m (ANEXO N° 04.08)

- **Método Pipe Bursting:**

Ca. Andrés Avelino Cáceres, (BP-001 al BP-004), iniciando en la Av. Balta y terminando en la Ca. Miguel Grau, con una longitud de 156.19m (ANEXO N° 04.09)

3.4 Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

a) Recolección de la información

- **Fase de Pre-campo**

Elaboración de formatos de evaluación, observación, abastecimiento de información, materiales y cronograma de trabajo.

- **Fase de gabinete**

Procesamiento de la información de campo.

Procesamiento de resultados obtenidos en campo.

Procesamiento de pruebas

Análisis de la información y presentación de resultados.

b) Procesamiento y análisis de datos

- Procesamiento de los datos

Los datos obtenidos mediante evaluaciones y observaciones serán sistematizados a través de herramientas de gestión: Word, Excel, S10, MS Project, etc.

- Análisis de los datos

Para el análisis de los resultados se ha hecho uso de la estadística descriptiva, para la interpretación porcentual y clasificación de los datos.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Análisis de datos

En el presente capítulo, se muestra el resultado obtenido entre los dos métodos constructivos (tradicional y Pipe Bursting), donde se tomaron diferentes muestras, tanto para agua potable y alcantarillado y así demostrar cuál de los dos métodos tiene mayores ventajas en cuanto a la renovación de tuberías. (ANEXO 4.1 y 4.2)

Figura N° 43: Provincia Mariscal Nieto - Moquegua.



Fuente. Obra Moquegua (2015)

Para demostrar las ventajas de los dos métodos Tradicional y Pipe Bursting, se analizó cada actividad: trazo y replanteo, rotura de pavimento, excavación de zanja y/o

ventanas (inicio – fin), tendido de tubería, relleno de zanja y/o ventanas y reposición de pavimento.

Según el estudio de Impacto vial de la obra, los tramos elegidos fueron de mayor envergadura, por ser vías pavimentadas que tienen un alto tránsito vehicular, por contar con sectores importantes de movimiento comercial que pueden verse altamente afectados por los trabajos propios de apertura de zanjas en las vías, etc., lo cual se vería afectado en caso de una intervención directa de las vías. (ANEXO 4.3)

Cada tramo fue analizado de inicio a fin, con un horario de:

- Lunes a viernes: 7:30am - 12:00pm y 1:00pm – 4:30pm.
- Sábado : 7:30am a 12:30pm.

a) Redes de agua potable

- Método tradicional

La avenida Andrés Avelino Cáceres (N-001 al N-006) de doble sentido de circulación y 02 carriles por sentido, se encuentran a nivel de asfaltado, soporta flujos los cuales se encuentra en el orden de los 380 vehículos/hora/sentido. El tránsito está compuesto mayormente por vehículos particulares, taxis y camiones en sus diferentes tipos.

Se presenta el tramo analizado, que cuenta con la siguiente descripción: calle, tramo (inicio – fin), número de nudos, longitud total, diámetro de la tubería a emplear, tipo de pavimento de la superficie, tipo de terreno, altura de excavación y cantidad de conexiones domiciliarias.

El tramo tiene una longitud de 227.10 ml., que cuenta con 20 und., conexiones domiciliarias. Debido a su antigüedad y a la existencia de fugas, era necesario realizar la renovación.

Se conservó el mismo diámetro de tubería que es Ø 160mm con una altura de 1.00 m. y se utilizó tuberías de HDPE. (ANEXO 4.4 y 4.5)

Tabla N° 2: Tramos analizados – Redes de agua potable (Método Tradicional).

MÉTODO TRADICIONAL										
Calle/Eje	Tramo	Nudo Inicio (i)	Nudo Fin (f)	Longitud	Diámetro de Tub.	Tipo de Pavimento	Tipo de Terreno	Altura de Excavación	Cnx Dom.	
AV. ANDRÉS AVELINO CÁCERES	CA. 8 DE SET. - ÓVALO	N-001	N-002	25.80	160mm	Pav. Flexible	T. Normal	1.00	0.00	
AV. ANDRÉS AVELINO CÁCERES	CA. 8 DE SET. - ÓVALO	N-002	N-003	63.00	160mm	Pav. Flexible	T. Normal	1.00	2.00	
AV. ANDRÉS AVELINO CÁCERES	CA. 8 DE SET. - ÓVALO	N-003	N-004	31.10	160mm	Pav. Flexible	T. Normal	1.00	3.00	
AV. ANDRÉS AVELINO CÁCERES	CA. 8 DE SET. - ÓVALO	N-004	N-005	46.10	160mm	Pav. Flexible	T. Normal	1.00	8.00	
AV. ANDRÉS AVELINO CÁCERES	CA. 8 DE SET. - ÓVALO	N-005	N-006	61.10	160mm	Pav. Flexible	T. Normal	1.00	7.00	

Fuente. Obra Moquegua (2015)

- Método Pipe Bursting

La Av. Balta (N-001 al N-003), de doble sentido de circulación y 02 carriles por sentido, en el tramo del proyecto de la evaluación realizada, esta vía cumple la función de una vía colectora cuya principal función es de articular las vías locales, permite el ingreso a los predios, une la Av. 25 de Noviembre y la Av. Manuel Camilo de la Torre, la velocidad promedio de operación es de 25 KPH a 30KPH, se encuentra a nivel de asfaltado, soporta flujos los cuales se encuentra en el orden de los 897 vehículos/hora/sentido. El tránsito está compuesto mayoritariamente por vehículos particulares, taxis y camiones en sus diferentes tipos. Los vehículos de transporte público están conformados por vehículos camioneta rural, se ha contabilizado hasta un total de 25 motos lineales sobre la Av. Balta. Se observa también que el tránsito de camiones pesados representa en promedio de 14 vehículos/hora/sentidos.

Se presenta el tramo analizado, que cuenta con la siguiente descripción: calle, tramo (inicio – fin), número de nudos, longitud total, diámetro de la tubería a emplear, tipo de pavimento de la superficie, tipo de terreno, altura de excavación y cantidad de conexiones domiciliarias.

El tramo tiene una longitud de 234.21 ml., que cuenta con 30 und., conexiones domiciliarias. Debido a su antigüedad y a la existencia de fugas, era necesario realizar la renovación.

Se conservó el mismo diámetro de tubería que es Ø 160mm con una altura de 1.00 m., y se utilizó tuberías de HDPE. (ANEXO 4.6 y 4.7)

El lugar, es una zona altamente transitada y comercial. La zona trabajada cumplía con todas las características a tener para utilizar el método de Pipe Bursting.

Tabla N° 3: Tramos analizados – Redes de Agua Potable (Método Pipe Bursting)

MÉTODO PIPE BURSTING									
Calle/Eje	Tramo	Nudo Inicio (i)	Nudo Fin (f)	Longitud	Diámetro de Tub.	Tipo de Pavimento	Tipo de Terreno	Altura de Excavación	Cnx Dom.
AVENIDA BALTA - LADO DERECHO	CA. PIURA - CA. ANCASH	N-001	N-002	133.34	160mm	Pav. Flexible	T. Normal	1.00	16.00
AVENIDA BALTA - LADO DERECHO	CA. PIURA - CA. ANCASH	N-002	N-003	100.87	160mm	Pav. Flexible	T. Normal	1.00	14.00

Fuente. Obra Moquegua (2015)

b) Redes de alcantarillado

- Método tradicional

La avenida Andrés Avelino Cáceres (BP-001 al BP-004), de doble sentido de circulación y 02 carriles por sentido, se encuentra a nivel de asfaltado, soporta flujos los cuales se encuentra en el orden de los 380 Vehículos/hora/sentido. El tránsito está compuesto mayoritariamente por vehículos particulares, taxis y camiones en sus diferentes tipos.

Se presenta el tramo analizado, que cuenta con la siguiente descripción: calle, tramo (inicio – fin), número de nudos, longitud total, diámetro de la tubería a emplear, tipo de pavimento de la superficie, tipo de terreno, altura de excavación y cantidad de conexiones domiciliarias.

El tramo tiene una longitud de 136.16 ml, debido a su antigüedad y a la existencia de fugas, era necesario realizar la renovación de la tubería existente. Se conservó el mismo diámetro de tubería, que es Ø 200mm con una altura de 1.50 m., y se utilizó tuberías de PVC. (ANEXO 4.8)

Tabla N° 4: Tramos analizados – Redes de alcantarillado (Método Tradicional).

MÉTODO TRADICIONAL								
Calle/Eje	Tramo	Buzón Inicio (i)	Buzón Fin (f)	Longitud	Diámetro de Tub.	Tipo de Pavimento	Tipo de Terreno	Altura de Excavación
AV. ANDRÉS AVELINO CÁCERES	CA. 8 DE SET. - CA. 1 DE MAYO	BP-001	BP-002	44.47	200mm	Pav. Flexible	T. Normal	1.38
AV. ANDRÉS AVELINO CÁCERES	CA. 8 DE SET. - CA. 1 DE MAYO	BP-002	BP-003	46.07	200mm	Pav. Flexible	T. Normal	1.46
AV. ANDRÉS AVELINO CÁCERES	CA. 8 DE SET. - CA. 1 DE MAYO	BP-003	BP-004	45.62	200mm	Pav. Flexible	T. Normal	1.37

Fuente. Propia (2015)

- Método Pipe Bursting

La Ca Andrés Avelino Cáceres, (BP-001 al BP-004), de doble sentido de circulación y 01 sólo carril, se encuentra a nivel de asfaltado, soporta flujos los cuales se encuentra en el orden de los 296 Vehículos/hora/sentido. El tránsito está compuesto mayoritariamente por vehículos particulares, taxis y camiones en sus diferentes tipos.

Se presenta el tramo analizado, que cuenta con la siguiente descripción: calle, tramo (inicio – fin), número de nudos, longitud total, diámetro de la tubería a emplear, tipo de pavimento de la superficie, tipo de terreno, altura de excavación y cantidad de conexiones domiciliarias.

El tramo tiene una longitud de 156.19 ml debido a su antigüedad y a la existencia de fugas, era necesario realizar la renovación de la tubería existente. Se conservó el mismo diámetro de tubería, que es Ø 200mm con una altura de 1.50 m. y se utilizó tuberías de HDPE. (ANEXO 4.9)

Tabla N° 5: Tramos analizados - Redes de alcantarillado (Método Pipe Bursting).

MÉTODO PIPEBURSTING								
Calle/Eje	Tramo	Buzón Inicio (i)	Buzón Fin (f)	Longitud	Diámetro de Tub.	Tipo de Pavimento	Tipo de Terreno	Altura de Excavación
CA. ANDRÉS AVELINO CÁCERES	AV. BALTA - CA.MIGUEL GRAU	BP-001	BP-002	48.04	200mm	Pav. Flexible	T. Normal	1.79
CA. ANDRÉS AVELINO CÁCERES	AV. BALTA - CA.MIGUEL GRAU	BP-002	BP-003	39.35	200mm	Pav. Flexible	T. Normal	1.80
CA. ANDRÉS AVELINO CÁCERES	AV. BALTA - CA.MIGUEL GRAU	BP-003	BP-004	68.80	200mm	Pav. Flexible	T. Normal	1.51

Fuente. Propia (2015)

4.1.1 Proceso de los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado.

a) Agua Potable

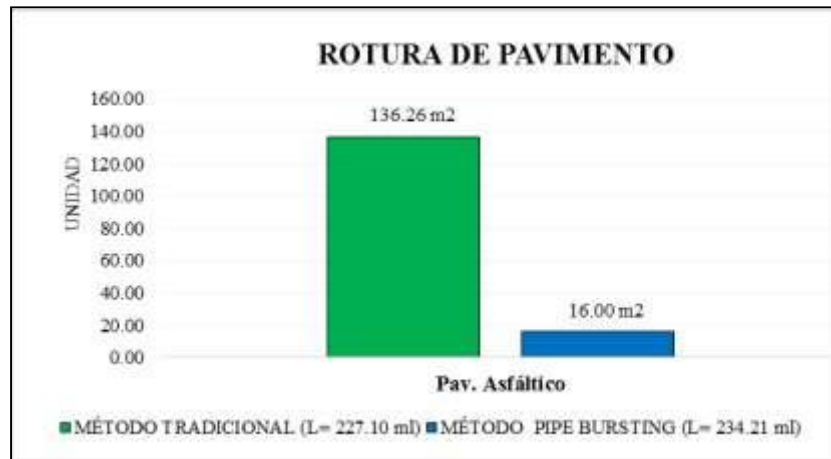
- Rotura de Pavimento (m²)

Tabla N° 6: Rotura de pavimento de ambos métodos.

		RO TURA DE PAVIMENTO	
DESCRIPCIÓN	UND	MÉTO DO TRADICIONAL (L= 227.10 ml)	MÉTO DO PIPE BURSTING (L= 234.21 ml)
Pav. Asfáltico		136.26	16.00

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 3: Rotura de pavimento de ambos métodos.



Fuente. Tabla N° 06

En esta actividad observamos que el método pipe bursting tiene un total de rotura de pavimento de 16.00 m², ya que en esta actividad no se rompe todo el tramo a trabajar, sino se aperó ventanas al inicio y al final del tramo y con el método tradicional observamos 136.26 m² de rotura de pavimento por ser la rotura de todo el tramo a trabajar.

- Excavación de zanjas y/o ventanas (m³)

Tabla N° 7: Excavación de zanja y/o ventanas de ambos métodos.

		EXCAVACIÓN DE ZANJAS Y/O VENTANAS	
DESCRIPCIÓN	UND	MÉTODO TRADICIONAL (L= 227.10 ml)	MÉTODO PIPE BURSTING (L= 234.21 ml)
Pav. Asfáltico		136.26	16.00

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 4: Excavación de zanja y/o ventanas de ambos métodos.



Fuente. Tabla N° 07

En esta actividad observamos que la excavación de zanjas y/o ventanas, con el método Pipe Bursting es de 16.00 m³, porque la excavación fue de cuatro ventanas en todo el tramo, y con el método tradicional observamos 136.26 m³ por ser la excavación de todo el tramo.

- **Tendido de tubería (ml)**

Tabla N° 8: Tendido de tuberías de ambos métodos.

		TENDIDO DE TUBERÍA	
DESCRIPCIÓN	UND	MÉTODO TRADICIONAL (L= 227.10 ml)	MÉTODO PIPE BURSTING (L= 234.21 ml)
Tendido de tubería	ml	227.10	234.21

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 5: Tendido de tuberías de ambos métodos.



Fuente. Tabla N° 08

En esta actividad observamos que el tendido de tubería con el método Pipe Bursting que es de 234.21 ml, se realizó en un día y con el método tradicional en dos días con una longitud de 227.10 ml.

- **Relleno de zanjas y/o ventanas (m³)**

Tabla N° 9: Relleno de zanjas y/o ventanas de ambos métodos

		RELLENO DE ZANJAS Y/O VENTANAS	
DESCRIPCIÓN	UND	MÉTODO TRADICIONAL (L= 227.10 ml)	MÉTODO PIPE BURSTING (L= 234.21 ml)
Relleno		170.33	20.00

Fuente. Fuente propia

Gráfico N° 6: Relleno de zanjas y/o ventanas de ambos métodos.



Fuente. Tabla N° 09

En esta actividad observamos que el relleno de zanjas y/o ventanas con el método Pipe Bursting es de 20.00 m³ y con el método tradicional se rellenó 170.33 m³

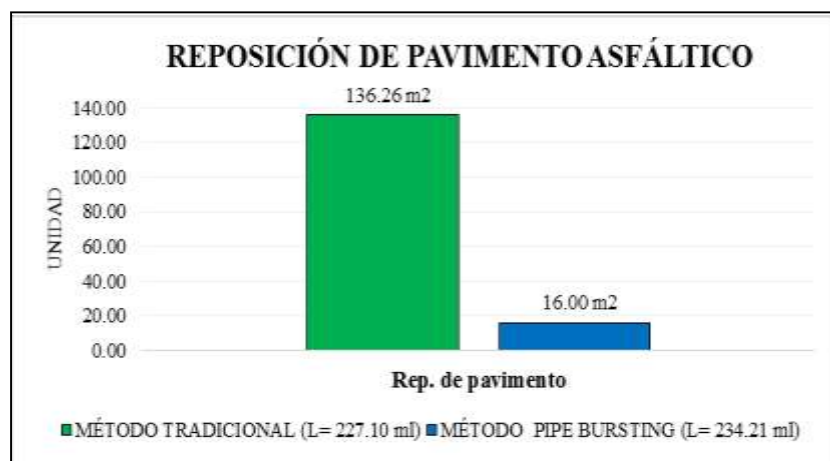
- **Reposición de pavimentos (m²)**

Tabla N° 10: Reposición de pavimentos de ambos métodos.

		REPOSICIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	
DESCRIPCIÓN	UND	MÉTODO TRADICIONAL (L= 227.10 ml)	MÉTODO PIPE BURSTING (L= 234.21 ml)
Rep. de pavimento		136.26	16.00

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 7: Reposición de pavimentos de ambos métodos.



Fuente. Tabla N° 10

En esta actividad observamos que la reposición de pavimento asfáltico con el método Pipe Bursting es de 16.00m³ y con el método tradicional 136.26m³

Tabla N° 11: Proceso Constructivo general – agua potable

DESCRIPCIÓN	UND	MÉTODOS	
		TRADICIONAL	PIPE BURSTING
Rotura de Pavimento Asfáltico	m2	136.26	16.00
Excavación de zanja y/o ventanas	m3	136.26	16.00
Tendido de tubería	ml	227.10	234.21
Relleno de zanja y/o ventanas	m3	170.33	20.00
Reposición de pavimento Asfáltico	m2	136.26	16.00

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 8: Proceso constructivo general – agua potable



Fuente. Tabla N° 11

b) Alcantarillado

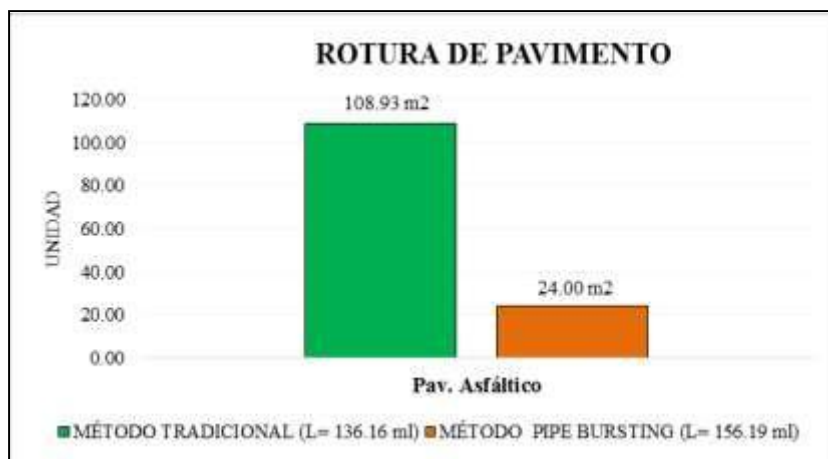
- Rotura de Pavimento (m²)

Tabla N° 12: Rotura de pavimento de ambos métodos.

		RO TURA DE PAVIMENTO	
DESCRIPCIÓN	UND	MÉTO DO TRADICIONAL (L= 136.16 ml)	MÉTO DO PIPE BURSTING (L= 156.19 ml)
Pav. Asfáltico		108.93	24.00

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 9: Rotura de pavimento de ambos métodos.



Fuente. Tabla N° 12

En esta actividad observamos que el método Pipe Bursting tiene un total de rotura de pavimento de 24.00 m², ya que en esta actividad no se rompe toda una longitud a trabajar, sino apertura de ventanas al inicio y al final del tramo, y con el método tradicional observamos 108.93 m² de rotura de pavimento por ser la rotura de todo el tramo a trabajar.

- **Excavación de zanjas y/o ventanas (m³)**

Tabla N° 13: Excavación de zanjas y/o ventanas de ambos métodos.

EXCAVACIÓN DE ZANJAS Y/O VENTANAS			
DESCRIPCIÓN	UND	MÉTODO TRADICIONAL (L= 136.16 ml)	MÉTODO PIPE BURSTING (L= 156.19 ml)
Pav. Asfáltico		163.39	36.00

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 10: Excavación de zanjas y/o ventanas de ambos métodos.



Fuente. Tabla N° 13

En esta actividad observamos que la excavación de zanjas y/o ventanas con el método Pipe Bursting es de 36.00 m³, por la excavación de cuatro ventanas en el tramo, y con el método tradicional observamos 163.39 m³ por ser la excavación de todo el tramo.

- **Tendido de tubería (ml)**

Tabla N° 14: Tendido de tuberías de ambos métodos.

		TENDIDO DE TUBERÍA	
DESCRIPCIÓN	UND	MÉTODO TRADICIONAL (L= 136.16 ml)	MÉTODO PIPE BURSTING (L= 156.19 ml)
Tendido de tubería	ml	136.16	156.19

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 11: Tendido de tuberías de ambos métodos.



Fuente. Tabla N° 14

En esta actividad observamos que el tendido de tubería con el método Pipe Bursting que es de 156.19 ml, se realizó en 1 día y con el método tradicional observamos 136.16 ml de tendido, realizado en 3 días.

- **Relleno de zanjas y/o ventanas (m³)**

Tabla N° 15: Relleno de zanjas y/o ventanas de ambos métodos.

		RELLENO DE ZANJAS Y/O VENTANAS	
DESCRIPCIÓN	UND	MÉTODO TRADICIONAL (L= 136.16 ml)	MÉTODO PIPE BURSTING (L= 156.19 ml)
Relleno		204.24	45.00

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 12: Relleno de zanjas y/o ventanas de ambos métodos.



Fuente. Tabla N° 15

En esta actividad observamos que el relleno de zanjas y/o ventanas con el método Pipe Bursting es de 45.00 m³, porque solo rellenan las ventanas, y con el método tradicional observamos 204.24 m³ de relleno de todo el tramo.

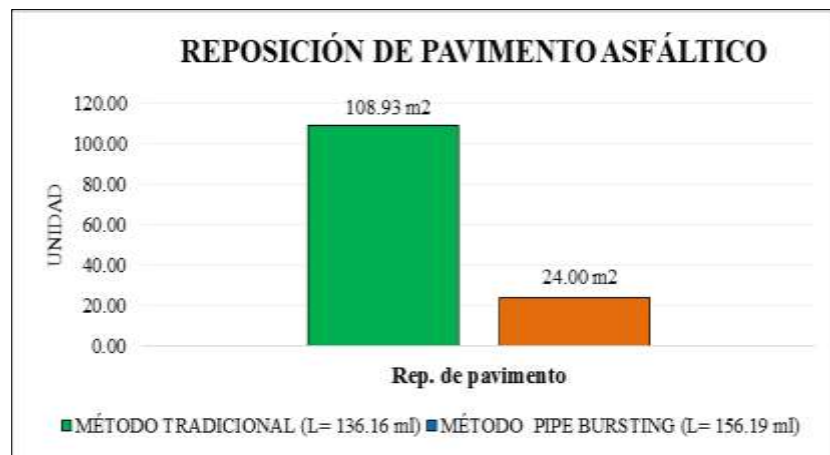
- **Reposición de Pavimento (m³)**

Tabla N° 16: Reposición de pavimento de ambos métodos.

		REPOSICIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO	
DESCRIPCIÓN	UND	MÉTODO TRADICIONAL (L= 136.16 ml)	MÉTODO PIPE BURSTING (L= 156.19 ml)
Rep. de pavimento		108.93	24.00

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 13: Reposición de pavimento de ambos métodos.



Fuente. Tabla N°16

En esta actividad observamos que la reposición de pavimento asfáltico con el método Pipe Bursting es de 24.00 m², porque solo se repone las ventanas excavadas, y con el método tradicional observamos 108.93 m², la reposición de pavimento es de todo el tramo.

Tabla N° 17: Proceso Constructivo general – alcantarillado

DESCRIPCIÓN	UND	MÉTODOS	
		TRADICIONAL	PIPE BURSTING
Rotura de Pavimento Asfáltico	m ²	108.93	24.00
Excavación de zanja y/o ventanas	m ³	163.39	36.00
Tendido de tubería	ml	136.16	156.19
Relleno de zanja y/o ventanas	m ³	204.24	45.00
Reposición de pavimentos	m ²	108.93	24.00

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 14: Proceso Constructivo - Alcantarillado



Fuente. Tabla N°17

4.1.2 Rendimiento de los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado.

Para hacer una comparación de los rendimientos entre ambos métodos constructivos, se analizó el avance real por día en la obra: “Instalación y mejoramiento de los sistemas de agua potable, alcantarillado y almacenamiento II Etapa, en el Distrito de Moquegua, Provincia de Mariscal Nieto - Moquegua (2015).

Al analizar las actividades se determinó que la actividad principal es la excavación, ya que todas las demás dependían de esta, por ejemplo la instalación de tuberías depende de la longitud excavada, el relleno depende de los tiempos en que los volquetes no se utilizan en la excavación.

Es importante mencionar que aparte de estas actividades principales se tienen algunas actividades secundarias a ser realizadas, siendo las siguientes: rotura y reposición de pavimento.

a) Redes de agua potable

- Método tradicional

Para las redes de agua potable fueron cuatro actividades analizadas midiéndose ciclos y avances, siendo estas:

- Excavación de zanjas.
- Instalación de tubería de red.
- Instalación de conexiones domiciliarias.
- Relleno de zanjas.

Cuadro N° 8: Rendimiento de agua potable – Método Tradicional (ml/día).

Agua Potable (Método Tradicional) Longitud = 227.10 ml

		PRIMER DÍA					SEGUNDO DÍA					TERCER DÍA											
PROCESO	UND	7am.	8am.	9am.	10am.	11am.	12pm.	1pm.	2pm.	3pm.	4pm.	5pm.	7am.	8am.	9am.	10am.	11am.	12pm.	1pm.	2pm.	3pm.	4pm.	5pm.
Excavación de zanja- red y conexiones	ml	[Barra azul]																					
Instalación de tubería - red + conexiones	ml	[Barra azul]																					
Instalación de Conexiones dom. (20 und)	und	[Barra azul]																					
Relleno de zanja	und	[Barra azul]																					
		CUARTO DÍA					QUINTO DÍA					SEXTO DÍA											
PROCESO	UND	7am.	8am.	9am.	10am.	11am.	12pm.	1pm.	2pm.	3pm.	4pm.	5pm.	7am.	8am.	9am.	10am.	11am.	12pm.	1pm.	2pm.	3pm.	4pm.	5pm.
Excavación de zanja- red y conexiones	ml	[Barra azul]										[Barra naranja]											
Instalación de tubería - red + conexiones	ml	[Barra azul]										[Barra naranja]											
Instalación de Conexiones dom. (20 und)	und	[Barra azul]										[Barra naranja]											
Relleno de zanja	und	[Barra azul]										[Barra naranja]											
		SÉPTIMO DÍA					OCTAVO DÍA					NOVENO DÍA											
PROCESO	UND	7am.	8am.	9am.	10am.	11am.	12pm.	1pm.	2pm.	3pm.	4pm.	5pm.	7am.	8am.	9am.	10am.	11am.	12pm.	1pm.	2pm.	3pm.	4pm.	5pm.
Excavación de zanja- red y conexiones	ml	[Barra azul]																					
Instalación de tubería - red + conexiones	ml	[Barra azul]																					
Instalación de Conexiones dom. (20 und)	und	[Barra azul]																					
Relleno de zanja	und	[Barra azul]																					
		DÉCIMO DÍA																					
PROCESO	UND	7am.	8am.	9am.	10am.	11am.	12pm.	1pm.	2pm.	3pm.	4pm.	5pm.											
Excavación de zanja- red y conexiones	ml	[Barra azul]																					
Instalación de tubería - red + conexiones	ml	[Barra azul]																					
Instalación de Conexiones dom. (20 und)	und	[Barra azul]																					
Relleno de zanja	und	[Barra azul]																					

Fuente. Propia (2015)












En el cuadro se observa el rendimiento diario por actividad, donde identificamos cada partida con diferente color.

La longitud de excavación es de 227.10 ml, siendo el avance diario promedio 50 ml para la excavación de zanja. Para la instalación de la tubería con Ø 160 mm, se utilizó 19 rollos de PE-100, c/u de 12 m. Para la instalación de conexiones domiciliarias se utilizó tuberías de ½” de PE-100, encontrando estas tuberías en rollos de 100 m.

El avance de relleno entre 1.00 m y 1.20 m de altura, es de 50 ml/día.

Cuadrilla de partidas más incidentes

Cuadro N° 9: Análisis de cuadrilla.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	HORAS DE TRABAJO (HORAS)	MANO DE OBRA				EQUIPOS							
			OPERADOR DE EQUIPO	OPERARIO	OFICIAL	PEÓN	RETROEXCAVADORA	MINICARGADOR	VOLQUETE 15M3	TERMOFUSIÓN	GENERADOR ELÉCTRICO	ELECTROFUSIÓN	CAMIÓN BARANDA	VIBROAPISONADOR
EXCAVACIÓN DE ZANJA	m3	36					1							
TERMOFUSIÓN	und	7								1	1			
TENDIDO DE TUBERÍA RED Y CNX	ml	8											1	
ELECTROFUSIÓN DE CNX. DOMICILIARIAS	und	2									1	1		
RELLENO DE ZANJA	m3	36						1	1					6

Fuente. Propia (2015)

Para analizar las cuadrillas de trabajo, iniciamos con la cuadrilla de excavación de zanja, conformado 01 retroexcavadora con su respectivo operador + 01 peón. La cuadrilla de la termofusión está conformada por 01 operario + 01 peón + 01 equipo de termofusión Basic C250 V0 + 01 generador eléctrico. La cuadrilla de tendido de tubería para red y conexiones domiciliarias está conformado por 01 operario + 01 peón. La cuadrilla de electrofusión, está

conformada por 01 operador + 01 peón + 01 equipo de electrofusión Monomatic Data marca Plasson + 01 generador eléctrico y para la cuadrilla de relleno se utilizó 01 minicargador con su respectivo operador + 01 retroexcavadora con su respectivo operador + 06 vibro apisonadores + 06 operarios + 01 peón.

- **Método Pipe Bursting**

Para las redes de agua potable fueron cuatro actividades analizadas midiéndose ciclos y avances, siendo estas:

- Excavación de ventanas.
- Fragmentación de red.
- Fragmentación de conexiones domiciliarias.
- Relleno de ventanas.

Cuadro N° 10: Rendimiento de agua potable – Método Pipe Bursting (ml/día).

Método Pipe Bursting (sin zanja) = 234.21 ml



Fuente. Propia (2015)















En el cuadro se observa el rendimiento diario por actividad, donde identificamos cada partida con diferente color.

La longitud de excavación es de 4 ventanas en una longitud de 234.21, siendo el avance diario promedio 234.21ml. Para la instalación de la tubería con Ø 160mm, se necesitó 20 rollos de tubería de PE-100 c/u de 12 m. Para la instalación de conexiones domiciliarias se necesitó tuberías de ½” de PE-100, encontrando estas tuberías en rollos de 100mt.

El avance de relleno es 5 m3

Cuadrilla de partidas más incidentes

Cuadro N° 11: Análisis de cuadrilla.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	HORAS DE TRABAJO (HORAS)	MANO DE OBRA CALIFICADA				EQUIPOS									
			OPERADOR DE EQUIPO	OPERARIO	OFICIAL	PEÓN	RETROEXCAVADORA	MINICARGADOR	VOLOQUETE ISM3	TERMOFUSIÓN	GRUPO ELECTROGÉNEO	ELECTROFUSIÓN	VIBROAPISONADOR	CAMIÓN PLUMA 8TN	FRAGMENTADOR - RED	FRAGMENTADOR - CNX
EXCAVACIÓN DE VENTANAS	Und	4					1									
TERMOFUSIÓN DE TUBERÍA Ø 160 mm	Und	5								1	1					
FRAGMENTACIÓN DE TUBERÍA RED	ml	10										1			1	1
FRAGMENTACIÓN DE TUBERÍA CNX (30 und)	Und	5										1				1
ELECTROFUSIÓN DE CNX. DOMICILIARIAS	Und	3										1	1			
RELLENO DE ZANJA	m3	8						1	1					4		

Fuente. Propia (2015)

Para analizar las cuadrillas de trabajo, iniciamos con la cuadrilla de excavación de ventanas, conformado por 01 retroexcavadora con su respectivo operador + 01 peón. La cuadrilla de la termofusión está conformada por 01 operario + 01 peón, utilizando 01 equipo de termofusión Basic C250 V0 + 01 generador eléctrico. La cuadrilla de fragmentación de red está conformado por 01 operario + 04 peones, utilizando 01 equipo de fragmentación T70 + 01 Generador eléctrico + 01 camión pluma con su respectivo operador. La cuadrilla

de fragmentación de conexiones domiciliarias está conformado por 01 operador + 01 peones, utilizando 01 equipo fragmentador + 01 generador eléctrico. La cuadrilla de electrofusión está conformada por 01 operador + 01 peón, utilizando 01 equipo de electrofusión Monomatic Data marca Plasson + 01 generador eléctrico y para la cuadrilla de relleno se necesitó 01 minicargador con su respectivo operador + 01 volquete con su respectivo operador + 04 operarios + 04 vibro apisonadores + 01 peón,

Rendimientos analizados con ambos métodos

Cuadro N° 12: Rendimiento de agua potable de ambos métodos.

DESCRIPCIÓN	Und	Longitud ml	Excavación de zanjas y/o ventanas m ³	Intalación de Tubería Ø 160mm ml	Instalación de Conexiones Domiciliarias und	Relleno de zanjás m ³	TOTAL
Método Tradicional	días	227.1	4.50	1.50	1.00	3.50	10.50
Método Pipe Bursting	días	234.21	1.00	1.00	1.50	1.00	4.50

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 15: Rendimiento de agua potable.



Fuente. Cuadro N°12

Observamos que con el método Pipe Bursting los trabajos se realizan en 4.5 días, y con el método tradicional en 10 días, teniendo un mayor rendimiento con el método Pipe Bursting.

b) Redes de alcantarillado

- Método tradicional

Para las redes de agua potable fueron tres actividades analizadas midiéndose ciclos y avances, siendo estas:

- Excavación de zanjas.
- Instalación de tubería de red.
- Relleno de zanjas.

Cuadro N° 13: Rendimiento de alcantarillado – Método tradicional (ml/día).

Método Tradicional =136.16 ml

		PRIMER DÍA					SEGUNDO DÍA					TERCER DÍA											
PROCESO	UND	7 am.	8 am.	9 am.	10 am.	11 am.	12 pm.	1 pm.	2 pm.	3 pm.	4 pm.	5 pm.	7 am.	8 am.	9 am.	10 am.	11 am.	12 pm.	1 pm.	2 pm.	3 pm.	4 pm.	5 pm.
Excavación de zanja		[Barra verde continua]																					
Instalación de tubería	ml																						
Relleno de zanja																							

		CUARTO DÍA					QUINTO DÍA					SEXTO DÍA											
PROCESO	UND	7 am.	8 am.	9 am.	10 am.	11 am.	12 pm.	1 pm.	2 pm.	3 pm.	4 pm.	5 pm.	7 am.	8 am.	9 am.	10 am.	11 am.	12 pm.	1 pm.	2 pm.	3 pm.	4 pm.	5 pm.
Instalación de tubería (ml)																							
Instalación de tubería	ml																						
Relleno de zanja (m3)		[Barra amarilla continua]																					








Fuente. Propia (2015)

En el cuadro se observa el rendimiento diario por actividad, donde identificamos cada partida con diferente color.

La longitud de excavación es de 136.16 ml, siendo el avance diario promedio de 50 ml para excavación de zanja. Para la instalación de tubería con Ø 200mm, se utilizó 16 rollos de tubería de pvc c/u de 9 m. El avance de relleno de 1.50 m., de altura, es de 50ml/día.

Cuadrilla de partidas más incidentes

Cuadro N° 14: Análisis de cuadrilla

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	HORAS DE TRABAJO (HORAS)	MANO DE OBRA CALIFICADA				EQUIPOS							
			OPERADOR DE EQUIPO	OPERARIO	OFICIAL	PEÓN	RETROEXCAVADORA	MINICARGADOR	VOLQUETE 15M3	CAMIÓN BARANDA	VIBROAPISONADOR	GRUPO ELECTRÓGENO	MOTOBOMBA	
EXCAVACIÓN DE ZANJA	m3	20					1							
TENDIDO DE TUBERÍA	ml	3								1			1	1
RELLENO DE ZANJA	m3	20						1	1		6			

Fuente. Propia (2015)

Para analizar las cuadrillas de trabajo, iniciamos con la cuadrilla de excavación de zanja, conformado por 01 retroexcavadora con su respectivo operador + 01 peón. La cuadrilla de tendido de tubería, está conformado por 01 operario + 01 peón, utilizando 01 camión baranda + grupo electrógeno + 01 motobomba. Para la cuadrilla de relleno se necesitaron 01 minicargador con su respectivo operador 01 volquete con su respectivo operador + 06 vibro apisonadores + 06 operarios + 01 peón

Método Pipe Bursting

Cuadro N° 15: Rendimiento de alcantarillado – Método Pipe Bursting (ml/día).

Método Pipe Bursting =156.19 ml











PROCESO	UND	PRIMER DÍA										SEGUNDO DÍA										TERCER DÍA										
		7 am.	8 am.	9 am.	10 am.	11 am.	12 pm.	1 pm.	2 pm.	3 pm.	4 pm.	5 pm.	7 am.	8 am.	9 am.	10 am.	11 am.	12 pm.	1 pm.	2 pm.	3 pm.	4 pm.	5 pm.	7 am.	8 am.	9 am.	10 am.	11 am.	12 pm.	1 pm.	2 pm.	3 pm.
Excavación de ventanas (m3)																																
Fragentación de tubería (ml)	ml																															
Relleno de ventanas (m3)																																

Fuente. Propia (2015)

En el cuadro se observa el rendimiento diario por actividad, donde identificamos cada partida con diferente color.

La longitud de excavación es 06 ventanas en una longitud de 156.19 ml, siendo el avance diario promedio 156.19 ml para excavación de zanja. Para la instalación de tubería de 200mm, se necesitó 13 rollos de tubería de PE-100 c/u de 12 m., de. El avance de relleno de ventanas 7.5m³ por operario

Cuadro N° 16: Análisis de cuadrilla.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	HORAS DE TRABAJO (HORAS)	MANO DE OBRA CALIFICADA				EQUIPOS									
			OPERADOR DE EQUIPO	OPERARIO	OFICIAL	PEÓN	RETROEXCAVADORA	MINICARGADOR	VOLQUETE 15M ³	VIBROAPISONADOR	MOTOBOMBA	FRAGMENTADOR	GRUPO ELECTRÓGENO	CAMIÓN PLUMA	TERMOFUSIÓN	
EXCAVACIÓN DE VENTANAS	Und	6					1									
TERMOFUSIÓN DE TUBERÍA Ø 160 mm	Und	5												1		1
FRAGMENTACIÓN DE TUBERÍA Ø 160 mm	ml	10									1	1	1	1		
RELLENO DE VENTANAS	m ³	4						1	1	6						

Fuente. Propia (2015)

Para analizar las cuadrillas de trabajo, iniciamos con la cuadrilla de excavación de ventanas, conformado por 01 retroexcavadora con su respectivo operador + 01 peón. La cuadrilla de la termofusión está conformada por 01 operario + 01 peón, utilizando 01 equipo de termofusión Basic C250 V0 + 01 generador eléctrico. La cuadrilla de fragmentación de red está conformado por 01 operario + 04 peones, utilizando 01 equipo de fragmentación T70 + 01 Generador eléctrico + 01 camión pluma con su respectivo operador y para la cuadrilla de relleno se necesitaron 01 minicargador con su respectivo operador 01 volquete con su respectivo operador + 06 vibro apisonadores + 06 operarios + 01 peón.

Rendimientos analizados con ambos métodos

Cuadro N° 17: Rendimiento de alcantarillado de ambos métodos.

DESCRIPCIÓN	UND	Longitud ml	Excavación de zanja y/o ventanas - red	Instalación de Tubería Ø 200 mm ml	Relleno de zanja y/o ventanas	TOTAL
Método Tradicional	días	136.16	2.50	0.50	2.50	5.50
Método Pipe Bursting	días	156.19	1.00	1.00	1.00	3.00

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 16: Rendimiento de alcantarillado.



Fuente. Cuadro N° 17

Observamos que con el método Pipe Bursting los trabajos se realizan en 3 días, y con el método tradicional se realizan en mayor tiempo, teniendo mayor rendimiento con el Pipe Bursting.

4.1.3 Costo de los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado

Para el análisis de costos en redes de agua potable y alcantarillado fueron cuatro las actividades analizadas midiendo el costo en mano de obra calificada, materiales y equipos por cada actividad, siendo estas:

- Excavación de zanjas.
- Instalación de tubería de red.
- Instalación de tubería de conexiones (agua potable)
- Relleno de zanjas y/o ventanas

Según Salinas, M. (2008. Pág. 24), para hallar el aporte unitario o cantidad unitaria según actividad analizada usamos la siguiente fórmula:

Figura N° 44: Fórmula de cantidad unitaria

$$\text{CANTIDAD UNITARIA} = \frac{\text{NÚMERO DE OBREROS * HORAS DE TRABAJO}}{\text{RENDIMIENTO}}$$

Fuente. Salinas, M (2008)

a) Redes de agua potable

- Método tradicional

Los costos a analizar son únicamente costos directos de las actividades realizadas en la ejecución del tramo avenida Andrés Avelino Cáceres N-001 al N-006, que está compuesto por mano de obra, equipos y materiales.

Los precios que se están utilizando no incluyen IGV.

- Método Pipe Bursting

Los costos analizados son únicamente costos directos de las actividades realizadas en la ejecución del tramo Av. Balta N-001 al N-003, que está compuesto por mano de obra, equipos y materiales.

Los precios que se están utilizando no incluyen IGV.

Análisis de costos unitarios

- Método tradicional

- Excavación de zanja

Tabla N° 18: Partida - Excavación de zanja – Método tradicional.

Partida 01.02.01 EXCAVACIÓN C/EQUIPO EN T.NORMAL HASTA 1.30 P/TUB. DE 160MM									
Rendimiento	m3/DIA	MO.	55.00	EQ.	55.00	Costo unitario directo por : m	28.78		
Descripción Insumo					Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra									
PEON					hh	1.0000	0.1455	13.19	4.11
CAPATAZ					hh	1.0000	0.1455	18.47	2.69
									6.80
Equipos									
HERRAMIENTAS MANUALES					%MO		3.0000	6.80	0.20
									0.20
Sub Partida									
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS					hm	1.0000	0.1455	149.72	21.78
									21.98

Fuente. Propia (2015)

Tabla N° 19: Sub Partida - Excavación de zanja – Método tradicional.

Sub Partida RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS									
Rendimiento	hm/DIA	MO.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm	149.72		
Descripción Insumo					Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra									
OPERARIO DE EQUIPO PESADO					hh		1.0000	17.99	17.99
									17.99
Materiales									
PETROLEO DIESEL # 2					gln		4.1000	12.19	49.98
									49.98
Equipos									
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS					hm		1.0000	81.75	81.75
									81.75

Fuente. Propia (2015)

- **Método Pipe Bursting**
- **Excavación de ventanas**

Tabla N° 20: Sub Partida - Excavación de ventanas - Pipe Bursting.

Sub Partida EXCAVACIÓN A MAQUINARIA										
Rendimiento	m3/DIA	MO.	60.00	EQ.	60.00	Costo unitario directo por : m3		24.26		
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra										
PEON						hh	1.0000	0.1333	13.19	1.76
CAPATAZ						hh	1.0000	0.1333	18.47	2.47
										4.23
Equipos										
HERRAMIENTAS MANUALES						%MO		3.0000	4.23	0.13
										0.13
Sub Partida										
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS						hm	1.0000	0.1333	149.32	19.90
										19.90
Sub-Sub Partida RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS										
Rendimiento	hm/DIA	MO.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm		149.32		
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra										
OPERARIO DE EQUIPO PESADO						hh		1.0000	17.99	17.99
										17.99
Materiales										
PETROLEO DIESEL # 2						gln		4.1000	12.19	49.98
										49.98
Equipos										
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS						hm		1.0000	81.35	81.35
										81.35

Fuente. Propia (2015)

- **Método tradicional**
- **Instalación de tubería de red de Ø160 mm**

Tabla N° 21: Partida - Instalación de tubería de red – Método tradicional.

Partida 01.02.06 CAMBIO DE TUBERÍA A.P. CON ZANJA Ø 160mm										
Rendimiento	m/DIA	MO.	100.00	EQ.	100.00	Costo unitario directo por : m		48.82		
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra										
PEON						hh	1.0000	0.0800	13.19	1.06
OPERADOR DE EQUIPO DE TERMOFUSION-ELECTROFU						hh	1.0000	0.0800	20.00	1.60
CAPATAZ						hh	1.0000	0.0800	18.47	1.48
										4.14
Materiales										
ALCOHOL ISOTRÓPICO NATURAL						gln		0.0025	300.00	0.75
TOALLAS PAPEL BLANCO						und		0.0050	5.00	0.03
ESCOBILLA PE						und		0.0013	350.00	0.46
TUBERIA PE-100, SDR 17 Ø 160 MM.						m		1.0500	37.07	38.92
										40.16
Equipos										
HERRAMIENTAS MANUALES						%MO		3.0000	4.14	0.12
EQUIPO P/TERMOFUSIÓN						hm	1.0000	0.0800	35.00	2.80
										2.92
Sub Partida										
GENERADOR ELÉCTRICO						hm	1.0000	0.0800	19.96	1.60
										1.60

Fuente. Propia (2015)

Tabla N° 22: Sub Partida - Instalación de tubería de red– Método tradicional.

Sub Partida GENERADOR ELÉCTRICO							
Rendimiento	hm/DIA	MO.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm	19.96
Descripción Insumo		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Materiales							
	PETROLEO DIESEL # 2	gln		0.5000	12.19		6.10
							6.10
Equipos							
	GENERADOR ELÉCTRICO	hm		1.0000	13.86		13.86
							13.86

Fuente. Propia (2015)

- **Método Pipe Bursting**
- **Instalación de tubería de Ø160mm**

Tabla N° 23: Partida - Instalación de tubería - Pipe Bursting.

Partida 01.03.01 CAMBIO DE TUBERÍA A.P. SIN ZANJA Ø 160mm							
Rendimiento	m/DIA	MO.	150.00	EQ.	150.00	Costo unitario directo por : m	76.14
Descripción Insumo		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
Mano de Obra							
	PEON	hh	4.0000	0.2133	13.19		2.81
	OPERADOR DE EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN	hh	1.0000	0.0533	20.00		1.07
	OPERADOR DE EQUIPO DE TERM OFUSIÓN-ELECTROFUSI	hh	1.0000	0.0533	20.00		1.07
	CAPATAZ	hh	1.0000	0.0533	18.47		0.99
							5.94
Materiales							
	ALCOHOL ISOTRÓPICO NATURAL	gln		0.0025	300.00		0.75
	TOALLAS PAPEL BLANCO	und		0.0050	5.00		0.03
	ESCOBILLA PE	und		0.0022	350.00		0.77
	TUBERÍA PE-100, SDR 17 Ø 160 MM.	m		1.0500	37.07		38.92
							40.47
Equipos							
	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	5.94		0.18
	EQUIPO P/TERM OFUSIÓN	hm	1.0000	0.0533	35.00		1.87
							2.05
Sub Partidas							
	CAMIÓN PLUMA	hm	1.0000	0.0533	149.80		7.98
	GENERADOR ELÉCTRICO	hm	1.0000	0.0533	19.96		1.06
	EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN T70	hm	1.0000	0.0533	349.80		18.64
							27.68

Fuente. Propia (2015)

Tabla N° 24: Sub Partida - Instalación de tubería - Pipe Bursting.

Sub Partida CAMIÓN PLUMA										
Rendimiento	hm/DIA	MO.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm				149.80
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra										
OPERARIO DE EQUIPO PESADO						hh		1.0000	17.99	17.99
										17.99
Materiales										
PETROLEO DIESEL # 2						gln		3.4300	12.19	41.81
										41.81
Equipos										
CAMIÓN PLUMA						hm		1.0000	90.00	90.00
										90.00
Sub Partida GENERADOR ELÉCTRICO										
Rendimiento	hm/DIA	MO.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm				19.96
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Materiales										
PETROLEO DIESEL # 2						gln		0.5000	12.19	6.10
										6.10
Equipos										
GENERADOR ELÉCTRICO						hm		1.0000	13.86	13.86
										13.86
Sub Partida EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN T70										
Rendimiento	hm/DIA	MO.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm				349.80
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra										
OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO						hh		1.0000	17.99	17.99
										17.99
Materiales										
PETROLEO DIESEL # 2						gln		3.5000	12.19	42.67
										42.67
Equipos										
EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN T70						hm		1.0000	289.14	289.14
										289.14

Fuente. Propia (2015)

- Método tradicional

- Instalación de conexiones domiciliarias

Tabla N° 25: Partida - Instalación de conexiones domiciliarias – Método tradicional.

Partida	02.01.07 CONEXIÓN DOMICILIARIA TUBO HDP 1/2" EN TUBERÍA 160mm							
Rendimiento	und/DIA	MO.	15.00	EQ.	15.00	Costo unitario directo por : und	170.82	
Descripción Insumo						Unidad Cuadrilla Cantidad Precio	Parcial	
Mano de Obra								
PEON				hh	1.0000	0.5333	13.19	7.03
OPERADOR DE EQUIPO DE TERMOFUSIÓN-ELECTROFU				hh	1.0000	0.5333	20.00	10.67
CAPATAZ				hh	0.1000	0.0533	18.47	0.98
								18.68
Materiales								
CONECTOR HPDE-PVC 1/2"				und		1.0000	3.14	3.14
ALCOHOL ISOTRÓPICO NATURAL				gln		0.0025	300.00	0.75
TOALLAS PAPEL BLANCO				und		0.0050	5.00	0.03
ESCOBILLA PE				und		0.0013	350.00	0.46
ABRAZADERA TOMA EN CARGA Ø 160 MM.				und		1.0000	100.50	100.50
TUBERÍA HDPE DE 1/2" 145 PSI				m		5.5000	1.90	10.45
								115.33
Equipos								
HERRAMIENTAS MANUALES				%MO		3.0000	18.68	0.56
								0.56
Sub Partida								
CAMIONETA				hm	0.5000	0.2667	96.04	25.61
GENERADOR ELÉCTRICO				hm	1.0000	0.5333	19.96	10.64
								36.25

Fuente. Propia (2015)

Tabla N° 26: Sub Partidas - Instalación de conexiones domiciliarias – Método tradicional.

Sub Partida	CAMIONETA							
Rendimiento	hm/DIA	MO.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm	96.04	
Descripción Insumo						Unidad Cuadrilla Cantidad Precio	Parcial	
Mano de Obra								
OPERARIO DE EQUIPO PESADO				hh		1.0000	17.99	17.99
								17.99
Materiales								
PETROLEO DIESEL # 2				gln		2.5000	12.19	30.48
								30.48
Equipos								
CAMIONETA				hm		1.0000	47.57	47.57
								47.57
Sub Partida	GENERADOR ELÉCTRICO							
Rendimiento	hm/DIA	MO.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm	19.96	
Descripción Insumo						Unidad Cuadrilla Cantidad Precio	Parcial	
Materiales								
PETROLEO DIESEL # 2				gln		0.5000	12.19	6.10
								6.10
Equipos								
GENERADOR ELÉCTRICO				hm		1.0000	13.86	13.86
								13.86

Fuente. Propia (2015)

- Método Pipe Bursting

- Instalación de conexiones domiciliarias

Tabla N° 27: Partida - Instalación de conexiones - Pipe Bursting.

Partida	02.01.01 CONEXIÓN DOMICILIARIA TUBO HDPE 1/2" Ø 160 MM									
Rendimiento	m/DIA	MO.	30.00	EQ.	30.00	Costo unitario directo por : m				163.22
						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Descripción Insumo										
Mano de Obra										
PEON						hh	1.0000	0.2667	13.19	3.52
OPERADOR DE EQUIPO DE TERMOFUSIÓN-ELECTROFUSI						hh	1.0000	0.2667	20.00	5.33
CAPATAZ						hh	1.0000	0.2667	18.47	4.93
										13.78
Materiales										
CONECTOR HPDE-PVC 1/2"						und		1.0000	8.00	8.00
ALCOHOL ISOTRÓPICO NATURAL						gln		0.0025	300.00	0.75
TOALLAS PAPEL BLANCO						und		0.0050	5.00	0.03
ESCOBILLA PE						und		0.0013	350.00	0.46
ABRAZADERA TOMA EN CARGA Ø 160 MM.						und		1.0000	100.50	100.50
TUBERÍA HDPE DE 1/2" 145 PSI						m		5.5000	1.90	10.45
										120.19
Equipos										
HERRAMIENTAS MANUALES						%MO		3.0000	13.78	0.41
										0.41
Sub Partidas										
CAMIONETA						hm	0.5000	0.1333	96.04	12.81
GENERADOR ELÉTRICO						hm	1.0000	0.2667	19.96	5.33
EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN MINI						hm	1.0000	0.2667	40.09	10.70
										28.84

Fuente. Propia (2015)

Tabla N° 28: Sub Partidas - Instalación de conexiones - Pipe Bursting.

Sub Partida	CAMIONETA									
Rendimiento	hm/DIA	MO.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm				96.04
						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Descripción Insumo										
Mano de Obra										
OPERARIO DE EQUIPO PESADO						hh		1.0000	17.99	17.99
										17.99
Materiales										
PETROLEO DIESEL # 2						gln		2.5000	12.19	30.48
										30.48
Equipos										
CAMIONETA						hm		1.0000	47.57	47.57
										47.57
Sub Partida	GENERADOR ELÉTRICO									
Rendimiento	hm/DIA	MO.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm				19.96
						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Descripción Insumo										
Materiales										
PETROLEO DIESEL # 2						gln		0.5000	12.19	6.10
										6.10
Equipos										
GENERADOR ELÉTRICO						hm		1.0000	13.86	13.86
										13.86
Sub Partida	EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN MINI									
Rendimiento	hm/DIA	MO.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm				40.09
						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Descripción Insumo										
Mano de Obra										
OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO						hh		1.0000	17.99	17.99
										17.99
Materiales										
PETROLEO DIESEL # 2						gln		0.5000	12.19	6.10
										6.10
Equipos										
EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN MINI						hm		1.0000	16.00	16.00
										16.00

Fuente. Propia (2015)

- Método tradicional

- Relleno de zanjas

Tabla N° 29: Partida - Relleno de zanjas – Método tradicional.

Partida	01.02.04	RELLENO COMPACTADO DE ZANJA.C/MATERIAL PROPIO HAS TA 1.30m P/TUB D= 160mm								
Rendimiento	m3/DIA	M.O.	50.00	EQ.	50.00	Costo unitario directo por : m			88.46	
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra										
PEON						hh	1.0000	0.1600	13.19	2.11
CAPATAZ						hh	1.0000	0.1600	18.47	2.96
OPERARIO						hh	6.0000	0.9600	17.27	16.58
										21.65
Materiales										
AGUA						m3		0.0512	6.00	0.31
										0.31
Equipos										
HERRAMIENTAS MANUALES						%M O		3.0000	21.65	0.65
MINICARGADOR MULTIPROPÓSITO						hm	1.0000	0.1600	70.71	11.31
VIBROAPISONADOR 62kg 3.4 HP						hm	6.0000	0.9600	47.18	45.29
										57.25
Sub Partida										
CLASIFICACIÓN DE MATERIAL PROPIO P/RELLENO						m3		0.7510	12.32	9.25
										9.25

Fuente. Propia (2015)

Tabla N° 30: Sub Partida - Relleno de zanjas – Método tradicional.

Sub Partida	MINICARGADOR MULTIPROPÓSITO									
Rendimiento	hm/DIA	MO.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm			70.71	
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra										
OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO						hh		1.0000	17.99	17.99
Materiales										
PETROLEO DIESEL # 2						gn		1.8000	12.19	21.94
										21.94
Equipos										
MINICARGADOR MULTIPROPÓSITO						hm		1.0000	30.78	30.78
										30.78
Sub Partida	VIBROAPISONADOR 62kg 3.4 HP									
Rendimiento	hm/DIA	MO.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm			47.18	
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra										
OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO						hh		1.0000	17.99	17.99
Materiales										
PETROLEO DIESEL # 2						gn		0.2500	12.19	3.05
										3.05
Equipos										
VIBROAPISONADOR 62kg 3.4 HP						hm		1.0000	26.14	26.14
										26.14
Sub Partida	CLASIFICACIÓN DE MATERIAL PROPIO P/RELLENO									
Rendimiento	m3/DIA	MO.	30.00	EQ.	30.00	Costo unitario directo por : m3			12.32	
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra										
PEON						hh	2.0000	0.5333	13.19	7.03
CAPATAZ						hh	1.0000	0.2667	18.47	4.93
										11.96
Equipos										
HERRAMIENTAS MANUALES						%MO		3.0000	11.96	0.36
										0.36

Fuente. Propia (2015)

- **Método Pipe Bursting**
 - **Relleno de ventanas**

Tabla N° 31: Sub Partida - Relleno de ventanas - Pipe Bursting.

Sub Partida RELLENO C/MAT. PRÉS TAMO P/VENTANAS							
Rendimiento	m3/DÍA	M.O.	60.00	EQ.	60.00	Costo unitario directo por : m3	64.76
Descripción Insumo						Unidad Cuadrilla Cantidad Precio	Parcial
Mano de Obra							
OPERARIO				hh	4.0000	0.5333 17.27	9.22
PEON				hh	1.0000	0.1333 13.19	1.75
CAPATAZ				hh	1.0000	0.1333 18.47	2.46
							13.43
Materiales							
MATERIAL DE PRÉSTAMO CLASIFICADO PUESTO EN OBR				m3		1.2500 25.42	31.78
							31.78
Equipos							
HERRAMIENTAS MANUALES				%MO		3.0000 10.97	0.33
MINICARGADOR MULTIPROPÓSITO				hm	1.0000	0.1333 30.78	4.10
CAMIÓN CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL.				hm	0.1250	0.0167 70.56	1.18
VIBROAPISONADOR 62KG 3.4 HP				hm	4.0000	0.5333 26.14	13.94
							19.55

Fuente. Propia (2015)

Costo total de las partidas analizadas

- **Método tradicional**
- **Excavación de zanja**

Tabla N° 32: Costo por partida - Excavación de zanja.

PARTIDA ANALIZADA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	METRADO	COSTO PARCIAL
EXCAVACIÓN C/EQUIPO EN T.NORMAL HASTA 1.30 P/TUB. DE 160MM	m	28.78	227.10	S/. 6,536.85
Mano de Obra				
PEON	hh	4.11	227.10	S/. 933.38
CAPATAZ	hh	2.69	227.10	S/. 610.90
Equipos				
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.20	227.10	S/. 46.33
Sub Partida				
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS	hm	21.78	227.10	S/. 4,946.24

Fuente. Propia (2015)

Tabla N° 33: Costo por sub partida - Excavación de zanja.

SUB PARTIDA ANALIZADA						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD EN A.P.U. RESPECTIVO	COSTO PARCIAL	METRADO	COSTO INCLUIDO EN PARTIDA
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS	hm	149.72	0.1455	21.78	227.10	S/. 4,946.24
Mano de Obra						
OPERARIO DE EQUIPO PESADO	hh	17.99	0.1455	2.62	227.10	S/. 595.00
Materiales						
PETROLEO DIESEL # 2	gh	49.98	0.1455	7.27	227.10	S/. 1,651.02
Equipos						
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS	hm	81.75	0.1455	11.89	227.10	S/. 2,700.22

Fuente. Propia (2015)

- Método Pipe Bursting
- Excavación de Ventanas

Tabla N° 34: Costo por Sub partida - Excavación de ventanas.

SUB PARTIDA ANALIZADA						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD EN A.P.U. RESPECTIVO	COSTO PARCIAL	METRADO	COSTO INCLUIDO EN PARTIDA
EXCAVACIÓN A MAQUINARIA	m3	23.53	5.2000	122.36	4.00	S/. 489.44
Mano de Obra						S/. 124.64
PEON	hh	3.52	5.2000	18.31	4.00	S/. 73.24
CAPATAZ	hh	2.47	5.2000	12.85	4.00	S/. 51.40
Equipos						S/. 2.28
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.11	5.2000	0.57	4.00	S/. 2.28
Sub Partida						S/. 413.92
RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS	hm	19.90	5.2000	103.48	4.00	S/. 413.92

Fuente. Propia (2015)

Tabla N° 35: Costo por Sub partida - Excavación de ventanas.

SUB-SUB PARTIDA ANALIZADA								
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD EN A.P.U. RESPECTIVO	COSTO SUB PARCIAL	CANTIDAD EN A.P.U. DE SUB PARTIDA	COSTO PARCIA	METRADO	COSTO INCLUIDO EN PARTIDA
RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS	hm	149.32	0.1333	19.90	5.20	103.48	4.00	S/. 413.92
Mano de Obra								S/.
OPERARIO DE EQUIPO PESADO	hh	17.99	0.1333	2.40	5.20	12.48	4.00	S/. 49.92
Materiales								S/. 138.52
PETROLEO DIESEL #2	gln	49.98	0.1333	6.66	5.20	34.63	4.00	S/. 138.52
Equipos								S/. 225.48
RETROEXCAVADORA SOBRE LLANTAS	hm	81.35	0.1333	10.84	5.20	56.37	4.00	S/. 225.48

Fuente. Propia (2015)

- Método tradicional
- Instalación de tubería de Ø160 mm

Tabla N° 36: Costo por partida - Instalación de tubería.

PARTIDA ANALIZADA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	METRADO	COSTO PARCIA
CAMBIO DE TUBERÍA A.P. CON ZANJA Ø 160mm	m	48.82	227.10	S/.
Mano de Obra				11,087.98
PEON	hh	1.06	227.10	S/. 940.19
OPERADOR DE EQUIPO DE TERMOFUSION-ELECTROFUSIÓN	hh	1.60	227.10	S/. 240.73
CAPATAZ	hh	1.48	227.10	S/. 363.36
Materiales				S/. 336.11
ALCOHOL ISOTRÓPICO NATURAL	gln	0.75	227.10	S/.
TOALLAS PAPEL BLANCO	und	0.03	227.10	9,120.34
ESCOBILLA PE	und	0.46	227.10	S/. 170.33
TUBERIA PE-100, SDR 17 Ø 160 MM.	m	38.92	227.10	S/. 6.81
Equipos				S/. 104.47
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.12	227.10	S/.
EQUIPO P/TERMOFUSIÓN	hm	2.80	227.10	8,838.73
Sub Partida				S/. 664.09
GENERADOR ELÉCTRICO	hm	1.60	227.10	S/. 28.21

Fuente. Propia (2015)

Tabla N° 37: Costo por Sub Partida - Instalación de Tubería.

SUB PARTIDA ANALIZADA						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD EN A.P.U. RESPECTIVO	COSTO PARCIA	METRADO	COSTO INCLUIDO EN PARTIDA
GENERADOR ELÉCTRICO		19.96	0.0800	1.60	227.10	S/. 363.36
Materiales						S/. 111.28
PETROLEO DIESEL # 2	gln	6.10	0.0800	0.49	227.1	S/. 111.28
Equipos						S/. 252.08
GENERADOR ELÉCTRICO	hm	13.86	0.0800	1.11	227.10	S/. 252.08

Fuente. Propia (2015)

- Método Pipe Bursting
- Instalación de Tuberías de la red

Tabla N° 38: Costo por partida - Instalación de tubería.

PARTIDA ANALIZADA				
CAMBIO DE TUBERÍA A.P. SIN ZANJA Ø 160mm	m	76.14	234.21	S/. 17,832.75
Mano de Obra				S/. 1,391.21
PEON	hh	2.81	234.21	S/. 658.13
OPERADOR DE EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN	hh	1.07	234.21	S/. 250.60
OPERADOR DE EQUIPO DE TERM OFUSIÓN-ELECTROFUSIÓN	hh	1.07	234.21	S/. 250.60
CAPATAZ	hh	0.99	234.21	S/. 231.87
Materiales				S/. 9,478.48
ALCOHOL ISOTRÓPICO NATURAL	gln	0.75	234.21	S/. 175.66
TOALLAS PAPEL BLANCO	und	0.03	234.21	S/. 7.03
ESCOBILLA PE	und	0.77	234.21	S/. 180.34
TUBERÍA PE-100, SDR 17 Ø 160 MM.	m	38.92	234.21	S/. 9,115.45
Equipos				S/. 480.13
HERRAMIENTAS MANUALES	%M.O	0.18	234.21	S/. 42.16
EQUIPO P/TERM OFUSIÓN	hm	1.87	234.21	S/. 437.97
Sub Partida				6,482.93
CAMIÓN PLUMA	hm	7.98	234.21	S/. 1,869.00
GENERADOR ELÉCTRICO	hm	1.06	234.21	S/. 248.26
EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN T70	hm	18.64	234.21	S/. 4,365.67

Fuente. Propia (2015)

Tabla N° 39: Costo por Sub partida - Instalación de tuberías.

SUB PARTIDA ANALIZADA						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD EN A.P.U. RESPECTIVO	COSTO PARCIAL	METRADO	COSTO INCLUIDO EN PARTIDA
CAMIÓN PLUMA	hm	149.80	0.0533	7.98	234.21	S/. 1,869.00
Mano de Obra						S/. 222.50
OPERARIO DE EQUIPO PESADO	hh	17.99	0.0533	0.95	234.21	S/. 222.50
Materiales						S/. 522.29
PETROLEO DIESEL # 2	gln	41.81	0.0533	2.23	234.21	S/. 522.29
Equipos						S/. 1,124.21
CAMIÓN PLUMA	hm	90.00	0.0533	4.80	234.21	S/. 1,124.21
GENERADOR ELÉCTRICO	hm	19.96	0.0533	1.06	234.21	S/. 248.26
Materiales						S/. 77.29
PETROLEO DIESEL # 2	gln	6.10	0.0533	0.33	234.21	S/. 77.29
Equipos						S/. 170.97
GENERADOR ELÉCTRICO	hm	13.86	0.0533	0.73	234.21	S/. 170.97
EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN T70	hm	349.80	0.0533	18.64	234.21	S/. 4,365.67
Mano de Obra						S/. 224.84
OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO	o	17.99	0.0533	0.96	234.21	S/. 224.84
Materiales						S/. 531.66
PETROLEO DIESEL # 2	o	42.67	0.0533	2.27	234.21	S/. 531.66
Equipos						S/. 3,609.18
EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN T70	o	289.14	0.0533	15.41	234.21	S/. 3,609.18

Fuente. Propia (2015)

- Método tradicional

- Instalación de conexiones domiciliarias

Tabla N° 40: Costo por Partida - Instalación de Conexiones Domiciliarias.

PARTIDA ANALIZADA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	METRADO	COSTO PARCIAL
CONEXIÓN DOMICILIARIA TUBO HDP 1/2" EN TUBERÍA 160mm	und	170.82	20.00	S/. 3.416.41
Mano de Obra				S/. 373.60
PEON	hh	7.03	20.00	S/. 140.60
OPERADOR DE EQUIPO DE TERM OFUSIÓN-ELECTROFUSIÓN	hh	10.67	20.00	S/. 213.40
CAPATAZ	hh	0.98	20.00	S/. 19.60
Materiales				S/. 2.306.60
CONECTOR HPDE-PVC 1/2"	und	3.14	20.00	S/. 62.80
ALCOHOL ISOTRÓPICO NATURAL	gln	0.75	20.00	S/. 15.00
TOALLAS PAPEL BLANCO	und	0.03	20.00	S/. 0.60
ESCOBILLA PE	und	0.46	20.00	S/. 9.20
ABRAZADERA TOM A EN CARGA Ø 160 M.M.	und	100.50	20.00	S/. 2.010.00
TUBERÍA HDPE DE 1/2" 145 PSI	m	10.45	20.00	S/. 209.00
Equipos				S/. 11.21
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.56	20.00	S/. 11.21
Sub Partida				S/. 725.00
CAMIONETA	hm	25.61	20.00	S/. 512.20
GENERADOR ELÉCTRICO	hm	10.64	20.00	S/. 212.80

Fuente. Propia (2015)

Tabla N° 41: Costo por Sub Partida - Instalación de Conexiones Domiciliarias.

SUB PARTIDA ANALIZADA						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD EN A.P.U. RESPECTIVO	COSTO PARCIAL	METRADO	COSTO INCLUIDO EN PARTIDA
CAMIONETA		96.04	0.2667	25.61	20.00	S/. 512.20
Mano de Obra						S/. 96.00
OPERARIO DE EQUIPO PESADO	hh	17.99	0.2667	4.80	20.00	S/. 96.00
Materiales						S/. 162.40
PETROLEO DIESEL # 2	gln	30.48	0.2667	8.13	20.00	S/. 162.40
Equipos						S/. 253.80
CAMIONETA	hm	47.57	0.2667	12.69	20.00	S/. 253.80
GENERADOR ELÉCTRICO	hm	19.96	0.5333	10.64	20.00	S/. 212.80
Materiales						S/. 65.00
PETROLEO DIESEL # 2	gln	6.10	0.5333	3.25	20.00	S/. 65.00
Equipos						S/. 147.80
GENERADOR ELÉCTRICO	hm	13.86	0.5333	7.39	20.00	S/. 147.80

Fuente. Propia (2015)

- Método Pipe Bursting
- Instalación de Conexiones domiciliarias.

Tabla N° 42: Costo por partida - Instalación de conexiones.

PARTIDA ANALIZADA				
CONEXIÓN DOMICILIARIA TUBO HDPE 1/2" Ø 160 MM	m	163.22	30.00	S/. 4,896.60
Mano de Obra				S/. 413.40
PEON	hh	3.52	30.00	S/. 105.60
OPERADOR DE EQUIPO DE TERMOFUSIÓN-ELECTROFUSIÓN	hh	5.33	30.00	S/. 159.90
CAPATAZ	hh	4.93	30.00	S/. 147.90
Materiales				S/. 3,605.70
CONECTOR HPDE-PVC 1/2"	und	8.00	30.00	S/. 240.00
ALCOHOL ISOTRÓPICO NATURAL	gln	0.75	30.00	S/. 22.50
TOALLAS PAPEL BLANCO	und	0.03	30.00	S/. 0.90
ESCOBILLA PE	und	0.46	30.00	S/. 13.80
ABRAZADERA TOMA EN CARGA Ø 160 MM.	und	100.50	30.00	S/. 3,015.00
TUBERÍA HDPE DE 1/2" 145 PSI	m	10.45	30.00	S/. 313.50
Equipos				S/. 12.30
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.41	30.00	S/. 12.30
Sub Partida				S/. 865.20
CAMIONETA	hm	12.81	30.00	S/. 384.30
GENERADOR ELÉCTRICO	hm	5.33	30.00	S/. 159.90
EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN MINI	hm	10.70	30.00	S/. 321.00

Fuente. Propia (2015)

Tabla N° 43: Costo por Sub partida - Instalación de conexiones.

SUB PARTIDA ANALIZADA						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD EN A.P.U. RESPECTIVO	COSTO PARCIA	METRADO	COSTO INCLUIDO EN PARTIDA
CAMIONETA	hm	96.04	0.1333	12.81	30.00	S/. 384.30
Mano de Obra						S/. 72.00
OPERARIO DE EQUIPO PESADO	hh	17.99	0.1333	2.40	30.00	S/. 72.00
Materiales						S/. 121.80
PETROLEO DIESEL # 2	gln	30.48	0.1333	4.06	30.00	S/. 121.80
Equipos						S/. 190.20
CAMIONETA	hm	47.57	0.1333	6.34	30.00	S/. 190.20
GENERADOR ELÉCTRICO	hm	19.96	0.3200	6.39	30.00	S/. 191.70
Materiales						S/. 58.50
PETROLEO DIESEL # 2	gln	6.10	0.3200	1.95	30.00	S/. 58.50
Equipos					0.00	S/. 133.20
GENERADOR ELÉCTRICO	hm	13.86	0.3200	4.44	30.00	S/. 133.20
EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN MINI	hm	40.09	0.3200	12.83	30.00	S/. 384.90
Mano de Obra						S/. 172.80
OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO	hh	17.99	0.3200	5.76	30.00	S/. 172.80
Materiales						S/. 58.50
PETROLEO DIESEL # 2	gln	6.10	0.3200	1.95	30.00	S/. 58.50
Equipos						S/. 153.60
EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN MINI	hm	16.00	0.3200	5.12	30.00	S/. 153.60

Fuente. Propia (2015)

- Método tradicional
- Relleno y compactación de zanja

Tabla N° 44: Costo por Partida - Relleno de Zanja.

PARTIDA ANALIZADA				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	METRADO	COSTO PARCIAL
RELLENO COMPACTADO DE ZANJA.C/MATERIAL PROPIO HASTA 1.3	m3	88.46	227.10	S/. 20,089.15
Mano de Obra				S/. 4,916.72
PEON	hh	2.11	227.10	S/. 479.18
CAPATAZ	hh	2.96	227.10	S/. 672.22
OPERARIO	hh	16.58	227.10	S/. 3,765.32
Materiales				S/. 70.40
AGUA	m3	0.31	227.10	S/. 70.40
Equipos				S/. 147.50
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.65	227.10	S/. 147.50
Sub Partida				S/. 2,100.68
MINICARGADOR MULTIPROPÓSITO	hm	11.31	227.10	S/. 2,568.50
VIBROAPISONADOR 62kg 3.4 HP	hm	45.29	227.10	S/. 10,285.36
CLASIFICACIÓN DE MATERIAL PROPIO P/RELLENO	m3	9.25	227.10	S/. 2,100.68

Fuente. Propia (2015)

Tabla N° 45: Costo por Sub Partida - Relleno de zanja.

SUB PARTIDAS ANALIZADAS						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD EN A.P.U. RESPECTIVO	COSTO PARCIAL	METRADO	COSTO INCLUIDO EN PARTIDA
MINICARGADOR MULTIPROPÓSITO		70.71	0.1600	11.31	227.10	S/. 2,568.50
Mano de Obra						S/. 654.05
OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO	hh	17.99	0.1600	2.88	227.10	S/. 654.05
Materiales						S/. 797.12
PETROLEO DIESEL #2	gln	21.94	0.1600	3.51	227.10	S/. 797.12
Equipos						S/. 1,117.33
MINICARGADOR MULTIPROPÓSITO	hm	30.78	0.1600	4.92	227.10	S/. 1,117.33
VIBROAPISONADOR 62kg 3.4 HP		47.18	0.9600	45.29	227.10	S/. 10,285.36
Mano de Obra						S/. 3,922.02
OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO	hh	17.99	0.9600	17.27	227.10	S/. 3,922.02
Materiales						S/. 665.40
PETROLEO DIESEL #2	gln	3.05	0.9600	2.93	227.10	S/. 665.40
Equipos						S/. 5,697.94
VIBROAPISONADOR 62kg 3.4 HP	hm	26.14	0.9600	25.09	227.10	S/. 5,697.94
CLASIFICACIÓN DE MATERIAL PROPIO P/RELLENO		12.32	0.7510	9.25	227.10	S/. 2,100.68
Mano de Obra						S/. 2,039.36
PEON	hh	7.03	0.7510	5.28	227.10	S/. 1,199.09
CAPATAZ	hh	4.93	0.7510	3.70	227.10	S/. 840.27
Equipos						S/. 61.32
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.36	0.7510	0.27	227.10	S/. 61.32

Fuente. Propia (2015)

- Método Pipe Bursting

- Relleno de ventanas

Tabla N° 46: Costo por Sub partida - Relleno de ventanas.

SUB PARTIDA ANALIZADA						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARI	CANTIDAD EN A.P.U. RESPECTIVO	COSTO PARCIAL	METRADO	COSTO INCLUIDO EN PARTIDA
RELLENO C/MAT. PRÉSTAMO P/VENTANAS	m3	62.30	3.8000	236.74	4.00	S/. 946.96
Mano de Obra						S/. 204.20
OPERARIO	hh	9.22	3.8000	35.05	4.00	S/. 140.20
PEON	hh	1.75	3.8000	6.65	4.00	S/. 26.60
CAPATAZ	hh	2.46	3.8000	9.35	4.00	S/. 37.40
Materiales	0					S/. 483.04
MATERIAL DE PRÉSTAMO CLASIFICADO PUESTO EN OBRA P/RELLENO DE PROTECCIÓN	m3	31.78	3.8000	120.76	4.00	S/. 483.04
Equipos						S/. 297.12
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.33	3.8000	1.25	4.00	S/. 5.00
MINICARGADOR MULTIPROPÓSITO	hm	4.10	3.8000	15.58	4.00	S/. 62.32
CAMIÓN CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL.	hm	1.18	3.8000	4.48	4.00	S/. 17.92
VIBROAPISONADOR 62KG 3.4 HP	hm	13.94	3.8000	52.97	4.00	S/. 211.88

Fuente. Propia (2015)

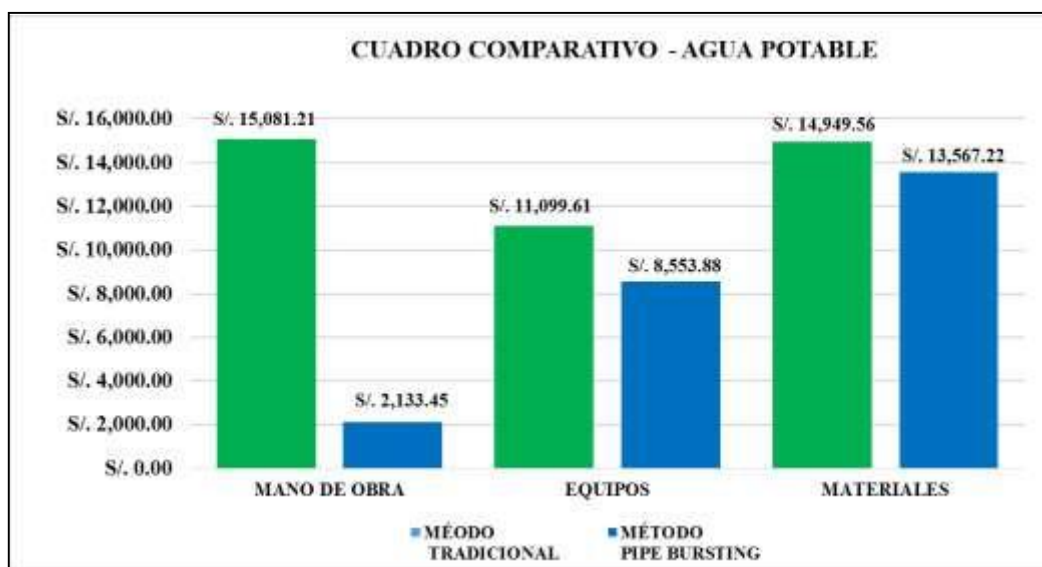
Resumen de costos – Partidas analizadas – Agua Potable

Tabla N° 47: Resumen de costo – Partidas analizadas – Agua potable

RESUMEN DE PARTIDAS ANALIZADAS			
ITEM	DESCRIPCIÓN	MÉODO TRADICIONAL	MÉTODO PIPE BURSTING
01	MANO DE OBRA	S/. 15,081.21	S/. 2,133.45
02	EQUIPOS	S/. 11,099.61	S/. 8,553.88
03	MATERIALES	S/. 14,949.56	S/. 13,567.22
	TOTAL	S/. 41,130.38	S/. 24,254.55

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 17: Resumen de partidas analizadas – Agua potable



Fuente. Tabla N° 47

El cuadro representa el costo total de las partidas analizadas en agua potable, donde con el método pipe Bursting, la mano de obra y materiales el costo es menor que en el método tradicional, mientras que en equipos el costo es superior en el método tradicional.

Análisis del costo total del tramo

- Método tradicional

Para hallar el costo total del tramo se analizó todas las actividades incluidas, la cual es la sumatoria de la mano de obra calificada, equipos y materiales.

A continuación se presentan las siguientes tablas de los costos.

Mano de Obra Calificada

Tabla N° 48: Mano de Obra Calificada.

MANO DE OBRA		
DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
CAPATAZ	hh	S/. 2,280.19
OFICIAL	hh	S/. 112.10
OPERADOR DE EQUIPO DE TERMOFUSIÓN - ELECTROF.	hh	S/. 576.68
OPERARIO	hh	S/. 4,681.79
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	S/. 2,608.89
OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	S/. 1,435.86
PEÓN	hh	S/. 8,542.45
TOPÓGRAFO	hh	S/. 28.10
TOTAL		S/. 20,266.06

Fuente. Obra Moquegua (2015)

En la siguiente tabla se presenta la mano de obra calificada, según el costo directo del tramo analizado que se encuentra en la Av. Andrés Avelino Cáceres del tramo N-001 al N-006, dando un total de S/. 20,266.06 nuevos soles.

- Equipos

Tabla N° 49: Equipos Utilizados en el Proceso de Ejecución.

EQUIPOS		
DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
BALDE PRUEBA-TAPON -ABRAZ. Y ACCESORIOS	hm	S/. 31.19
CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL.	hm	S/. 278.52
CAMION VOLQUETE 15M3	hm	S/. 2,367.51
CAMIONETA	hm	S/. 253.74
CARGADOR S/LLANTAS	hm	S/. 790.20
COMPRESORA NEUMATICA	hm	S/. 36.67
CORTADORA DE PAVIMENTOS 13HP 18"	hm	S/. 87.88
EQUIPO P/TERMOFUSION	hm	S/. 635.88
ESTACION TOTAL ELECTRONICO	hm	S/. 20.92
GENERADOR	hm	S/. 399.64
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	S/. 374.28
MINICARGADOR MULTIPROPOSITO	hm	S/. 1,979.89
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS.	hm	S/. 3,184.70
RODILLO LISO	hm	S/. 315.78
TANQUE IMPRIMADOR DE 400 GL	hm	S/. 108.06
TRACTOR DE TIRO	hm	S/. 62.17
VIBROAPISONADOR 62Kg	hm	S/. 8,284.81
TOTAL		S/. 19,211.84

Fuente. Obra Moquegua (2015)

En la siguiente tabla se presenta los equipos utilizados, según el costo directo del tramo analizado que se encuentra en la Av. Andrés Avelino Cáceres del tramo N-001 al N-006, dando un total de S/. 19,211.84 nuevos soles.

- Materiales

Tabla N° 50: Materiales utilizados en el proceso de ejecución

MATERIALES		
DES CRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
ABRAZADERA TOM A EN CARGA Ø 160 MM	und	S/. 2,010.00
ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	S/. 16.12
AGUA	m3	S/. 259.01
ALCOHOL ISOTROPICO NATURAL	gln	S/. 185.34
ARENA GRUESA	m3	S/. 156.60
ASFALTO DILUIDO MC-30	gln	S/. 503.97
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	S/. 115.26
CONECTOR HPDE-PVC 1/2"	und	S/. 62.80
DISCO PARA CORTE PC 300 DE 18"	und	S/. 1,306.88
EMULSION CATIONICA MODIFICADO CSS 1H	gln	S/. 3,363.20
ESCOBILLA PE	und	S/. 112.42
HIPOCLORITO DE CALCIO 70%	kg	S/. 8.39
MATERIAL CLASIFICADO PARA BASE PUESTO EN OBRA	m3	S/. 1,140.08
MATERIAL DE PRESTAMO CLASIFICADO PUESTO EN OBRA P/ CAMA DE APOYO	m3	S/. 2,601.89
PETROLEO DIESEL # 2	gln	S/. 5,994.43
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3	S/. 263.67
TOALLAS PAPEL BLANCO	und	S/. 6.18
TUBERIA HDPE DE 1/2" 145 PSI	m	S/. 209.00
TUBERIA PE-100, SDR 17 Ø 160 MM.	m	S/. 8,839.53
YESO DE 28 Kg	bol	S/. 18.17
TOTAL		S/. 27,172.94

Fuente. Obra Moquegua (2015)

En la siguiente tabla se presenta los materiales utilizados según el costo directo del tramo analizado que se encuentra en la Av. Andrés Avelino Cáceres del tramo N-001 al N-006, dando un total de S/. 27,172.94 nuevos soles.

Costo total del tramo

En la siguiente tabla, se presenta el resumen del costo total con el método tradicional que se puede apreciar el porcentaje tanto para mano de obra calificada, equipos y materiales, respecto al total del costo directo.

Tabla N° 51: Costo total del tramo

MÉTODO TRADICIONAL - COSTO TOTAL			
ITEM	DES CRIPCIÓN	TOTAL	PORCENTAJE
01	MANO DE OBRA	S/. 20,266.06	30.41%
02	EQUIPOS	S/. 19,211.84	28.82%
03	MATERIALES	S/. 27,172.94	40.77%
	TOTAL	S/. 66,650.84	100.00%

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 18: Costo total del tramo.



Fuente. Tabla N° 51

Interpretación:

Se puede apreciar que el rubro de materiales representa el 41% de costo directo, seguido de los equipos empleados en el proceso con un 29%, sumando representan casi un 70% del costo directo. Mientras que la mano de Obra calificada representa un 30%.

Con los S/ 66,650.84 nuevos soles de costo directo y los 227.10 ml., de tubería que se renovó, podemos deducir que se emplea sólo en costo directo S/. 293.49 nuevos soles por ml. con el método tradicional y S/.6,518.33 para 20 conexiones domiciliarias.

Análisis del costo total del tramo

- Método Pipe Bursting

Para hallar el costo total del tramo se analizó todas las actividades incluidas, la cual es la sumatoria de la mano de obra calificada, equipos y materiales.

A continuación se presentan las siguientes tablas de los costos.

Mano de Obra Calificada

Tabla N° 52: Personal de equipo (Pipe Bursting).

MANO DE OBRA		
DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
CAPATAZ	hh	S/. 555.15
OFICIAL	hh	S/. 311.47
OPERADOR DE EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN	hh	S/. 249.67
OPERADOR DE EQUIPO DE TERMOFUSIÓN	hh	S/. 449.67
OPERARIO	hh	S/. 1,024.40
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	S/. 454.29
OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	S/. 431.33
PEÓN	hh	S/. 1,877.05
TOPÓGRAFO	hh	S/. 28.98
TOTAL		S/. 5,382.01

Fuente. Obra Moquegua (2015)

En la siguiente tabla se presenta la mano de obra calificada, según el costo del tramo analizado que se encuentra en la Av. Balta del N-001 al N-003, dando un total de S/. 5,382.01 nuevos soles.

- Equipos

Tabla N° 53: Equipos utilizados en el proceso de ejecución.

EQUIPOS		
DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
BALDE PRUEBA-TAPON -ABRAZ. Y ACCESORIOS	hm	S/. 34.92
CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL.	hm	S/. 98.45
CAMION PLUM A	hm	S/. 1,123.51
CAMION VOLQUETE 6x4 15 M3.	hm	S/. 317.23
CAMIONETA	hm	S/. 228.34
CARGADOR S/LLANTAS	hm	S/. 82.77
COCINA DE ASFALTO	hm	S/. 66.96
CORTADORA DE PAVIMENTOS 13HP 18"	hm	S/. 26.30
EQUIPO DE FRAGMENTACION O PIPERBUSTING T70	hm	S/. 3,609.45
EQUIPO DE FRAGMENTACION MINI DAT 100G	hm	S/. 153.60
EQUIPO P/TERMOFUSION	hm	S/. 464.92
ESTACION TOTAL ELECTRONICO	hm	S/. 21.58
GENERADOR 1	hm	S/. 306.08
GENERADOR 2	hm	S/. 17.74
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	S/. 120.91
MINICARGADOR MULTIPROPOSITO	hm	S/. 333.40
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS	hm	S/. 709.05
RODILLO LISO	hm	S/. 66.22
TRACTOR DE TIRO	hm	S/. 62.64
VIBROAPISONADOR 62KG	hm	S/. 473.26
TOTAL		S/. 8,317.33

Fuente. Obra Moquegua (2015)

En la siguiente tabla se presenta los equipos utilizados, según el costo del tramo analizado que se encuentra en la Av. Balta del tramo N-001 al N-003, dando un total de S/. 8,317.33 nuevos soles.

- **Materiales**

Tabla N° 54: Materiales utilizados en el proceso de ejecución.

MATERIALES		
DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
ABRAZADERA DE 110 x 3/4	und	S/. 58.56
ABRAZADERA TOMA EN CARGA Ø 160 MM	und	S/. 3,015.00
ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	S/. 16.63
AGUA	m3	S/. 95.88
ALCOHOL ISOTROPICO NATURAL	gln	S/. 199.65
ARENA GRUESA	bol	S/. 32.84
ASFALTO DILUIDO MC-30	gln	S/. 121.69
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	S/. 24.17
CINTA TEFLON	und	S/. 46.84
CONECTOR HPDE-PVC 1/2"	und	S/. 240.00
CONECTOR PVC HDPE 1/2	und	S/. 7.35
CONECTOR PVC HDPE 3/4	und	S/. 20.49
EMULSION CATIONICA MODIFICADO CSS 1H	gln	S/. 705.22
ESCOBILLA PE	und	S/. 194.92
HIPOCLORITO DE CALCIO 70%	kg	S/. 9.34
MATERIAL CLASIFICADO PARA BASE PUESTO EN OBRA	m3	S/. 152.30
MATERIAL DE PRESTAMO CLASIFICADO PUESTO EN OBRA P/ CAMA DE APOYO	m3	S/. 110.19
MATERIAL DE PRESTAMO CLASIFICADO PUESTO EN OBRA P/ RELLENO DE PROTECCION	m3	S/. 1,078.76
PETROLEO DIESEL # 2	gln	S/. 1,823.76
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3	S/. 55.38
TAPON DE 110	und	S/. 421.58
TAPON HDPE Ø 160 MM	und	S/. 524.02
TEES DE 3/4 x 1/2	und	S/. 8.20
TOALLAS PAPEL BLANCO	und	S/. 6.66
TUBERIA HDPE DE 1/2" 145 PSI	m	S/. 324.63
TUBERIA HDPE DE 3/4" 145 PSI	m	S/. 17.57
TUBERIA PE-100, SDR 17 Ø 160 MM.	m	S/. 9,116.27
VALVULA CORPORATION DE 3/4	und	S/. 72.61
YESO DE 28 Kg	bol	S/. 18.74
TOTAL		S/. 18,519.25

Fuente. Obra Moquegua (2015)

En la siguiente tabla se presenta los materiales utilizados, según el costo del tramo analizado que se encuentra en la Av. Balta del tramo N-001 al N-003, dando un total de S/. 18,519.25 nuevos soles.

Costo total

En la siguiente tabla, se presenta el resumen del costo total con el método Pipe Bursting, que se puede apreciar el porcentaje tanto para mano de obra calificada, equipos y materiales, respecto al total del costo directo.

Tabla N° 55: Resumen - Costo total del tramo.

MÉTODO PIPE BURSTING - COSTO TOTAL			
ITEM	DESCRIPCIÓN	TOTAL	PORCENTAJE
01	MANO DE OBRA	S/. 5,382.01	16.70%
02	EQUIPOS	S/. 8,317.33	25.82%
03	MATERIALES	S/. 18,519.25	57.48%
	TOTAL	S/. 32,218.59	100.00%

Fuente. Obra Moquegua (2015)

Gráfico N° 19: Costo total del tramo.



Fuente. Tabla N° 55

Interpretación

Se puede apreciar que el rubro de materiales representa el 59% de costo directo, seguido de los equipos empleados en el proceso con un 26%, sumando representan casi un 80% del costo directo. Mientras que la mano de Obra calificada representa un 17%.

Con los S/ 32,218.59 nuevos soles de costo directo y los 234.21 ml., de tubería que se renovó, podemos deducir que se emplea sólo en costo directo

S/. 137.56 nuevos soles por ml., con el método de Pipe Bursting y S/. 8,098.95 para 30 conexiones domiciliarias.

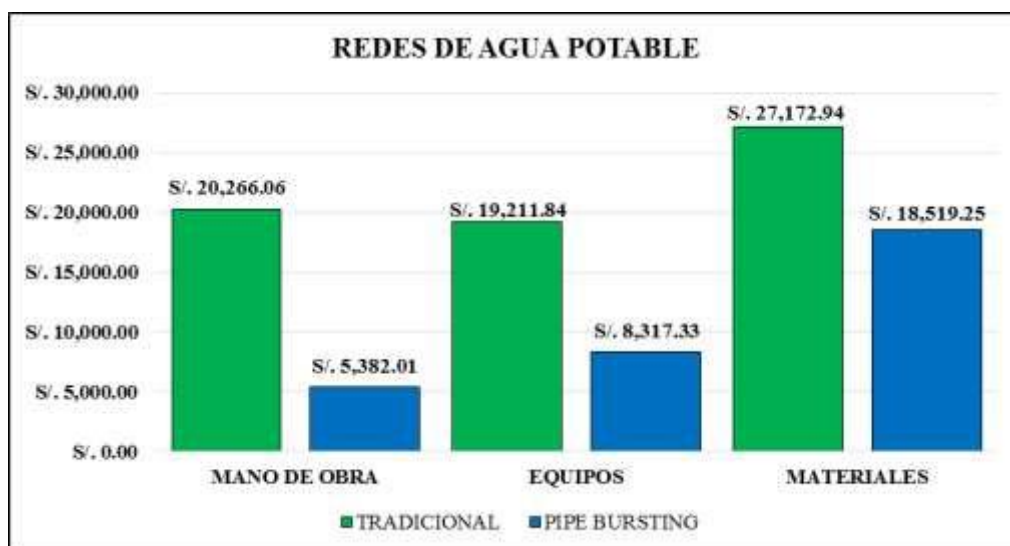
Comparación del costo total en agua potable con ambos métodos

Tabla N° 56: Comparación del costo total para redes de agua potable de ambos métodos.

ITEM	DESCRIPCIÓN	MÉTODOS	
		TRADICIONAL	PIPE BURSTING
01	MANO DE OBRA	S/. 20,266.06	S/. 5,382.01
02	EQUIPOS	S/. 19,211.84	S/. 8,317.33
03	MATERIALES	S/. 27,172.94	S/. 18,519.25
	TOTAL	S/. 66,650.84	S/. 32,218.59

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 20: Costos de redes de agua potable de ambos métodos.



Fuente. Tabla N° 56

Observamos el costo de agua potable con ambos métodos, siendo el método Pipe Bursting más económico en cuanto a mano de obra, materiales y equipos.

b) Redes de alcantarillado

- Método tradicional

Los costos a analizar son únicamente costos directos de las actividades realizadas en la ejecución del tramo Av. Andrés Avelino Cáceres BP-001 al BP-004, que está compuesto por mano de obra, equipos y materiales.

Los precios que se están utilizando no incluyen IGV.

- Método Pipe Bursting

Los costos a analizar son únicamente costos directos de las actividades realizadas en la ejecución del tramo Ca Andrés Avelino Cáceres BP-001 al BP-004, que está compuesto por mano de obra, equipos y materiales.

Los precios que se están utilizando no incluyen IGV.

Análisis de costos unitarios

- Método tradicional

- Excavación de zanja

Tabla N° 57: Partida - Excavación de zanja.

Partida	01.02.01	EXCAVACIÓN DE ZANJA C/MAQUINA T. NORMAL HAS TA 1.50m P/TUB D=200mm A 250mm						
Rendimiento	m/DIA	M.O.	50.00	EQ.	50.00	Costo unitario directo por : m	26.37	
Descripción Insumo						Unidad Cuadrilla Cantidad Precio	Parcial	
Mano de Obra								
PEON				hh	1.0000	0.1600	13.19	2.11
CAPATAZ				hh	0.1000	0.0160	18.47	0.30
								2.41
Equipos								
HERRAMIENTAS M ANUALES				%M O		3.0000	2.41	0.07
								0.07
Sub Partida								
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS				hm	1.0000	0.1600	149.32	23.89
								23.89
								23.89

Fuente. Propia (2015)

Tabla N° 58: Sub Partida - Excavación de zanja.

Sub Partida	RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS 90HP 1YD3							
Rendimiento	hm/DIA	M.O.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm	149.32	
Descripción Insumo						Unidad Cuadrilla Cantidad Precio	Parcial	
Mano de Obra								
OPERARIO DE EQUIPO PESADO				hh		1.0000	17.99	17.99
								17.99
Materiales								
PETROLEO DIESEL # 2				gln		4.1000	12.19	49.98
								49.98
Equipos								
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS				hm		1.0000	81.35	81.35
								81.35
								81.35

Fuente. Propia (2015)

- **Método Pipe Bursting**
- **Excavación de ventanas**

Tabla N° 59: Sub partida - Excavación de ventanas.

Sub Partida	EXCAVACIÓN A MAQUINARIA									
Rendimiento	m/DIA	MO.	60.00	EQ.	60.00	Costo unitario directo por : m3		14.47		
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra										
PEON						hh	2.0000	0.2667	13.19	3.52
										3.52
Equipos										
HERRAMIENTAS MANUALES						%MO		3.0000	3.52	0.11
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS						hm	1.0000	0.1333	81.35	10.84
										10.95

Fuente. Propia (2015)

- **Método tradicional**
- **Instalación de tubería de 200mm**

Tabla N° 60: Partida - Instalación de tuberías.

Partida	01.02.06	TUBERÍA PVC UF DN 200MM + 3% DESP ISO 4435 S-20								
Rendimiento	m/DIA	MO.	50.00	EQ.	50.00	Costo unitario directo por : m			33.55	
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra										
OPERARIO						hh	1.0000	0.1600	17.27	2.76
PEON						hh	1.0000	0.1600	13.19	2.11
										4.87
Materiales										
ANILLO DE JEBE P/TUBOS ALCANTARILLADO DN 200 MM						und		0.1667	4.10	0.68
LUBRICANTE P/TUBERÍA PVC						gln		0.0100	27.28	0.27
TUBERÍA PVC ALCANTARILLADO UF NPT ISO 21138 S-20 S-20 DN 2						pza		0.1709	161.36	27.58
										28.53
Equipos										
HERRAMIENTAS MANUALES						%MO		3.0000	4.87	0.15
										0.15

Fuente. Propia (2015)

- **Método Pipe Bursting**

- **Instalación de tubería de 200 mm**

Tabla N° 61: Partida - Instalación de tubería.

Partida	01.02.06	CAMBIO DE TUBERÍA ALCANTARILLADO SIN ZANJA D=200mm								
Rendimiento	m/DIA	MO.	150.00	EQ.	150.00	Costo unitario directo por : m			83.94	
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra										
PEON						hh	1.0000	0.0533	13.19	0.70
OPERADOR DE EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN						hh	1.0000	0.0533	20.00	1.07
OPERADOR DE EQUIPO DE TERMOFUSIÓN-ELECTROFUSI						hh	1.0000	0.0533	20.00	1.07
										2.84
Materiales										
ALCOHOL ISOTRÓPICO NATURAL						gln		0.0025	300.00	0.75
TOALLAS PAPEL BLANCO						und		0.0050	5.00	0.03
ESCOBILLA PE						und		0.0036	350.00	1.26
TUBERÍA PE-100, SDR 26 Ø 200 MM.						m		1.0300	40.30	41.51
										43.55
Equipos										
HERRAMIENTAS MANUALES						%MO		3.0000	2.84	0.09
EQUIPO P/TERMOFUSIÓN						hm	1.0000	0.0533	35.00	1.87
Sub Partida										
CAMIÓN PLUMA						hm	1.0000	0.0533	149.80	7.98
EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN PIPEBURSTING T70						hm	1.0000	0.0533	486.10	25.91
GENERADOR ELÉCTRICO						hm	1.0000	0.0533	31.92	1.70
										37.55

Fuente. Propia (2015)

Tabla N° 62: Sub partida - Instalación de tubería

Sub Partida		CAMIÓN PLUMA								
Rendimiento	hm/DIA	MO.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm		149.80		
	Descripción Insumo					Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Mano de Obra									
	OPERARIO DE EQUIPO PESADO					hh		1.0000	17.99	17.99
										17.99
	Materiales									
	PETROLEO DIESEL # 2					gln		3.4300	12.19	41.81
										41.81
	Equipos									
	CAMIÓN PLUMA					hm		1.0000	90.00	90.00
										90.00
Sub Partida		EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN PIPEBURSTING T70								
Rendimiento	hm/DIA	MO.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm		486.10		
	Descripción Insumo					Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Mano de Obra									
	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO					hh		1.0000	17.99	17.99
										17.99
	Materiales									
	PETROLEO DIESEL # 2					gln		4.5000	12.19	54.86
										54.86
	Equipos									
	EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN PIPEBURSTING T70					hm		1.0000	413.25	413.25
										413.25
Sub Partida		GENERADOR ELÉCTRICO								
Rendimiento	hm/DIA	MO.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm		31.92		
	Descripción Insumo					Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Materiales									
	PETROLEO DIESEL # 2					gln		0.8000	12.19	9.75
										9.75
	Equipos									
	GENERADOR ELÉCTRICO					hm		1.0000	22.17	22.17
										22.17

Fuente. Propia (2015)

- **Método tradicional**

- **Relleno de zanja – primer relleno**

Tabla N° 63: Partida - Primer relleno.

Partida		02.01.07 PRIMER RELLENO APIS ONADO ZANJA T. NORMAL HAS TA 0.50m P/TUB. D=200MM								
Rendimiento	und/DIA	M O.	44.00	EQ.	44.00	Costo unitario directo por : und		29.33		
	Descripción Insumo					Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	Mano de Obra									
	OPERARIO					hh	6.0000	1.0909	17.27	18.84
	PEON					hh	1.0000	0.1818	13.19	2.40
	CAPATAZ					hh	0.1000	0.0182	18.47	0.34
										21.58
	Materiales									
	MATERIAL DE PRÉSTAMO CLASIFICADO PUESTO EN OBRA P/ RE					m3		0.2730	25.42	6.94
	AGUA					m3		0.0273	6.00	0.16
										7.10
	Equipos									
	HERRAMIENTAS MANUALES					%M O		3.0000	21.58	0.65
										0.65

Fuente. Propia (2015)

- **Relleno de zanja – segundo relleno**

Tabla N° 64: Partida - Segundo relleno.

Partida	01.02.04	RELLENO COMPACTADO DE ZANJA CON MATERIAL PROPIO HASTA 1.50m P/TUB D=200mm								
Rendimiento	m/DIA	M.O.	50.00	EQ.	50.00	Costo unitario directo por : m				75.07
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra										
OPERARIO						hh	6.0000	0.9600	17.27	16.58
PEON						hh	1.0000	0.1600	13.19	2.11
CAPATAZ						hh	1.0000	0.1600	18.47	2.96
										21.65
Materiales										
AGUA						m3		0.0512	6.00	0.31
										0.31
Equipos										
HERRAMIENTAS MANUALES						%MO		3.0000	21.65	0.65
MINICARGADOR MULTIPROPÓSITO						hm	1.0000	0.1600	70.71	11.31
MOTOBOMBA 10 HP 4"						hm	0.2500	0.0400	25.96	1.04
CAMIÓN CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL.						hm	0.2500	0.0400	143.41	5.74
VIBROAPISONADOR 62kg 3.4 HP						hm	6.0000	0.9600	26.26	25.21
										43.95
Sub Partida										
CLASIFICACIÓN DE MATERIAL PROPIO P/RELLENO						m3		0.7437	12.32	9.16
										9.16

Fuente. Propia (2015)

Tabla N° 65: Sub Partida - Segundo relleno.

Sub Partida		MINICARGADOR MULTIPROPÓSITO								
Rendimiento	hm/DIA	M.O.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm		70.71		
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra										
OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO						hh		1.0000	17.99	17.99
										17.99
Materiales										
PETROLEO DIESEL # 2						gln		1.8000	12.19	21.94
										21.94
Equipos										
MINICARGADOR MULTIPROPÓSITO						hm		1.0000	30.78	30.78
										30.78
Sub Partida		MOTOBOMBA 10 HP 4"								
Rendimiento	hm/DIA	M.O.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm		25.96		
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Materiales										
PETROLEO DIESEL # 2						gln		0.4000	12.19	4.88
										4.88
Equipos										
MOTOBOMBA 10 HP 4"						hm		1.0000	21.08	21.08
										21.08
Sub Partida		CAMIÓN CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL.								
Rendimiento	hm/DIA	M.O.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm		143.41		
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra										
OPERARIO DE EQUIPO PESADO						hh		1.0000	17.99	17.99
										17.99
Materiales										
PETROLEO DIESEL # 2						gln		4.5000	12.19	54.86
										54.86
Equipos										
CAMIÓN CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL.						hm		1.0000	70.56	70.56
										70.56
Sub Partida		VIBROAPISONADOR 62kg 3.4 HP								
Rendimiento	hm/DIA	M.O.	0.00	EQ.	0.00	Costo unitario directo por : hm		26.26		
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra										
OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO						hh		1.0000	17.99	17.99
										17.99
Materiales										
PETROLEO DIESEL # 2						gln		0.2500	12.19	3.05
										3.05
Equipos										
VIBROAPISONADOR 62kg 3.4 HP						hm		1.0000	5.22	5.22
										5.22
Sub Partida		CLASIFICACIÓN DE MATERIAL PROPIO P/RELLENO								
Rendimiento	m3/DIA	M.O.	30.00	EQ.	30.00	Costo unitario directo por : m3		12.32		
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra										
PEON						hh	2.0000	0.5333	13.19	7.03
CAPATAZ						hh	1.0000	0.2667	18.47	4.93
										11.96
Equipos										
HERRAMIENTAS MANUALES						%MO		3.0000	11.96	0.36
										0.36

Fuente. Propia (2015)

- Método Pipe Bursting
- Relleno de ventanas

Tabla N° 66: Sub partida - Relleno de ventanas.

Sub Partida	RELLENO C/MAT. PRÉSTAMO P/VENTANAS									
Rendimiento	m/DIA	MO.	60.00	EQ.	60.00	Costo unitario directo por : m3	59.26			
Descripción Insumo						Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Mano de Obra										
OPERARIO						hh	6.0000	0.8000	17.27	13.82
PEON						hh	1.0000	0.1333	13.19	1.76
CAPATAZ						hh	1.0000	0.1333	18.47	2.46
										18.04
Materiales										
MATERIAL DE PRÉSTAMO CLASIFICADO PUESTO EN OBR						m3		1.2500	25.42	31.78
										31.78
Equipos										
HERRAMIENTAS MANUALES						%MO		3.0000	18.04	0.54
MINICARGADOR MULTIPROPÓSITO						hm	1.0000	0.1333	31.78	4.24
CAMIÓN CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL.						hm	0.1250	0.0167	70.56	1.18
VIBROAPISONADOR 62KG 3.4 HP						hm	1.0000	0.1333	26.14	3.48
										9.44

Fuente. Propia (2015)

Costo Total por partidas analizadas

- Método tradicional
- Excavación de zanja

Tabla N° 67: Costo por partida - Excavación sin zanja

PARTIDAS ANALIZADAS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	METRADO	COSTO PARCIAL
EXCAVACIÓN DE ZANJA C/MAQUINA T. NORMAL HASTA 1.50m P/TUB D=200mm A 250mm	m3	26.37	136.16	S/. 3,590.54
Mano de Obra				S/. 328.15
PEON	hh	2.11	136.16	S/. 287.30
CAPATAZ	hh	0.30	136.16	S/. 40.85
Equipos				S/. 9.53
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.07	136.16	S/. 9.53
Sub Partida				S/. 3,252.86
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS	hm	23.89	136.16	S/. 3,252.86

Fuente. Propia (2015)

Tabla N° 68: Costo por sub partida – Excavación de zanja.

SUB PARTIDA ANALIZADA						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD EN A.P.U. RESPECTIVO	COSTO PARCIAL	METRADO	COSTO INCLUIDO EN PARTIDA
RETROEXCAVADOR SOBRELANTAS	hm	149.32	0.1600	23.89	136.16	S/. 3,252.86
Mano de Obra						S/. 390.78
OPERARIO DE EQUIPO PESADO	hh	17.99	0.1600	2.87	136.16	S/. 390.78
Materiales						S/. 1,089.28
PETROLEO DIESEL #2	gln	49.98	0.1600	8.00	136.16	S/. 1,089.28
Equipos						S/. 1,772.80
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS	hm	81.35	0.1600	13.02	136.16	S/. 1,772.80

Fuente. Propia (2015)

- **Método Pipe Bursting**

- **Excavación de ventanas**

Tabla N° 69: Costo por Sub Partida - Excavación de ventanas.

SUB PARTIDA ANALIZADA						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD EN A.P.U. RESPECTIVO	COSTO PARCIAL	METRADO	COSTO INCLUIDO EN PARTIDA
EXCAVACIÓN A MAQUINARIA	m3	14.47	5.2000	75.24	6.00	S/. 451.44
Mano de Obra						S/. 341.64
PEON	hh	3.52	5.2000	18.30	6.00	S/. 341.64
Equipos						S/. 3.42
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.11	5.2000	0.57	6.00	S/. 3.42
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS	hm	10.84	5.2000	56.37	6.00	S/. 338.22

Fuente. Propia (2015)

- **Método tradicional**

- **Instalación de Tuberías.**

Tabla N° 70: Costo por partida – Instalación de tuberías.

PARTIDAS ANALIZADAS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	METRADO	COSTO PARCIAL
TUBERÍA PVC UF DN 200MM + 3% DESP ISO 4435 S-20	m	33.55	136.16	S/. 4,567.64
Mano de Obra				S/. 663.10
OPERARIO	hh	2.76	136.16	S/. 375.80
PEON	hh	2.11	136.16	S/. 287.30
Materiales	0			S/. 3,884.64
ANILLO DE JEBE P/TUBOS ALCANTARILLADO DN 200 MM	und	0.68	136.16	S/. 92.59
LUBRICANTE P/TUBERÍA PVC	gln	0.27	136.16	S/. 36.76
TUBERÍA PVC ALCANTARILLADO UF NPT ISO 21138 S-20 S-20 DN	pza	27.58	136.16	S/. 3,755.29
Equipos				S/. 19.89
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.15	136.16	S/. 19.89

Fuente. Propia (2015)

- Método Pipe Bursting

- Instalación de tubería

Tabla N° 71: Costo por Partida - Instalación de Tubería.

PARTIDAS ANALIZADAS				
CAMBIO DE TUBERÍA A.P. SIN ZANJA Ø 200mm	m	83.94	156.19	S/. 13,109.84
Mano de Obra				S/. 443.58
PEON	hh	0.70	156.19	S/. 109.33
OPERADOR DE EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN	hh	1.07	156.19	S/. 167.12
OPERADOR DE EQUIPO DE TERM OFUSIÓN-ELECTROFUSIÓN	hh	1.07	156.19	S/. 167.12
Materiales				S/. 6,802.07
ALCOHOL ISOTRÓPICO NATURAL	gln	0.75	156.19	S/. 117.14
TOALLAS PAPEL BLANCO	und	0.03	156.19	S/. 4.69
ESCOBILLA PE	und	1.26	156.19	S/. 196.80
TUBERÍA PE-100, SDR 26 Ø 200 MM.	m	41.51	156.19	S/. 6,483.45
Equipos				S/. 305.38
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.09	156.19	S/. 13.31
EQUIPO P/TERM OFUSIÓN	hm	1.87	156.19	S/. 292.08
Sub Partidas				S/. 5,558.80
CAMIÓN PLUMA	hm	7.98	156.19	S/. 1,246.40
EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN PIPEBURSTING T70	hm	25.91	156.19	S/. 4,046.88
GENERADOR ELÉCTRICO	hm	1.70	156.19	S/. 265.52

Fuente. Propia (2015)

Tabla N° 72: Costo por Sub Partida - Instalación de Tubería.

SUB PARTIDA ANALIZADA						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD EN A.P.U. RESPECTIVO	COSTO PARCIAL	METRADO	COSTO INCLUIDO EN PARTIDA
CAMIÓN PLUMA	m3	149.80	0.0533	7.98	156.19	S/. 1,246.40
Mano de Obra						S/. 149.94
OPERARIO DE EQUIPO PESADO	hh	17.99	0.0533	0.96	156.19	S/. 149.94
Materiales						S/. 749.71
PETROLEO DIESEL # 2	gln	41.81	0.0533	2.22	156.19	S/. 749.71
Equipos						S/. 749.71
CAMIÓN PLUMA	hm	90.00	0.0533	4.80	156.19	S/. 749.71
EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN PIPEBURSTING T70	m3	486.10	0.0533	25.91	156.19	S/. 4,046.88
Mano de Obra						S/. 149.94
OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO	hh	17.99	0.0533	0.96	156.19	S/. 149.94
Materiales						S/. 3,440.87
PETROLEO DIESEL # 2	gln	54.86	0.0533	2.92	156.19	S/. 3,440.87
Equipos						S/. 3,440.87
EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN PIPEBURSTING T70	hm	413.25	0.0533	22.03	156.19	S/. 3,440.87
GENERADOR ELÉCTRICO	m3	31.92	0.0533	1.70	156.19	S/. 265.52
Materiales						S/. 81.22
PETROLEO DIESEL # 2	gln	9.75	0.0533	0.52	156.19	S/. 81.22
Equipos						S/. 81.22
GENERADOR ELÉCTRICO	hm	22.17	0.0533	1.18	156.19	S/. 81.22

Fuente. Propia (2015)

- Método tradicional

- Relleno de zanja – Primer relleno

Tabla N° 73: Costo por partida - Primer relleno.

PARTIDAS ANALIZADAS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	METRADO	COSTO PARCIAL
PRIMER RELLENO APISONADO ZANJA T. NORMAL HASTA 0.50m P/TUB. D=200MM	m3	29.33	136.16	S/. 3,993.22
Mano de Obra				S/. 2,938.33
OPERARIO	hh	18.84	136.16	S/. 2,565.25
PEON	hh	2.40	136.16	S/. 326.78
CAPATAZ	hh	0.34	136.16	S/. 46.29
Materiales				S/. 966.74
MATERIAL DE PRÉSTAMO CLASIFICADO PUESTO EN OBRA P/ RELLENO DE PROTECCIÓN	m3	6.94	136.16	S/. 944.95
AGUA	m3	0.16	136.16	S/. 21.79
Equipos				S/. 88.15
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.65	136.16	S/. 88.15

Fuente. Propia (2015)

- Relleno de Zanja – Segundo relleno

Tabla N° 74: Costo por partida - Segundo relleno.

PARTIDAS ANALIZADAS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	METRADO	COSTO PARCIAL
RELLENO COMPACTADO DE ZANJA CON MATERIAL PROPIO HASTA 1.50m P/TUB D=200mm	m3	75.07	136.16	S/. 10,221.46
Mano de Obra				S/. 2,947.86
OPERARIO	hh	16.58	136.16	S/. 2,257.53
PEON	hh	2.11	136.16	S/. 287.30
CAPATAZ	hh	2.96	136.16	S/. 403.03
Materiales				S/. 42.21
AGUA	m3	0.31	136.16	S/. 42.21
Equipos				S/. 88.44
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.65	136.16	S/. 88.44
Sub Partida				S/. 5,895.73
MINICARGADOR MULTIPROPÓSITO	hm	11.31	136.16	S/. 1,539.97
MOTOBOMBA 10 HP 4"	hm	1.04	136.16	S/. 141.61
CAMIÓN CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL.	hm	5.74	136.16	S/. 781.56
VIBROAPISONADOR 62kg 3.4 HP	hm	25.21	136.16	S/. 3,432.59
Sub Partida				S/. 1,247.23
CLASIFICACIÓN DE MATERIAL PROPIO P/RELLENO	m3	9.16	136.16	S/. 1,247.23

Fuente. Propia (2015)

Tabla N° 75: Costo por sub partida - Segundo relleno.

SUB PARTIDAS ANALIZADAS						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD EN A.P.U. RESPECTIVO	COSTO PARCIAL	MEIRADO	COSTO INCLUIDO EN PARTIDA
MINICARGADOR MULTIPROPÓSITO	hm	70.71	0.1600	11.31	136.16	S/. 1,539.97
	Mano de Obra					S/. 392.14
	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO	hh	17.99	0.1600	2.88	S/. 392.14
	Materiales					S/. 477.92
	PETROLEO DIESEL # 2	gln	21.94	0.1600	3.51	S/. 477.92
Equipos					S/. 669.91	
MINICARGADOR MULTIPROPÓSITO	hm	30.78	0.1600	4.92	136.16	S/. 669.91
MOTO BOMBA 10 HP 4"	hm	25.96	0.0400	1.04	136.16	S/. 141.61
	Materiales					S/. 27.23
	PETROLEO DIESEL # 2	gln	4.88	0.0400	0.20	S/. 27.23
	Equipos					S/. 114.37
MOTOBOMBA 10 HP 4"	hm	21.08	0.0400	0.84	136.16	S/. 114.37
CAMIÓN CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL.	hm	143.41	0.0400	5.74	136.16	S/. 781.56
	Mano de Obra					S/. 98.04
	OPERARIO DE EQUIPO PESADO	hh	17.99	0.0400	0.72	S/. 98.04
	Materiales					S/. 298.19
	PETROLEO DIESEL # 2	gln	54.86	0.0400	2.19	S/. 298.19
Equipos					S/. 385.33	
CAMIÓN CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL.	hm	70.56	0.0400	2.83	136.16	S/. 385.33
VIBRO APISONADOR 62kg 3.4 HP	hm	26.26	0.9600	25.21	136.16	S/. 3,432.59
	Mano de Obra					S/. 2,351.48
	OPERARIO DE EQUIPO LIVIANO	hh	17.99	0.9600	17.27	S/. 2,351.48
	Materiales					S/. 398.95
	PETROLEO DIESEL # 2	gln	3.05	0.9600	2.93	S/. 398.95
Equipos					S/. 682.16	
VIBROAPISONADOR 62kg 3.4 HP	hm	5.22	0.9600	5.01	136.16	S/. 682.16
CLASIFICACIÓN DE MATERIAL PROPIO P/RELLENO	m	12.32	0.7437	9.16	136.16	S/. 1,247.23
	Mano de Obra					S/. 1,211.82
	PEON	hh	7.03	0.7437	5.23	S/. 712.12
	CAPATAZ	hh	4.93	0.7437	3.67	S/. 499.71
	Equipos					S/. 35.40
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.36	0.7437	0.26	136.16	S/. 35.40

Fuente. Propia (2015)

- **Método Pipe Bursting**

- **Relleno de ventanas**

Tabla N° 76: Costo por sub partida - Relleno de ventanas.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD EN A.P.U. RESPECTIVO	COSTO PARCIAL	METRADO	COSTO INCLUIDO EN PARTIDA	
RELLENO C/MAT. PRÉSTAMO P/VENTANAS	m3	59.26	3.8000	225.19	6.00	S/. 1,351.14	
	Mano de Obra					S/. 411.36	
	OPERARIO	hh	13.82	3.8000	52.52	6.00	S/. 315.12
	PEON	hh	1.76	3.8000	6.69	6.00	S/. 40.14
	CAPATAZ	hh	2.46	3.8000	9.35	6.00	S/. 56.10
Materiales						S/. 724.56	
MATERIAL DE PRÉSTAMO CLASIFICADO PUESTO EN OBRA P/RELLENO DE PROTECCIÓN	m3	31.78	3.8000	120.76	6.00	S/. 724.56	
Equipos						S/. 215.22	
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	0.54	3.8000	2.05	6.00	S/. 12.30	
MINICARGADOR MULTIPROPÓSITO	hm	4.24	3.8000	16.11	6.00	S/. 96.66	
CAMIÓN CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL.	hm	1.18	3.8000	4.48	6.00	S/. 26.88	
VIBROAPISONADOR 62KG 3.4 HP	hm	3.48	3.8000	13.23	6.00	S/. 79.38	

Fuente. Propia (2015)

Resumen de costo – Partidas analizadas – Alcantarillado

Tabla N° 77: Resumen de costo – Partidas analizadas – Alcantarillado

ITEM	DESCRIPCIÓN	MÉTODOS	
		TRADICIONAL L=136.16 m	PIPE BURSTING L=156.19 m
01	MANO DE OBRA	S/. 11,321.70	S/. 1,264.62
02	EQUIPOS	S/. 3,865.99	S/. 5,237.12
03	MATERIALES	S/. 7,185.16	S/. 8,410.67
	TOTAL	S/. 22,372.86	S/. 14,912.42

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 21: Resumen de partidas analizadas – Alcantarillado



Fuente. Tabla N° 77

El cuadro representa el costo total de las partidas analizadas en alcantarillado, donde con el método pipe Bursting, la mano de obra y materiales son menores, mientras que el costo de los equipos es mayor que el método tradicional.

Análisis del costo total del tramo

- Método tradicional

Para hallar el costo total del tramo se analizó todas las actividades incluidas, la cual es la sumatoria de la mano de obra calificada, equipos y materiales.

A continuación se presentan las siguientes tablas de los costos.

- Mano de obra

Tabla N° 78: Mano de obra calificada.

MANO DE OBRA		
DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
CAPATAZ	hh	S/. 1,029.34
OFICIAL	hh	S/. 77.20
OPERARIO	hh	S/. 6,101.83
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	S/. 3,295.51
OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	S/. 1,005.42
PEÓN	hh	S/. 2,992.90
TOPÓGRAFO	hh	S/. 16.85
TOTAL		S/. 14,519.05

Fuente. Obra Moquegua (2015)

En la siguiente tabla se presenta la mano de obra calificada, según el costo del tramo analizado que se encuentra en la Av. Andrés Avelino Cáceres del tramo BP-001 al BP-004, dando un total de S/.14,519.05 nuevos soles.

- **Equipos**

Tabla N° 79: Equipos utilizados en el proceso de ejecución.

EQUIPOS		
DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL.	hm	S/. 589.52
CAMION VOLQUETE 15m3	hm	S/. 1,942.88
CARGADOR S/LLANTAS	hm	S/. 631.92
COMPRESORA NEUMATICA	hm	S/. 24.37
CORTADORA DE PAVIMENTOS 13HP 18"	hm	S/. 64.75
ESTACION TOTAL ELECTRONICO	hm	S/. 12.54
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	S/. 306.51
MARTILLO DE DEMOLICION NEUMATICO TIPO TEX-90	hm	S/. 9.37
MINICARGADOR MULTIPROPOSITO	hm	S/. 1,167.82
MOTOBOMBA 10 HP 4"	hm	S/. 114.81
PLANCHA COMPACTADORA	hm	S/. 92.20
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS 90 HP 1YD3.	hm	S/. 2,126.72
RODILLO LISO	hm	S/. 232.67
TANQUE IMPRIMADOR DE 400 GL	hm	S/. 71.81
TRACTOR DE TIRO	hm	S/. 73.74
VIBROAPISONADOR 62Kg 3.4 HP	hm	S/. 682.32
TOTAL		S/. 8,143.95

Fuente. Obra Moquegua (2015)

En la siguiente tabla se presenta los equipos utilizados, según el costo del tramo analizado que se encuentra la Av. Andrés Avelino Cáceres del tramo BP-001 al BP-004, dando un total de S/. 8,143.95 nuevos soles.

- **Materiales**

Tabla N° 80: Materiales utilizados en el proceso de ejecución.

MATERIALES		
DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	S/. 9.67
AGUA	m3	S/. 331.70
ANILLO DE JEBE P/TUBOS ALCANTARILLADO DN 200MM	und	S/. 93.06
ARENA GRUESA	m3	S/. 115.39
ASFALTO DILUIDO MC-30	gln	S/. 371.33
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	S/. 84.92
DISCO PARA CORTE PC 300 DE 18"	und	S/. 962.90
EMULSION CATIONICA MODIFICADO CSS 1H	gln	S/. 2,478.04
LUBRICANTE P/ TUBERIA PVC	gln	S/. 37.14
MATERIAL CLASIFICADO PARA BASE PUESTO EN OBRA	m3	S/. 840.02
MATERIAL DE PRESTAMO CLASIFICADO PUESTO EN OBRA P/ CAMA DE APOYO	m3	S/. 302.89
MATERIAL DE PRESTAMO CLASIFICADO PUESTO EN OBRA P/ RELLENO DE PROTECCIÓN	m3	S/. 944.90
PETROLEO DIESEL # 2	gln	S/. 4,300.64
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m3	S/. 194.28
TUBERIA PVC ALCANTARILLADO UF NPT ISO 21138 S-20 S-20 DN 200MM	m	S/. 3,754.80
YESO DE 28 Kg	bol	S/. 10.89
TOTAL		S/. 14,832.57

Fuente. Obra Moquegua (2015)

En la siguiente tabla se presenta los materiales utilizados, según el costo del tramo analizado que se encuentra la Av. Andrés Avelino Cáceres N-001 al N-003, dando un total de S/. 14,832.57 nuevos soles.

Costo total

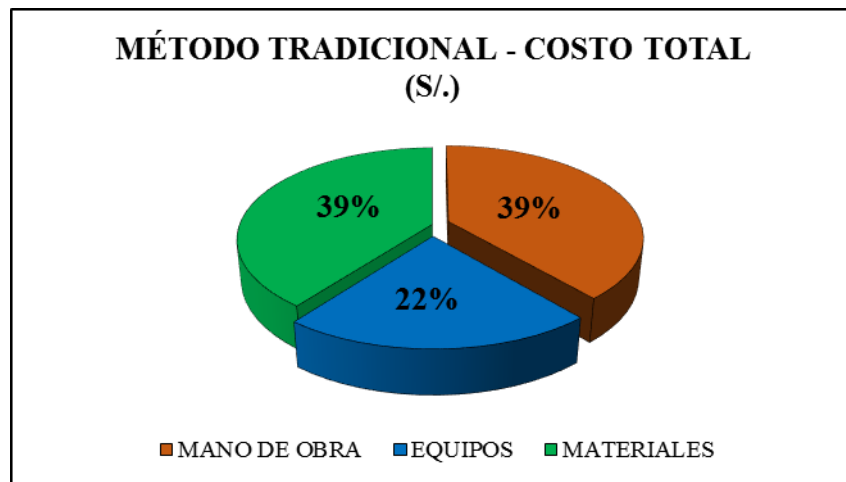
En la siguiente tabla, se presenta el resumen del costo total con el método tradicional que se puede apreciar el porcentaje tanto para mano de obra, equipos y materiales, respecto al total del costo directo.

Tabla N° 81: Resumen - Costo total.

MÉTODO TRADICIONAL - COSTO TOTAL			
ITEM	DESCRIPCIÓN	TO TAL	PO RC ENTAJE
01	MANO DE OBRA	S/. 14,519.05	38.72%
02	EQUIPOS	S/. 8,143.95	21.72%
03	MAT ERIALES	S/. 14,832.57	39.56%
	TO TAL	S/. 37,495.57	100.00%

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 22: Costo total.



Fuente. Tabla N° 81

Interpretación

Se puede apreciar que el rubro de materiales representa el 39% de costo directo, seguido de los equipos empleados en el proceso con un 22%, sumando representan casi un 70% del costo directo. Mientras que la mano de Obra calificada Representa un 39%.

Con los S/. 37, 495.57 nuevos soles de costo directo y los 136.16 ml., de tubería que se renovó por el método tradicional, podemos deducir que se emplea sólo en costo directo S/. 275.378 nuevos soles por ml.

- Método Pipe Bursting

Para hallar el costo total del tramo se analizó todas las actividades incluidas, la cual es la sumatoria de la mano de obra calificada, equipos y materiales.

A continuación se presentan las siguientes tablas de los costos.

- **Mano de obra**

Tabla N° 82: Mano de obra calificada.

MANO DE OBRA		
DESCRIPCIÓN	UND	CANTIDAD
CAPATAZ	hh	S/. 122.34
OFICIAL	hh	S/. 57.52
OPERADOR DE EQUIPO DE FRAGMENTACIÓN	hh	S/. 166.50
OPERADOR DE EQUIPO DE TERMOFUSIÓN	hh	S/. 166.50
OPERARIO	hh	S/. 726.65
OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	S/. 194.76
OPERADOR DE EQUIPO PESADO	hh	S/. 176.75
PEÓN	hh	S/. 1,011.36
TOPÓGRAFO	hh	S/. 19.33
TOTAL		S/. 2,641.71

Fuente. Obra Moquegua (2015)

En la siguiente tabla se presenta la mano de obra calificada, según el costo del tramo analizado que se encuentra en la Ca. Andrés Avelino Cáceres del tramo BP-001 al BP-004, dando un total de S/2,641.71 nuevos soles.

- **Equipos**

Tabla N° 83: Equipos utilizados en el proceso de ejecución.

EQUIPOS		
DESCRIPCIÓN		CANTIDAD
BALDE PRUEBA-TAPON -ABRAZ. Y ACCESORIOS	hm	S/. 18.31
CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 1,500 GAL.	hm	S/. 72.10
CAMION PLUMA	hm	S/. 749.24
CAMION VOLQUETE 15m3	hm	S/. 247.92
CARGADOR S/LLANTAS	hm	S/. 94.08
COCINA DE ASFALTO	hm	S/. 51.84
CORTADORA DE PAVIMENTOS 13HP 18"	hm	S/. 20.36
EQUIPO DE FRAGMENTACION PIPERBUSTING T70	hm	S/. 3,440.26
EQUIPO P/TERMOFUSION	hm	S/. 291.37
ESTACION TOTAL ELECTRONICO	hm	S/. 14.39
GENERADOR ELÉCTRICO	hm	S/. 184.56
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	S/. 68.05
MINICARGADOR MULTIPROPOSITO	hm	S/. 206.58
RETROEXCAVADOR SOBRE LLANTAS	hm	S/. 2,290.75
RODILLO LISO	hm	S/. 51.26
TRACTOR DE TIRO	hm	S/. 48.50
VIBROAPISONADOR 62KG 3.4 HP	hm	S/. 79.44
TOTAL		S/. 7,929.01

Fuente. Obra Moquegua (2015)

En la siguiente tabla se presenta los equipos utilizados, según el costo del tramo analizado que se encuentra en la Ca. Andrés Avelino Cáceres del tramo BP-001 al BP-004, dando un total de S/. 7,929.01 nuevos soles.

- **Materiales**

Tabla N° 84: Materiales utilizados en el proceso de ejecución.

MATERIALES		
DESCRIPCIÓN		CANTIDAD
ACERO CORRUGADO $f_y=4200$ kg/cm ² GRADO 60	kg	S/. 11.09
AGUA	m ³	S/. 233.09
ALCOHOL ISOTROPICO NATURAL	gln	S/. 117.15
ARENA GRUESA	m ³	S/. 25.42
ASFALTO DILUIDO MC-30	gln	S/. 94.21
CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)	bol	S/. 18.71
EMULSION CATIONICA MODIFICADO CSS 1H	gln	S/. 545.97
ESCOBILLA PE	und	S/. 196.81
MATERIAL CLASIFICADO PARA BASE PUESTO EN OBRA	m ³	S/. 185.08
MATERIAL DE PRESTAM O CLASIFICADO PUESTO EN OBRA P/ CAMA DE APOYO	m ³	S/. 85.42
MATERIAL DE PRESTAM O CLASIFICADO PUESTO EN OBRA P/ RELLENO DE PROTECCION	m ³	S/. 724.47
PETROLEO DIESEL # 2	gln	S/. 1,027.80
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"	m ³	S/. 42.80
TOALLAS PAPEL BLANCO	m	S/. 3.91
TUBERIA PE-100, SDR 26 Ø 200 mm.	m	S/. 6,483.29
YESO DE 28 Kg	bol	S/. 12.50
TOTAL		S/. 9,807.72

Fuente. Obra Moquegua (2015)

En la siguiente tabla se presenta los materiales utilizados, según el costo del tramo analizado que se encuentra en la Ca. Andrés Avelino Cáceres N-001 al N-003, dando un total de S/. 9,807.72 nuevos soles.

Costo total

En la siguiente tabla, se presenta el resumen del costo total con el método Pipe Bursting, que se puede apreciar el porcentaje tanto para mano de obra calificada, equipos y materiales, respecto al total del costo directo.

Tabla N° 85: Costo total.

MÉTODO PIPE BURSTING - COSTO TOTAL			
ITEM	DESCRIPCIÓN	TOTAL	PORCENTAJE
01	MANO DE OBRA	S/. 2,641.71	12.96%
02	EQUIPOS	S/. 7,929.01	38.91%
03	MATERIALES	S/. 9,807.72	48.13%
TOTAL		S/. 20,378.44	100.00%

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 23: Costo Total.



Fuente. Tabla N° 85

Interpretación

Se puede apreciar que el rubro de materiales representa el 48% de costo directo, seguido de los equipos empleados en el proceso con un 39%, sumando representan casi un 80% del costo directo. Mientras que la mano de obra calificada representa un 13%.

Con los S/ 20,378.44 nuevos soles de costo directo y los 156.19 ml., de tubería que se renovó, podemos deducir que se emplea sólo en costo directo S/. 130.47 nuevos soles por ml.

Comparación del costo total de alcantarillado potable con ambos métodos

Tabla N° 86: Costos de redes de alcantarillado de ambos métodos.

ITEM	DESCRIPCIÓN	MÉTODOS	
		TRADICIONAL	PIPE BURSTING
01	MANO DE OBRA	S/. 14,519.05	S/. 2,641.71
02	EQUIPOS	S/. 8,143.95	S/. 7,929.01
03	MATERIALES	S/. 14,832.57	S/. 9,807.72
	TOTAL	S/. 37,495.57	S/. 20,378.44

Fuente. Propia (2015)

Gráfico N° 24: Costos de redes de alcantarillado de ambos métodos.



Fuente. Tabla N° 86

Observamos los costos de redes de alcantarillado para ambos métodos, siendo el método de Pipe Bursting más económico en cuanto a mano de obra, materiales y equipos.

4.1.4 Calidad de la tubería de polietileno en los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado.

Para determinar las cualidades de la tubería de HDPE, se realizó una comparación con los materiales, PVC, acero y concreto, donde el resultado otorga la posibilidad de evaluar la alternativa más favorable.

Las cualidades de las tuberías fueron extraídas de las especificaciones técnicas que otorgan dichas empresas ya que ellos son los encargados de las mismas, cuyas empresas son: tigre, plasson, entre otras.

Cuadro N° 18: Comparación entre tuberías.

DESCRIPCIÓN	TUBERÍAS			
	HDPE	PVC	ACERO	CONCRETO
VIDA UTIL	50 años	20 años	20 años	40 años
ADAPTABILIDAD DE TERRENO	Se ajusta al contorno del terreno y no requiere cama de arena.	Se requiere nivelar el terreno y colocar cama de arena.	Se requiere nivelar el terreno.	Se requiere nivelar el terreno y colocar cama de arena.
MANEJO DE DUCTO	Muy ligero y maniobrable.	Muy ligero y maniobrable.	Por su peso es muy difícil su manejo.	Por su peso es muy difícil su manejo.
IMPACTOS DURANTE EL MANEJO	Soporta impactos y golpes durante el manejo.	Es frágil y se fractura con cualquier impacto.	Soporta impactos y golpes durante el manejo.	Es frágil y se fractura con cualquier impacto.
RESISTENCIA AL INTERPERISMO	Contiene protectores UV puede estar almacenado hasta un año antes de su instalación.	No contiene protectores UV, no puede estar expuesto a los rayos ultravioleta por periodos prolongados.	Puede estar almacenado por periodos prolongados pero requiere una limpieza por la oxidación antes de su instalación.	No es afectado por el intemperismo.
CAMBIOS DE DIRECCIÓN DURANTE SU INSTALACIÓN	No requiere de ningún accesorio para realizar cambios de dirección gracias a su flexibilidad.	Requiere de codos para realizar los cambios de dirección debido a su rigidez	Requiere de codos o de equipo especial para realizar el doblado del tubo.	Se requiere de registros para realizar los cambios de dirección.
UNIÓN DEL DUCTO	El ducto puede ser unido fuera de la zanja con coples metálicos o plásticos, por termofusión o electrofusión garantizando una unión perfecta en un mínimo de tiempo.	La unión se debe realizar dentro de la zanja con pegamento. No se garantiza una unión adecuada el tiempo de unión es mínimo.	La unión se debe realizar dentro de la zanja con cople mecánicos o con soldadura. El tiempo de unión es largo.	La unión se realiza con cemento. No se garantiza una unión adecuada.
INSTALACIÓN	Debido a que la unión es fuera de la zanja el proceso de instalación se realiza en forma muy rápida, ya que mientras se realiza la excavación se une el ducto	Es necesario esperar que la zanja esté terminada para realizar dentro de la cepa la unión tramo a tramo, por lo que la instalación es lenta.	Es necesario esperar que la zanja esté terminada para realizar dentro de la cepa la unión tramo a tramo, por lo que la instalación es sumamente lenta.	Es necesario esperar que la zanja esté terminada para realizar dentro de la cepa la unión tramo a tramo, por lo que la instalación es muy lenta

Fuente. Empresas distribuidoras de tuberías

4.1.5 Impactos ambientales y sociales generados por los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado.

4.1.5.1 Impacto ambiental y social

Según el estudio de impacto ambiental y social de la obra “Instalación y mejoramiento de los sistemas de agua potable, alcantarillado y almacenamiento II Etapa, en el Distrito de Moquegua, Provincia de Mariscal Nieto - Moquegua (2015)”, se utilizó dos tipos de métodos, tradicional y Pipe Bursting, en cuanto a renovación de tuberías, donde se realizan movimientos de tierra y la utilización de maquinarias pesadas provocando impactos a la población y generando malestares.

Es importante dar a conocer estos impactos provocados durante el proceso constructivo en Obra.

Los tramos analizados son los siguientes:

a) Redes de agua potable

- Método tradicional

Reemplazo de 227.10 ml de tubería de HDPE Ø 160mm, en la instalación de la tubería realizada en la Av. Andrés Avelino Cáceres.

- Método Pipe Bursting

Reemplazo de 234.21 ml de tubería de HDPE Ø160mm., en la instalación de la tubería realizada en la Av. Balta – Lado derecho.

b) Redes de alcantarillado

- Método tradicional

Reemplazo de 136.16 ml de tubería de HDPE Ø 200mm., en la instalación de la tubería realizada en la Av. Andrés Avelino Cáceres.

- **Método Pipe Bursting**

Reemplazo de 156.19 ml de tubería de HDPE Ø 200mm., en la instalación de la tubería realizada en la Ca. Andrés Avelino Cáceres.

4.1.5.2 Identificación de los impactos

Para identificar los impactos, se analizó las actividades durante el proceso constructivo de cada uno de los métodos: tradicional y Pipe Bursting en agua potable y alcantarillado representado por el signo positivo o negativo (+/-), identificamos el daño que ocasionan al medio ambiente, para lo cual se analizó la etapa de proceso constructivo vs el factor ambiental para cada subcomponente, es decir abiótico, biótico y antrópico:

Cuadro N° 19: Impactos ambientales y sociales en redes de agua potable (Método Tradicional).

REDES DE AGUA POTABLE - MÉTODO TRADICIONAL															
FACTOR AMBIENTAL Y SOCIAL		ACTIVIDADES DEL PROYECTO				Afectan negativamente		-							
						Afectan positivamente		+							
						No afectan nada									
		Señalización del lugar y trazo, nivelación y replanteo	Corte, rotura de pavimento asfáltico c/equipo	Excavación de zanja c/equipo (redes)	Colocación de tapones y tubería para abastecimiento temporal a domicilio	Refine y nivelación de zanjas	Colocación de cama de arena	Excavación zanja conexiones domiciliarias	Suministro e instalación de tubería HDPE	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleno seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	NUMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS	NUMERO DE IMPACTOS POSITIVOS
ABIÓTICO	Aire		-	-		-	-	-	-	-	-	-	9	0	
	Suelo	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	8	0	
BIÓTICO	Flora (Cobertura vegetal)			-				-					2	0	
	Fauna (Hábitat)			-				-					3	0	
ANTRÓPICO	Paisaje	-	-	-		-	-	-	-	-	-	-	9	0	
	Calidad de Vida	-	-	-				-					4	0	
	Salud y seguridad	-	-	-		-		-			-	-	7	0	
	Bienestar	-	-	-				-					5	0	
	Economía		-	-		-	-	-	-	-	-	-	9	0	
	Tráfico Vehicular	-	-	-				-	-			-	7	0	
	Empleo	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	11	
	Comercio y Servicios		-	-		-			-				5	0	
NÚMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS		6	9	11	0	6	4	11	3	5	8	0	5	68	
NÚMERO DE IMPACTOS POSITIVOS		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	11	

Fuente. Obra Moquegua (2015)

Cuadro N° 20: Impactos ambientales y sociales en redes de agua potable (Método Pipe Bursting).

REDES DE AGUA POTABLE - PIPE BURSTING																
FACTOR AMBIENTAL Y SOCIAL		ACTIVIDADES DEL PROYECTO		Afectan negativamente		-										
		Afectan positivamente		+												
		No afectan nada														
		Señalización del lugar y trazo, nivelación y replanteo	Corte, rotura de pavimento asfáltico c/equipo	Excavación de ventanas c/equipo (redes)	Colocación de tapones y tubería para abastecimiento temporal a domicilio	Refine y nivelación	Colocación de cama de arena	Suministro e instalación tubería con equipo de fragmentación	Excavación de zanja conexiones domiciliarias	Eliminación y disposición final de material excedente tubería fracturada	Relleno seleccionado a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	NUMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS	NUMERO DE IMPACTOS POSITIVOS	
ABIÓTICO	Aire		-	-		-		-	-	-	-	-	-	9	0	
	Suelo			-		-	-		-	-	-	-	-	7	0	
BIÓTICO	Flora (Cobertura vegetal)													0	0	
	Fauna (Hábitat)													0	0	
ANTRÓPICO	Paisaje	-	-	-				-	-	-		-		7	0	
	Calidad de Vida		-	-										3	0	
	Salud y seguridad													0	0	
	Bienestar													0	0	
	Economía													0	0	
	Tráfico Vehicular													0	0	
	Emp leo	+	+	+	+	+	+	+	+		+		+	0	9	
Comercio y Servicios													0	0		
NÚMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS		1	3	4	0	2	1	2	4	3	2	2	2	26		
NÚMERO DE IMPACTOS POS ITIVOS		1	3	4	0	2	1	2	4	3	2	2	2		26	

Fuente. Obra Moquegua (2015)

Cuadro N° 21: Impactos ambientales y sociales en redes de alcantarillado (Método tradicional)

REDES DE ALCANTARILLADO - MÉTODO TRADICIONAL															
FACTOR AMBIENTAL Y SOCIAL		ACTIVIDADES DEL PROYECTO		Afectan negativamente	-										
				Afectan positivamente	+										
				No afectan nada											
						Señalización del lugar y trazo, nivelación y replanteo	Corte, rotura de pavimento asfáltico c/equipo	Excavación de zanja c/equipo (redes)	Refine y nivelación de zanjas	Colocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDPE	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleno seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento
ABIÓTICO	Aire		-	-	-	-		-	-		-	7	0		
	Suelo			-	-	-						5	0		
BIÓTICO	Flora (Cobertura vegetal)			-								1	0		
	Fauna (Hábitat)											0	0		
ANTRÓPICO	Paisaje		-	-				-	-			4	0		
	Calidad de Vida		-	-								2	0		
	Salud y seguridad		-	-	-				-		-	5	0		
	Bienestar		-	-					-			3	0		
	Economía		-	-	-	-	-		-		-	7	0		
	Tráfico Vehicular	-	-	-				-	-		-	6	0		
	Emp leo	+	+	+	+	+	+		+		+	0	8		
Comercio y Servicios		-	-	-				-	-		5	0			
NÚMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS		1	8	10	5	3	2	4	8	0	4	45			
NÚMERO DE IMPACTOS POS ITIVOS		1	1	1	1	1	1	0	1	0	1		8		

Fuente. Obra Moquegua (2015)

Cuadro N° 22: Impactos ambientales y sociales en redes de alcantarillado (Método Pipe Bursting)

REDES DE ALCANTARILLADO - PIPE BURTING													
FACTORES AMBIENTALES Y SOCIALES		ACTIVIDADES DEL PROYECTO		Afectan negativamente	-								
				Afectan positivamente	+								
				No afectan nada									
		Señalización del lugar y trazo, nivelación y replanteo	Corte, rotura de pavimento asfáltico c/equipo	Excavación de ventanas c/equipo (redes)	Refine y nivelación	Colocación de cama de arena	Suministro e instalación tubería con equipo de fragmentación	Eliminación y disposición final de material excedente tubería fracturada	Relleno seleccionado a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	NÚMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS	NÚMERO DE IMPACTOS POSITIVOS
ABIÓTICO	Aire		-	-	-		-	-	-	-	-	8	0
	Suelo			-	-	-	-	-	-			6	0
BIÓTICO	Flora (Cobertura vegetal)											0	0
	Fauna (Hábitat)											0	0
ANTRÓPICO	Paisaje	-	-				-	-		-		5	0
	Calidad de Vida											0	0
	Salud y seguridad											0	0
	Bienestar											0	0
	Economía											0	0
	Tráfico Vehicular											0	0
	Empleo	+	+	+	+	+	+		+		+	0	8
Comercio y Servicios											0	0	
NÚMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS		1	2	2	2	1	3	3	2	2	1	19	
NÚMERO DE IMPACTOS POSITIVOS		1	1	1	1	1	1	0	1	0	1		8

Fuente. Obra Moquegua (2015)

Interpretación

Como se aprecia en los cuadros anteriores N° 19, 20, 21 y 22, se identificó los impactos positivos y negativos ocasionados al medio ambiente durante el proceso constructivo, es por ello que a continuación se analizó lo que ocasionó cada impacto al medio ambiente según las actividades realizadas en el proceso constructivo.

a) Contaminación por ruido y vibraciones.

Ruido generado por el corte y rotura del pavimento, excavación de zanja, refine de zanjas, relleno y compactación de zanjas, reposición de pavimentos. También generó ruido y vibraciones las labores de fragmentación de la tubería.

Actividades de funcionamiento de maquinaria como:

- Volquetes que transitaron, transportando material de préstamo y materiales.
- Funcionamiento de vibro apisonador, compresora, mezclador de concreto, martillo neumático, cortadora de pavimento, entre otros.
- Funcionamiento de maquinaria pesada.
- Funcionamiento de la compresora del equipo de fragmentación.
- Molestias por el nivel de presión sonora, debido a la cercanía de las obras a establecimientos comerciales, bancos, centros educativos, institutos, centros de salud, etc.
- Producción de vibraciones por el funcionamiento de maquinaria pesada y vehículos.
- Producción de vibraciones por el funcionamiento de cortadora, martillo neumático, vibro apisonadores en obras lineales.

- Ruidos generados por trabajos menores y por presencia de trabajadores en la zona.

b) Alteración de la calidad del aire

Emisión de gases

- Uso de equipos de combustión y maquinaria pesada de construcción: retroexcavadoras con llantas y orugas, rompe pavimentos, mezcladora, martillo neumático, vibradores de concreto, vibro apisonadores, entre otros.
- Uso de vehículos: volquetes, camiones, camionetas, camión grúa, cargadores frontales.

Generación de polvo

- Emisión de polvo por excavación de zanjas para la instalación de redes y conexiones domiciliarias de agua potable.
- Acumulación de material desmonte en zonas cercanas a viviendas, centros comerciales, parques, centros educativos, entre otros.
- Generación de polvo por actividades de compactación del terreno.
- Generación de polvo por actividades de transporte desmonte y material de préstamo.
- Inhalación de material de polvo, por parte de los trabajadores de la obra.
- Limpieza final del área de trabajo.

Generación de olores

- Emisión de olores por apertura de los buzones y de los colectores durante el proceso de reemplazo de tuberías.

Alteración de red de transporte y/o servicios

- Alteración de tránsito por obras de instalación de las redes de agua potable.
- En la mayoría del trazo proyectado de las redes de agua potable, se realizó la rotura de pistas y veredas, esta situación generó la alteración del tránsito vehicular y peatonal. Este impacto tuvo duración temporal. Debemos mencionar que en las zonas donde se realizó la rotura de pavimento, y veredas, muchas de ellas, se encontraban en buen estado.

c) Impacto socio económico – Afectación de la economía

- Se afectó la economía de establecimientos comerciales, en el momento de la instalación de las redes frente a los mismos. Este impacto tuvo duración temporal.

d) Afectación de cobertura vegetal

- Se vieron afectadas algunas áreas verdes por colocación de material de excavación en bermas centrales y bermas laterales y en algunos parques.

e) Afectación de la tranquilidad

- Ubicación de obras de instalación de las redes de agua potable que alteraron la tranquilidad de los transeúntes y concurrentes a establecimientos cercanos, los alumnos de colegios e institutos cercanos, los que acudieron a los centros de salud, entre otros. Este impacto tuvo duración temporal.
- Ubicación de obras de instalación de las redes de agua potable que atraviesan vías con poco tránsito vehicular, donde el ruido, generación

de polvos, afluencia de personal obrero, movilización de vehículos y los riesgos de seguridad, alteraron la tranquilidad de pobladores de la zona.

- Suspensión del servicio de agua, que generó molestias por parte de viviendas y establecimientos en general.

f) Riesgos a la salud y seguridad

- Riesgos de seguridad en excavación de zanjas para obras de las redes de agua potable y alcantarillado de los pobladores que habitan en zonas aledañas.
- Riesgos de seguridad, por funcionamiento de maquinaria pesada, para los obreros y los transeúntes peatonales.
- Riesgos de seguridad en excavación de zanjas para obras de la instalación de las redes de agua potable y alcantarillado, de los trabajadores encargados de la excavación.

g) Contaminación del suelo

- Acumulación en el suelo, de residuos de tuberías, restos de pavimentos, restos de concreto en la zona de obras.
- Acumulación del material excedente que fue transportado posteriormente.
- Generación de Residuos sólidos por actividades de trabajadores obreros o por actividades de obras provisionales como campamento, almacén, otras.

- Posible derrame de combustible y/o lubricantes para maquinaria y equipo empleado en las obras de instalación de las redes de agua potable y alcantarillado.

4.1.5.3 Valoración de Impactos

Se analizó los factores que ocasionan los impactos en las diferentes actividades realizadas durante el proceso constructivo, es por ello que a continuación se hace una valoración de los impactos ambientales.

Para valorar los impactos se ha tomado en consideración lineamientos y/o criterios basados en la Matriz de Leopold, como la importancia y magnitud con una puntuación de 1-3, donde un impacto ambiental puede alcanzar un valor máximo de 3 y un mínimo de 1. Con esto, los valores cercanos a 1 denotan impactos leves y de poca influencia en el entorno.

Cuadro N° 23: Valoración de impactos ambientales y sociales en redes de agua potable (Método tradicional)

REDES DE AGUA POTABLE - MÉTODO TRADICIONAL																	
SUBCOMPONENTES	FACTOR AMBIENTAL Y SOCIAL	ACTIVIDADES DEL PROYECTO	IMPACTOS SIGNIFICATIVOS												VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS	FACTORES AMBIENTALES	
			Señalización del lugar y trazo, nivelación y replanteo	Conte, rotura de pavimento asfáltico e/ equipo	Excavación de zanja e/ equipo (redes)	Colocación de tapones y tubería para abastecimiento temporal	Refine y nivelación de zanjas	Colocación de cama de arena	Excavación zanja conexiones domiciliarias	Suministro e instalación de tubería HDPE	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleno seleccionado y nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento			
			IMPACTOS MODERADOS														
			IMPACTOS LEVES														
MEDIO NATURAL	ABIÓTICO	Aire	Partículas en Suspensión	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	24 ⁻	8
			Gases	1 ⁻	2 ⁻	1 ⁻	2 ⁻	1 ⁻	2 ⁻	1 ⁻	2 ⁻	1 ⁻	2 ⁻	1 ⁻	2 ⁻	5 ⁻	5
			Nivel de Ruido	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	2 ⁻	1 ⁻	2 ⁻	3 ⁻	2 ⁻	2 ⁻	3 ⁻	1 ⁻	3 ⁻	24 ⁻	10
			Olores														
	Suelo	Estabilidad		3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	17 ⁻	6	
		Grado de Compactación		3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	15 ⁻	5	
		Calidad de Suelo		3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	14 ⁻	5	
	BIÓTICO	Flora (Cobertura vegetal)		2 ⁻	2 ⁻				2 ⁻	2 ⁻					4 ⁻	2	
		Fauna (Hábitat)															
	ANTRÓPICO	Paisaje	Alteración Paisajística	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻		3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	2 ⁻	20 ⁻	7	
		Calidad de Vida	Usos y costumbres territoriales	2 ⁻	2 ⁻	2 ⁻				2 ⁻	2 ⁻					6 ⁻	3
			Incremento de población beneficiaria														
		Salud y seguridad	Salud pública	2 ⁻	3 ⁻	2 ⁻	2 ⁻	2 ⁻	2 ⁻	3 ⁻	2 ⁻					10 ⁻	4
			Salud ocupacional	2 ⁻	3 ⁻	2 ⁻	2 ⁻	2 ⁻	2 ⁻	3 ⁻	2 ⁻	2 ⁻	2 ⁻			12 ⁻	5
			Accidentes	2 ⁻	3 ⁻	2 ⁻	2 ⁻	2 ⁻	2 ⁻	3 ⁻	2 ⁻	2 ⁻	2 ⁻	2 ⁻	2 ⁻	14 ⁻	6
Bienestar		Bienestar	2 ⁻	2 ⁻	2 ⁻				2 ⁻	2 ⁻	1 ⁻	1 ⁻			7 ⁻	4	
Economía		Economía local	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	8 ⁻	8	
Tráfico Vehicular		Tráfico Vehicular	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻				3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	21 ⁻	7	
Empleo		Generación de Empleo	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	8 ⁻	8	
Comercio y Servicios	Actividades económicas	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	2 ⁻	2 ⁻	2 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	2 ⁻	2 ⁻			13 ⁻	5		
VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS			M	3 ⁻	28 ⁻	42 ⁻	24 ⁻	16 ⁻	42 ⁻	7 ⁻	14 ⁻	29 ⁻	3 ⁻	14 ⁻			
ACTIVIDADES DAÑINAS			I	3	27	41	11	7	17	4	5	14	2	7			

Fuente. Obra Moquegua (2015)

Cuadro N° 24: Valoración de impactos ambientales y sociales en redes de agua potable (Método Pipe Bursting).

REDES DE AGUA POTABLE - MÉTODO PIPE BURSTING																			
SUBCOMPONENTES		FACTOR AMBIENTAL Y SOCIAL	ACTIVIDADES DEL PROYECTO	IMPACTOS SIGNIFICATIVOS										VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS	FACTORES AMBIENTALES				
				Señalización del lugar y trazo, nivelación y replanteo	Corte, rotura de pavimento asfáltico e/ equipo	Excavación de ventanas e/ equipos (redes)	Colocación de tapones y tubería para abastecimiento temporal a domicilio	Refirme y nivelación	Colocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDPE con equipo de fragmentación	Excavación zanja conexiones domiciliarias	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleno seleccionado y a nivel afirmado			Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento		
				IMPACTOS MODERADOS										IMPACTOS LEVES					
				= 3										= 2					
				= 1															
MEDIO NATURAL	ABIÓTICO	Aire	Partículas en Suspensión	1 ⁻	1 ⁻	2				1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	7 ⁻	7		
			Gases	1 ⁻	1 ⁻	2										1 ⁻	5 ⁻	5	
			Nivel de Ruido	2 ⁻	2	2		1 ⁻	1		3 ⁻	2	2	2	2	1 ⁻	16 ⁻	15	9
		Olores																	
	Suelo	Estabilidad		1 ⁻	1		1 ⁻	1 ⁻	1		1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1		6 ⁻	6	6	
		Grado de Compactación						1 ⁻	1				2 ⁻	2		3 ⁻	3	2	
		Calidad de Suelo			2 ⁻	2		2 ⁻	2			2 ⁻	2 ⁻	2		8 ⁻	8	4	
	BIÓTICO	Flora	(Cobertura vegetal)																
		Fauna	(Hábitat)																
	ANTRÓPICO	Paisaje	Alteración Paisajística	1 ⁻	2 ⁻	2	1				1 ⁻	2	1	1	1	1	12	9	7
		Calidad de Vida	Usos y costumbres territoriales																
			Involucramiento de población beneficiaria																
		Salud y seguridad	Salud pública																
			Salud ocupacional																
Accidentes																			
Bienestar		Bienestar	2 ⁻	2 ⁻	1	1					2 ⁻	1				6 ⁻	3	3	
Economía		Economía local	1 ⁻	1 ⁻	1	1		1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1	1	1 ⁻	8 ⁻	8	8	
Tráfico Vehicular		Tráfico Vehicular																	
Empleo	Generación de Empleo	1 ⁻	1 ⁻	1	1		1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1	1	1 ⁻	8 ⁻	8	8		
Comercio y Servicios	Actividades económicas														1	1	1		
VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS			M	1 ⁻	10 ⁻	14 ⁻		6 ⁻	4 ⁻	7 ⁻	14 ⁻	7 ⁻	9 ⁻	2 ⁻	5 ⁻				
ACTIVIDADES DAÑINAS				1	7	9		4	3	4	9	5	6	2	4				

Fuente. Obra Moquegua (2015)

De los cuadros anteriores identificamos

Tabla N° 87: Impactos más significativos.

AGUA POTABLE		
DESCRIPCIÓN	MÉTODO TRADICIONAL	MÉTODO PIPE BURSTING
FACTORES AMBIENTALES MÁS DAÑINAS	Nivel de Ruido	Nivel de Ruido
	Partículas en Suspensión	
	Tráfico Vehicular	
ACTIVIDADES MÁS DAÑINAS	Excavación de zanja c/equipo (redes)	Excavación de ventanas c/equipo (redes)
	Excavación zanja conexiones domiciliarias	Excavación zanja conexiones domiciliarias
	Relleno seleccionado y a nivel afirmado	Corte, rotura de pavimento asfáltico c/equipo
	Corte, rotura de pavimento asfáltico c/equipo	-----
IMPACTOS MÁS SIGNIFICATIVOS	Nivel de Ruido	Nivel de Ruido
	Partículas en Suspensión	
	Tráfico Vehicular	

Fuente. Cuadro N° 23 y 24

Cuadro N° 25: Valoración de impactos ambientales y sociales en redes de alcantarillado (Método tradicional)

REDES DE ALCANTARILLADO - MÉTODO TRADICIONAL																
SUBCOMPONENTES		FACTOR AMBIENTAL Y SOCIAL	ACTIVIDADES DEL PROYECTO	IMPACTOS SIGNIFICATIVOS										VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS	FACTORES AMBIENTALES	
				Señalización del lugar y trazo, nivelación y replanteo	Corte, rotura de pavimento asfáltico c/equipo	Excavación de zanja c/equipo (redes)	Refine y nivelación de zanjas	Colocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDPE	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleno seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento			± 3
MEDIO NATURAL	ABIÓTICO	Aire	Partículas en Suspensión	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	2		3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	21 ⁻	18	7	
			Gases	1 ⁻	2						1 ⁻		1	4	6	4
			Nivel de Ruido	3 ⁻	3 ⁻	2 ⁻	1	2	2	2	3 ⁻	1	3 ⁻	21 ⁻	20	9
		Objetos	2 ⁻	3 ⁻			2 ⁻	2 ⁻					7	7	3	
	Suelo	Estabilidad		3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻			3 ⁻	2 ⁻		14 ⁻	14	5	
		Grado de Compactación		3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻			3 ⁻	3 ⁻		15 ⁻	15	5	
		Calidad de Suelo		3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻				3 ⁻	3 ⁻		12 ⁻	12	3	
	BIÓTICO	Flora	(Cobertura vegetal)		2 ⁻								2 ⁻	2	1	
		Fauna	(Hábitat)													
	ANTRÓPICO	Paisaje	Alteración Paisajística	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻				3 ⁻	3 ⁻	2 ⁻	14 ⁻	14	5	
Calidad de Vida			Usos y costumbres territoriales	2 ⁻	2 ⁻	2							4 ⁻	4	2	
		Incremento de población beneficiaria		2 ⁻								2 ⁻	2	1		
Salud y seguridad		Salud pública	2 ⁻	3 ⁻	2 ⁻	2						7 ⁻	7	3		
		Salud ocupacional	2 ⁻	3 ⁻	2 ⁻	2						7 ⁻	6	3		
		Accidentes	2 ⁻	3 ⁻	2 ⁻	2				2 ⁻	2	9 ⁻	9	5		
Bienestar		Bienestar	2 ⁻	2 ⁻	2				3 ⁻	3		7 ⁻	7	3		
Economía		Economía local	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	7 ⁻	7	7		
Tráfico Vehicular		Tráfico Vehicular	3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻				3 ⁻	3 ⁻	3 ⁻	18 ⁻	18	6		
Empleo		Generación de Empleo	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	1 ⁺	7 ⁻	7	7		
Comercio y Servicios	Actividades económicas	3 ⁻	3 ⁻	1 ⁺	1				1 ⁻	1	8 ⁻	8	4			
VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS		M	3 ⁻	30 ⁻	47 ⁻	23 ⁻	13 ⁻	9 ⁻	17 ⁻	26 ⁻	3 ⁻	14 ⁻	13 ⁻			
ACTIVIDADES DAÑINAS		I	3	31	47	21	12	9	17	26	3	13				

Fuente. Obra Moquegua (2015)

Cuadro N° 26: Valoración de impactos ambientales y sociales en redes de alcantarillado (Método Pipe Bursting).

REDES DE ALCANTARILLADO - MÉTODO PIPE BURSTING																			
SUBCOMPONENTES		FACTOR AMBIENTAL Y SOCIAL		ACTIVIDADES DEL PROYECTO		IMPACTOS SIGNIFICATIVOS										IMPACTOS MODERADOS		IMPACTOS LEVES	
																± 3		± 2	
MEDIO NATURAL	ABIÓTICO	Aire	Partículas en Suspensión	1 ⁻	2 ⁻	Excavación de ventanillas c/equipo (redes)	Refino y nivelación de ventanillas	Cobocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDP con equipo de fragmentación	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleño seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	7 ⁻	6				
				1	1											1	1	1	1
MEDIO NATURAL	ABIÓTICO	Aire	Gases	1 ⁻	1 ⁻	Excavación de ventanillas c/equipo (redes)	Refino y nivelación de ventanillas	Cobocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDP con equipo de fragmentación	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleño seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	4 ⁻	4				
				1	1											2	2	2	2
MEDIO NATURAL	ABIÓTICO	Aire	Nivel de Ruido	2 ⁻	2 ⁻	1 ⁻	Excavación de ventanillas c/equipo (redes)	Refino y nivelación de ventanillas	Cobocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDP con equipo de fragmentación	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleño seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	14 ⁻	8			
				2	2	1											2	2	2
MEDIO NATURAL	ABIÓTICO	Aire	Olores	1 ⁻	1 ⁻	Excavación de ventanillas c/equipo (redes)	Refino y nivelación de ventanillas	Cobocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDP con equipo de fragmentación	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleño seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	4 ⁻	2				
																1	1	1	1
MEDIO NATURAL	ABIÓTICO	Suelo	Estabilidad	1 ⁻	1 ⁻	Excavación de ventanillas c/equipo (redes)	Refino y nivelación de ventanillas	Cobocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDP con equipo de fragmentación	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleño seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	5 ⁻	5				
																1	1	1	1
MEDIO NATURAL	ABIÓTICO	Suelo	Grado de Compactación	1 ⁻	1 ⁻	Excavación de ventanillas c/equipo (redes)	Refino y nivelación de ventanillas	Cobocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDP con equipo de fragmentación	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleño seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	3 ⁻	2				
																1	1	1	1
MEDIO NATURAL	ABIÓTICO	Suelo	Calidad de Suelo	2 ⁻	2 ⁻	Excavación de ventanillas c/equipo (redes)	Refino y nivelación de ventanillas	Cobocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDP con equipo de fragmentación	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleño seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	6 ⁻	3				
																2	2	2	2
MEDIO NATURAL	BIÓTICO	Flora	(Cobertura vegetal)	1 ⁻	1 ⁻	Excavación de ventanillas c/equipo (redes)	Refino y nivelación de ventanillas	Cobocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDP con equipo de fragmentación	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleño seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	8 ⁻	6				
																1	1	1	1
MEDIO NATURAL	BIÓTICO	Fauna	(Hábitat)	1 ⁻	1 ⁻	Excavación de ventanillas c/equipo (redes)	Refino y nivelación de ventanillas	Cobocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDP con equipo de fragmentación	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleño seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	8 ⁻	6				
																1	1	1	1
MEDIO NATURAL	BIÓTICO	Paisaje	Alteración Paisajística	1 ⁻	2 ⁻	2 ⁻	Excavación de ventanillas c/equipo (redes)	Refino y nivelación de ventanillas	Cobocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDP con equipo de fragmentación	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleño seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	8 ⁻	6			
				1	1	1											1	1	1
MEDIO NATURAL	BIÓTICO	Calidad de Vida	Usos y costumbres territoriales	1 ⁻	1 ⁻	Excavación de ventanillas c/equipo (redes)	Refino y nivelación de ventanillas	Cobocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDP con equipo de fragmentación	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleño seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	7 ⁻	7				
																1	1	1	1
MEDIO NATURAL	BIÓTICO	Calidad de Vida	Involucramiento de población beneficiaria	1 ⁻	1 ⁻	Excavación de ventanillas c/equipo (redes)	Refino y nivelación de ventanillas	Cobocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDP con equipo de fragmentación	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleño seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	7 ⁻	7				
																1	1	1	1
MEDIO NATURAL	BIÓTICO	Salud y seguridad	Salud pública	1 ⁻	1 ⁻	Excavación de ventanillas c/equipo (redes)	Refino y nivelación de ventanillas	Cobocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDP con equipo de fragmentación	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleño seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	7 ⁻	7				
																1	1	1	1
MEDIO NATURAL	BIÓTICO	Salud y seguridad	Salud ocupacional	1 ⁻	1 ⁻	Excavación de ventanillas c/equipo (redes)	Refino y nivelación de ventanillas	Cobocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDP con equipo de fragmentación	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleño seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	7 ⁻	7				
																1	1	1	1
MEDIO NATURAL	BIÓTICO	Bienestar	Bienestar	1 ⁻	1 ⁻	Excavación de ventanillas c/equipo (redes)	Refino y nivelación de ventanillas	Cobocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDP con equipo de fragmentación	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleño seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	7 ⁻	7				
																1	1	1	1
MEDIO NATURAL	BIÓTICO	Economía	Economía local	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	7 ⁻	7				
				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
MEDIO NATURAL	BIÓTICO	Tráfico Vehicular	Tráfico Vehicular	1 ⁻	1 ⁻	Excavación de ventanillas c/equipo (redes)	Refino y nivelación de ventanillas	Cobocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDP con equipo de fragmentación	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleño seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	7 ⁻	7				
																1	1	1	1
MEDIO NATURAL	BIÓTICO	Empleo	Generación de Empleo	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	1 ⁻	7 ⁻	7				
				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
MEDIO NATURAL	BIÓTICO	Comercio y Servicios	Actividades económicas	1 ⁻	1 ⁻	Excavación de ventanillas c/equipo (redes)	Refino y nivelación de ventanillas	Cobocación de cama de arena	Suministro e instalación de tubería HDP con equipo de fragmentación	Eliminación y disposición final de material excedente	Relleño seleccionado y a nivel afirmado	Instalación de equipos hidráulicos	Reposición de pavimento	7 ⁻	7				
																1	1	1	1
VALORACIÓN DE LOS IMPACTOS				M	1 ⁻	8 ⁻	15 ⁻	6 ⁻	4 ⁻	7 ⁻	7 ⁻	9 ⁻	2 ⁻	5 ⁻					
ACTIVIDADES DAÑINAS				1	9	12	4	3	5	5	6	2	4						

Fuente. Obra Moquegua (2015)

De los cuadros anteriores identificamos:

Tabla N° 88: Impactos más significativos

ALCANTARILLADO		
DESCRIPCIÓN	MÉTODO TRADICIONAL	MÉTODO PIPE BURSTING
FACTORES AMBIENTALES MÁS DAÑINAS	Nivel de Ruido	Nivel de Ruido
	Partículas en Suspensión	
	Tráfico Vehicular	
ACTIVIDADES MÁS DAÑINAS	Excavación de zanja c/equipo (redes)	Excavación de ventanas c/equipo (redes)
	Corte, rotura de pavimento asfáltico c/equipo	Corte, rotura de pavimento asfáltico c/equipo (ventanas)
	Relleno seleccionado y a nivel afirmado	-----
IMPACTOS MÁS SIGNIFICATIVOS	Nivel de Ruido	Nivel de Ruido
	Partículas en Suspensión	
	Tráfico Vehicular	

Fuente. Cuadro N° 25 Y 26

Comparación de impactos

Cuadro N° 27: Impactos más significativos

IMPACTOS MÁS SIGNIFICATIVOS				
DESCRIPCIÓN DE IMPACTOS	AGUA POTABLE		ALCANTARILLADO	
	MÉTODO TRADICIONAL	MÉTODO PIPE BURSTING	MÉTODO TRADICIONAL	MÉTODO PIPE BURSTING
Nivel de Ruido	24 ⁻ 23	15 ⁻ 16	21 ⁻ 20	14 ⁻ 13
Partículas en Suspensión	24 ⁻ 21		21 ⁻ 18	
Tráfico Vehicular	21 ⁻ 21		18 ⁻ 18	

Fuente. Cuadro N° 23, 24, 25, 26 y tabla 87 y 88

El cuadro N° 27, muestra que el método Pipe Bursting genera menores impactos ante el método tradicional tanto en el nivel de ruido, partículas de suspensión.

4.1.5.4 Control de impactos significativos generados durante el proceso constructivo

a) Contaminación por ruido y vibraciones.

- Las vibraciones de los equipos y maquinarias pesadas y la contaminación sonora por el ruido de los mismos, durante su operación, pueden producir molestias a los operarios y pobladores locales, como por ejemplo durante la compactación del material de relleno de las zanjas, y/o durante la excavación y rotura de pavimento. Por lo tanto, se minimizó al máximo la generación de ruidos y vibraciones de estos equipos, controlando los motores y el estado de los silenciadores. Así mismo los operadores deben tener apagado sus equipos así no estén realizando ninguna actividad.
- Las tareas que produjeron altos niveles de ruidos, como el movimiento de camiones de transporte de material excedente, materiales, insumos y equipos; y los ruidos producidos por la máquina de excavaciones retroexcavadora, motoniveladora, máquina compactadora en la zona de obra, ya sea por la elevada emisión de la fuente o suma de efectos de diversas fuentes, debieron estar planeadas adecuadamente para mitigar la emisión total lo máximo posible, de acuerdo al cronograma de la obra.
- Esta medida tenía por finalidad prevenir enfermedades laborales de los operarios de la obra y minimizar cualquier tipo de impacto negativo hacia las personas que circulan por la ruta, especialmente en la zona de obra o cerca de los accesos a los barrios y sobre las intersecciones en el inicio y fin del tramo.

- Se limitó la velocidad de los vehículos pesados en las zonas urbanas, la velocidad máxima será de 30 km/h.

b) Alteración de la calidad del aire

Como controlar este impacto:

- Como se ha mencionado, las emisiones de material particulado y gases durante las diferentes etapas del proyecto fueron mínimas. las medidas propuestas a continuación contribuyeron a minimizar aún más los impactos potenciales debido al desarrollo de este proyecto y constituyeron buenas prácticas de manejo y control ambiental. Las medidas propuestas estuvieron también enfocadas a la protección de la salud de los trabajadores y condiciones de salud de la población.
- Se debió regar periódicamente, solo con AGUA, los caminos de acceso y los patios de maniobras de las máquinas pesadas, depósitos de material excedente proveniente de las excavaciones, campamento, zonas o calles de desvío vehicular y además en las proximidades de los Barrios, reduciendo de esta manera el polvo en la zona de obra.
- A fin de evitar la emanación de gases contaminantes (CO y CO₂) proveniente de la combustión de los motores de equipos, los encargados del área de mecánica en coordinación con los encargados de medio ambiente revisaron y realizaron su check list de equipos.
- En el caso que sea necesario acopiar el material producto de las excavaciones algunos días, este fue humedecido y cercado a fin que el viento pueda originar polvo.

- Se limitó la velocidad de los vehículos en la cantera y en el camino de acceso. La velocidad máxima en la cantera será de 35 km/h. La velocidad máxima en el camino de acceso fue de 60 km/h.

c) Contaminación del suelo

Como controlar este impacto:

- Por ser una zona urbana donde se ejecutó el proyecto donde la mayoría del suelo estuvo recubierto de asfalto y concreto los impactos al suelo fueron “Negativa no significativa”, sin embargo se tomaron medidas de mitigación a fin de minimizar impactos que pudieron suscitarse y que no estén contemplados en el E.I.A. del proyecto. Por lo que se tomaron en cuenta lo siguiente:
 - Limitaron las áreas de intervención a lo estrictamente necesario, dentro y en áreas utilitarias para campamentos y plantas industriales. El abastecimiento de combustible y las operaciones de mantenimiento se realizaron dentro de maestranzas y talleres.
 - En caso de derrames al suelo, se realizó la limpieza inmediata del suelo.
 - Las zonas de surtidores y depósitos de materiales peligrosos contaron con un contenedor de derrame y una capa de ripio que sirva como sustrato para recibir posibles fugas y derrames.

4.1.5.5 Estándares de Calidad Ambiental para Impactos Significativos (ruido y aire)

Después de plantear el control de los impactos más significativos se realizó una comparación según los parámetros de los Estándares de Calidad Ambiental para Ruido y Aire.

a) Ruido Ambiental

Tabla N° 89: Estándares de Calidad Ambiental para Ruido

ZONAS DE APLICACIÓN	VALORES	
	HORARIO DIURNO dB A	HORARIO NOCTURNO dB A
Zona de Protección Especial	50	40
Zona Res idencial	60	50
Zona Comercial	70	60
Zona Industrial	80	70

Fuente: ECA para Ruido

b) Calidad de Aire

Tabla N° 90: Estándares de Calidad Ambiental de Aire

PARÁMETROS	PERIODO	ESTANDAR		MÉTODO DE ANÁLISIS
		VALOR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	FORMATO	
Partículas PM - 10	Anual	50	Media aritmética anual	Separación inercial/ filtración (Gravimetría)
	24 Horas	150	NE más de 3 veces/año	
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Anual	100	Promedio aritmético anual	Quimiluminiscencia (Método automático)
	1 hora	200	NE más de 24 veces/año	
Monóxido de Carbono (CO)	1 horas	30 000	NE más de 1 vez/año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10 000	Promedio móvil	

Fuente: ECA para Aire

Tabla N° 91: Estándares de Calidad Ambiental de Aire.

PARÁMETROS	PERIODO	VALOR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	VIGENCIA Y FORMATO	MÉTODO DE ANÁLISIS
Dióxido de Azufre (SO ₂)	24 Horas	80	1 de Enero de 2009	Fluorescencia UV (método automático)
	24 Horas	20	1 de Enero del 2014	

Fuente: ECA para Aire

c) Estaciones de Monitoreo

Los criterios seleccionados para determinar las estaciones de monitoreo (ANEXO 4.11):

- Dirección del viento

- La cercanía a los centros poblados
- Ubicación de las canteras, DME, y plantas industriales.

Las estaciones o puntos de Monitoreo se detallan a continuación:

Cuadro N° 28: Estaciones de Monitoreo

ESTACIÓN	ZONA	DESCRIPCIÓN	NORTE	OESTE
ECA – 01	Zona Oeste de la escombra Villa Miners - AV. Villa Minera	ECA ubicado en la escombrilla Villa Minería, cercana a Zona residencial del CP San Antonio	8097171	294658
ECA – 02	Zona Sur de la escombra Villa Minera . AV. Villa Minera	ECA ubicado en la escombrilla Villa Minería, cercana a Zona residencial del CP San Antonio	8097050	294745
ECA – 03	Zona Este de la escombra Villa Minera . AV. Villa Minera	ECA ubicado en la escombrilla Villa Minería, cercana a Zona residencial del CP San Antonio	8097051	294920
ECA – 04	Calle 8 de Setiembre con 12 de Octubre - JV. Mariscal Nieto	ECA ubicado en la Zona residencial de la J.V. Mariscal Nieto. Zona Sur Este del AID	8098229	295295
ECA – 05	Calle Moquegua con Calle Moquegua (Municipalidad Provincial del Mariscal Nieto) - JV. Cercado	ECA ubicado en la Zona comercial de la JV. Cercado (aires de la MPMN), zona centro del AID	8098020	294218
ECA – 06	Calle los Álamos con Calle Tupac Amaru - JV. Rosa la Victoria	ECA ubicado en la zona residencial de la JV. Rosa la Victoria, Zona Norte del AID	8098331	293613
ECA – 07	Calle Amazonas con Calle Rosa Bayardi - JV. Fonavi II y III Etapa	ECA ubicado en la zona residencial de la JV. Fonavi I y II zona Nor Este del AID	8098229	294371
ECA – 08	Calle Lambayeque con Calle Cusco - JV. Cercado	ECA ubicado de la zona residencial de la JV. Cercado zona Sur Oeste del AID	8097529	294060
ECA – 09	Avenida N° 02 con pasaje N° 05 - JV. San Francisco	ECA ubicado en la zona residencial de la JV San Francisco zona Extrema Oeste del AID	8098065	292414

Fuente. Obra Moquegua (2015).

La selección para la ubicación de las estaciones de monitoreo tienen como referencia las zonas pobladas con mayor número de viviendas involucradas en el proyecto, y zonas de mayor tránsito vehicular.

d) Métodos de Análisis

- Calidad de Ruido

Para la emisión de ruido ambiental, se utilizó un sonómetro TENMARS Modelo 130400072 en respuesta lenta, con el cual se realizaron las mediciones.

Procedimiento de medición

En campo las mediciones se realizó colocando el sonómetro sobre un trípode profesional, cuidando que no esté cerca de muros que no tenga desnivel el piso sobre el cual ira el trípode, lo cual se verifica con el nivel con el que cuenta el trípode. Luego colocar el sonómetro a 45 grados de inclinación, el sonómetro tiene un contravientos, el cual eliminara cualquier error producido por el viento, luego se procede a la programación en respuesta lenta y ponderación A, e indica la medición.

Al finalizar la medición se extraen los datos de presión máximo, mínimo y el Leq dBA, los cuales se registran en el formato de muestreo de ruido.

Cuadro N° 29: Equipos, Método de Muestreo

Parámetros	Equipo	Modelo
Intensidad de Ruido	Sonómetro Portátil	TENMARS Modelo 130400072

Fuente. Obra Moquegua (2015).

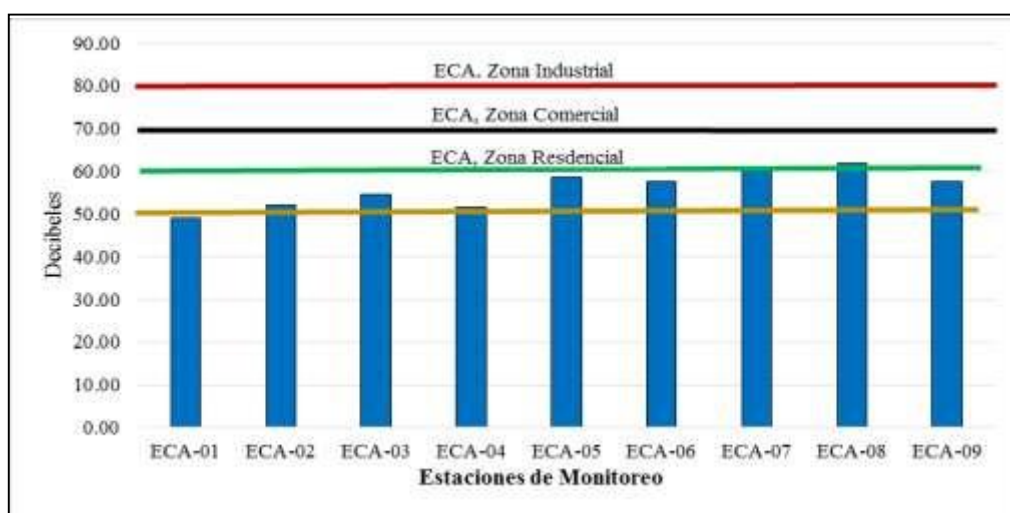
Tabla N° 92: Monitoreo del Ruido Ambiental

ESTACIÓN DE MONITOREO	FECHA DE MUES	Lmin	Lmax	laeqT (db)	
ECA-01	09/07/2015	64.40	64.40	49.20	60
ECA-02	10/09/2015	62.70	62.70	52.10	60
ECA-03	09/07/2015	74.20	74.20	54.60	60
ECA-04	08/07/2015	68.90	68.90	51.60	60
ECA-05	07/07/2015	74.20	74.20	58.50	60
ECA-06	10/07/2015	73.30	73.30	57.70	60
ECA-07	08/10/2015	82.30	82.30	60.00	60
ECA-08	11/07/2015	93.80	93.80	61.90	60
ECA-09	07/07/2015	79.20	79.20	57.50	60

Fuente. Obra Moquegua (2015).

El nivel de presión sonora continuo equivalente con ponderación A (LAeqT) para las estaciones de monitoreo ECA-04 y ECA-08 superan el estándar de calidad de ruido para sus respectivas zonas en horario diurno, a diferencia de las demás estaciones de monitoreo que se encuentra por debajo de los límites establecidos para zona residencial. Existe contaminación sonora cruzada en la estación de monitoreo ECA-08 teniendo un gran aporte sonoro generado por el tránsito vehicular así como de los transeúntes.

Gráfico N° 25: Ruido ambiental según zonas de aplicación.



Fuente. Tabla N° 92

- Calidad del aire

Los parámetros medidos en el monitoreo de calidad ambiental del aire fueron:

1. Partículas en suspensión menores o iguales a 10 micrómetros, PM-10;
2. Dióxido de Nitrógeno, N02;
3. Monóxido de Carbono, CO;
4. Dióxido de Azufre, 502;

Se muestran los equipos, métodos y análisis de muestreo utilizados en el monitoreo de calidad ambiental del aire que cumplen con los lineamientos establecidos en el Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental del Aire.

Tabla N° 93: Equipos método de muestreo

PÁRAMETROS	EQUIPO	MARCA/MODELO
Partículas PM10	Muestreador de Alto Volumen	Tisch Volumétrico P8426X; Tisch Volumétrico P8254X
Dióxido de Nitrógeno (NO ₂)	Tren de Muestreo de Gases	Tren de monitoreo de Gases /Rotámetro Dwyer MMA-20
Monóxido de Carbono (CO)		
Dióxido de Azufre (SO ₂)		

Fuente: Obra Moquegua

Resultados

Material Particulado PM₁₀

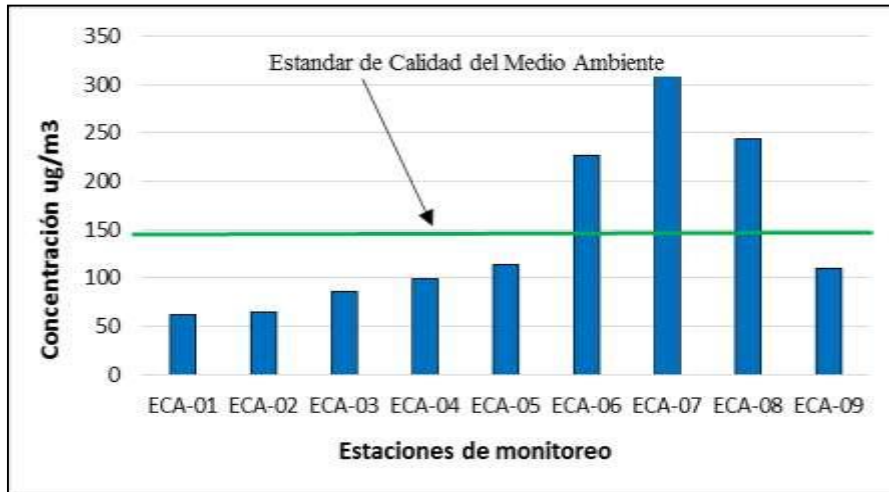
Tabla N° 94: Concentración de Partículas PM-10

ESTACIÓN DE MONITOREO	FECHA DE MUESTREO	CONCENTRACIÓN DIARIA PM10 (ug/m ³)
ECA-01	09/07/2015	62
ECA-02	10/09/2015	64
ECA-03	09/07/2015	86
ECA-04	08/07/2015	99
ECA-05	07/07/2015	114
ECA-06	10/07/2015	226
ECA-07	08/10/2015	313
ECA-08	11/07/2015	244
ECA-09	07/07/2015	110
		150

Fuente: Obra Moquegua (2015)

La concentración determinada del Material Particulado menor a 10 micras, ha resultado por debajo del límite Nacional de Calidad del Aire el cual establece un valor de 150 ug/m³.

Gráfico N° 26: Niveles de Partículas PM-10



Fuente: Tabla N° 94 falta la 9

Dióxido de Nitrógeno

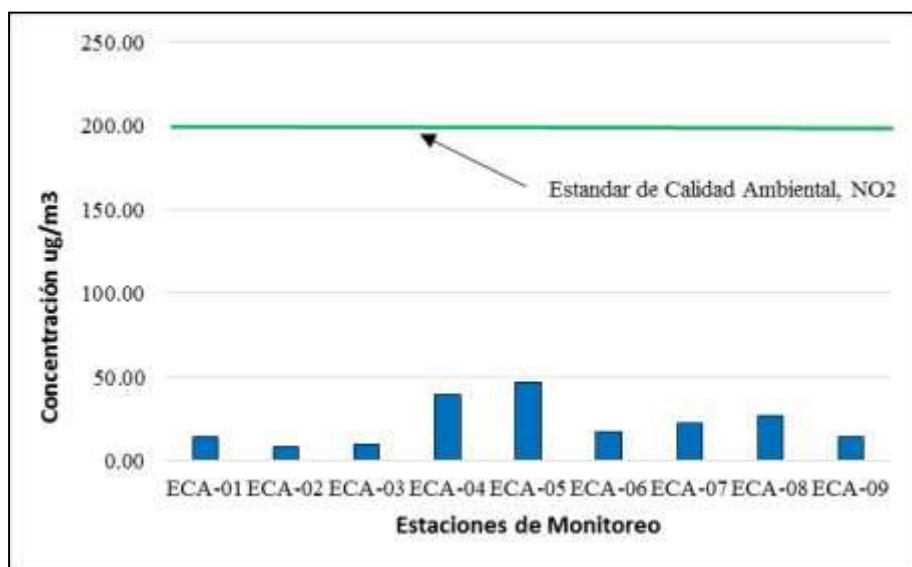
Tabla N° 95: Concentración Dióxido de Nitrógeno

ESTACIÓN DE MONITOREO	FECHA DE MUESTREO	CONCENTRACIÓN DIARIA DE NO ₂ (ug/m ³)
ECA-01	09/07/2015	14.53
ECA-02	10/09/2015	8.30
ECA-03	09/07/2015	9.60
ECA-04	08/07/2015	39.87
ECA-05	07/07/2015	46.97
ECA-06	10/07/2015	17.03
ECA-07	08/10/2015	22.70
ECA-08	11/07/2015	27.17
ECA-09	07/07/2015	14.63
		200

Fuente: Obra Moquegua (2015)

En cuanto al Dióxido de Nitrógeno, presentó una concentración máxima de 46.97 ug/m³, valor que se encuentra también bastante por debajo del límite de 200 ug/m³.

Gráfico N° 27: Niveles de Dióxido de Nitrógeno



Fuente: Tabla N° 95

Monóxido de Carbono

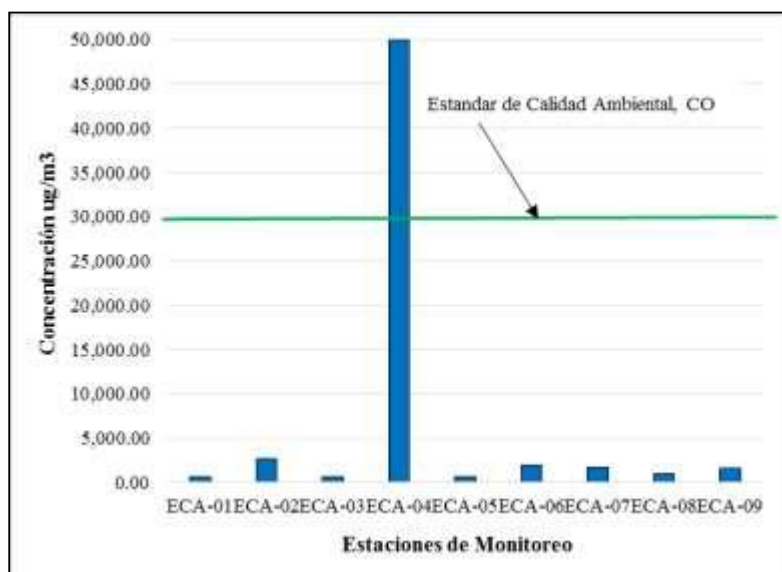
Tabla N° 96: Concentraciones de Monóxido de Carbono.

ESTACIÓN DE MONITOREO	FECHA DE MUES TREO	CONCENTRACIÓN DIARIA DE C0 (ug/m3)
ECA-01	09/07/2015	625.00
ECA-02	10/09/2015	2,652.00
ECA-03	09/07/2015	625.00
ECA-04	08/07/2015	49,941.00
ECA-05	07/07/2015	625.00
ECA-06	10/07/2015	1,933.00
ECA-07	08/10/2015	1,733.00
ECA-08	11/07/2015	1,020.00
ECA-09	07/07/2015	1,625.00
		30000

Fuente: Obra Moquegua (2015)

Los resultados obtenidos de monóxido de Carbono en este periodo de monitoreo se encuentran por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental correspondientes para este parámetro. Estos resultados no superan el Estándar de Calidad Ambiental establecido para CO.

Gráfico N° 28: Niveles de Monóxido de Carbono.



Fuente: Tabla N° 96

Dióxido de Azufre

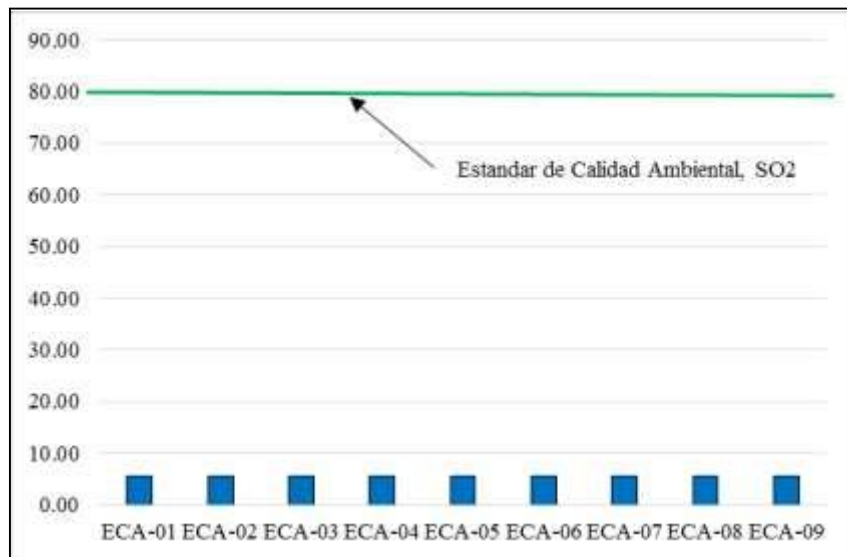
Tabla N° 97: Concentraciones de Dióxido de Azufre.

ESTACIÓN DE MONITOREO	FECHA DE MUES TREO	CONCENTRACIÓN DIARIA DE SO ₂ (ug/m ³)
ECA-01	09/07/2015	5.49
ECA-02	10/09/2015	5.49
ECA-03	09/07/2015	5.49
ECA-04	08/07/2015	5.49
ECA-05	07/07/2015	5.49
ECA-06	10/07/2015	5.49
ECA-07	08/10/2015	5.49
ECA-08	11/07/2015	5.49
ECA-09	07/07/2015	5.49
		80

Fuente: Obra Moquegua (2015)

Los resultados obtenidos de Dióxido de Azufre en este periodo de monitoreo se encuentran por debajo de los Estándares de Calidad Ambiental correspondientes para este parámetro. Estos resultados no superan el Estándar de Calidad Ambiental establecido para S02.

Gráfico N° 29: Niveles de azufre



Fuente: Tabla N° 97

4.2 Prueba de hipótesis

4.2.1 Resultados de la variable Pipe Bursting (sin zanja) y sus cinco dimensiones

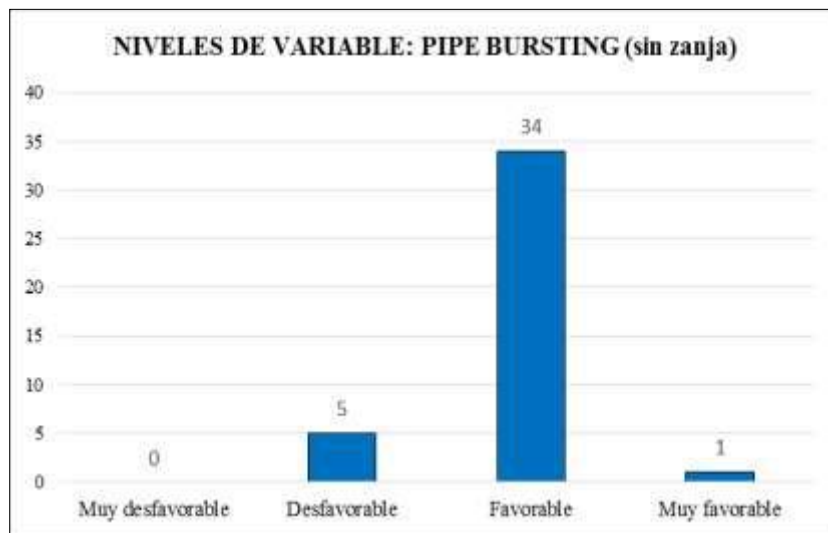
En el presente cuadro mostramos el consolidado de la variable “Pipe Bursting (sin zanja)” y sus cinco dimensiones Proceso constructivo, Rendimientos, Costos, Calidad de tubería de Polietileno e Impacto Ambiental y Social, el cual presenta los siguientes cuadros y gráficos:

Cuadro N° 30: Niveles de la variable: Pipe Bursting (sin zanja)

NIVELES DE VARIABLE: PIPE BURSTING (sin zanja)		
NIVELES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Muy desfavorable	0	0.00
Desfavorable	5	12.50
Favorable	34	85.00
Muy favorable	1	2.50
Total	40	100.00

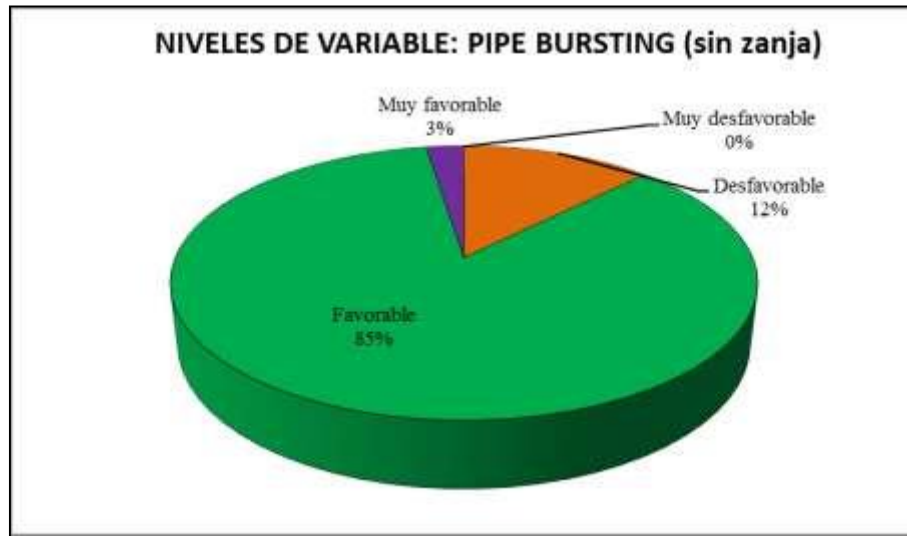
Fuente: Elaboración propia.

Gráfico N° 30: Niveles de la variable 1: Pipe Bursting (sin zanja).



Fuente: Cuadro N° 30

Gráfico N° 31: Niveles de la variable 1: Pipe Bursting (sin zanja).



Fuente: Cuadro N°. 30

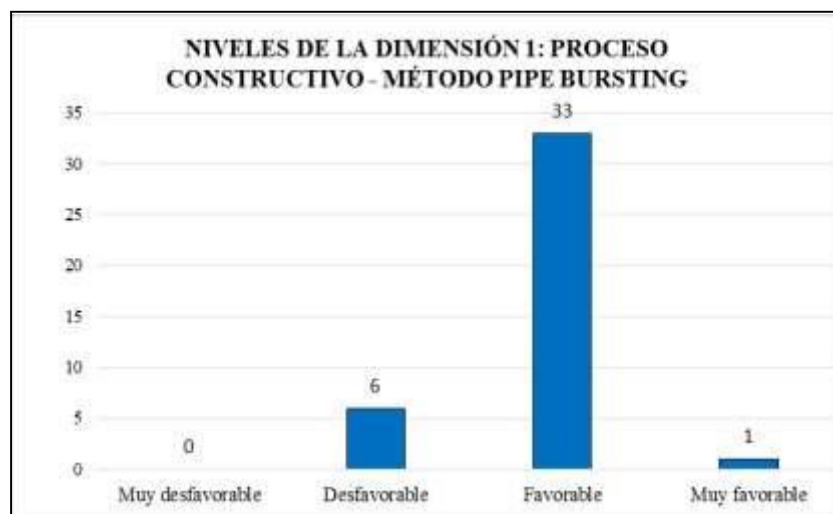
Según el Cuadro N° 30 y los Gráficos N° 30 y 31 se puede apreciar que los niveles de la variable Pipe Bursting (sin zanja) de los 40 ingenieros encuestados, 34 que representa el (85%) perciben el uso de Pipe Bursting favorable; luego 5 que representan el (12%) perciben uso de Pipe Bursting desfavorable; luego 1 que es el (3%) perciben el uso de Pipe Bursting muy favorable y 0 que representa el (0%) perciben el uso de Pipe Bursting muy desfavorable. Este resultado es corroborado en la tesis de Ojeda Garayar dice que se desarrolla una comparación entre dos metodologías de renovación de tuberías de desagüe, el Pipe Bursting y el método tradicional. El primero pertenece al grupo de tecnologías sin zanja y el segundo es el método a zanja abierta, el cual siempre se ha empleado en este tipo de trabajos. “...Los trabajos de renovación de tuberías resultan incómodos para la sociedad que cada día exige una mejor calidad de vida, ya que para ello se tienen que cerrar el carril o en algunos casos la calle para romper las pistas y abrir la zanja, lo que ocasiona caos vehicular en la zona, además que se tienen que crear rutas de desvío del tráfico. Y en la población en general molestias por el olor y los gases que emanan las redes de alcantarillado, además de pérdidas económicas por parte de los locales comerciales.”

Cuadro N° 31: Niveles de la dimensión 1: Proceso constructivo – Método Pipe Bursting

NIVELES DE LA DIMENSIÓN 1: PROCESO CONSTRUCTIVO - MÉTODO PIPE BURSTING		
NIVELES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Muy des favorable	0	0.00
Des favorable	6	15.00
Favorable	33	82.50
Muy favorable	1	2.50
Total	40	100.00

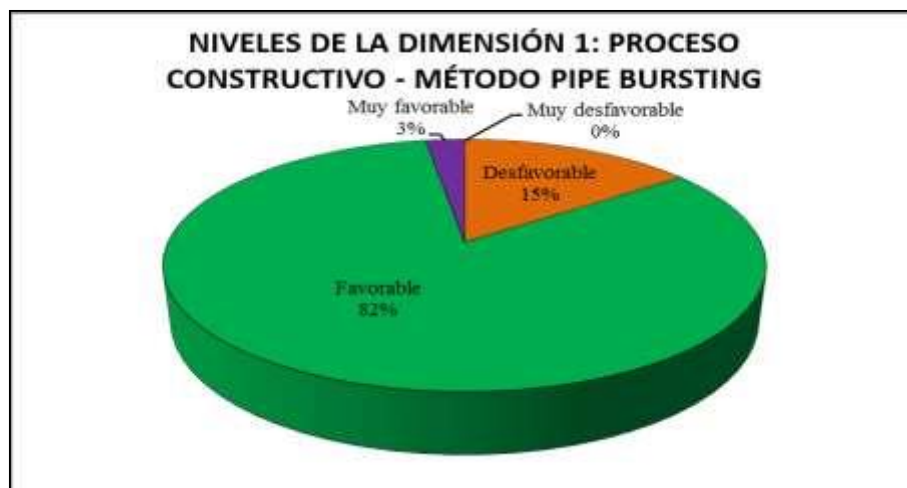
Fuente: Base de datos proceso constructivo. (Anexo 3.4)

Gráfico N° 32: Niveles de la dimensión 1: Proceso constructivo.



Fuente: Cuadro N°: 31

Gráfico N° 33: Niveles de la dimensión 1: Proceso constructivo.



Fuente: Cuadro N°: 31

Según el Cuadro N° 31 y los Gráficos N° 32 y 33, se puede apreciar que los niveles de la dimensión N° 1 en el Proceso Constructivo de los 40 ingenieros

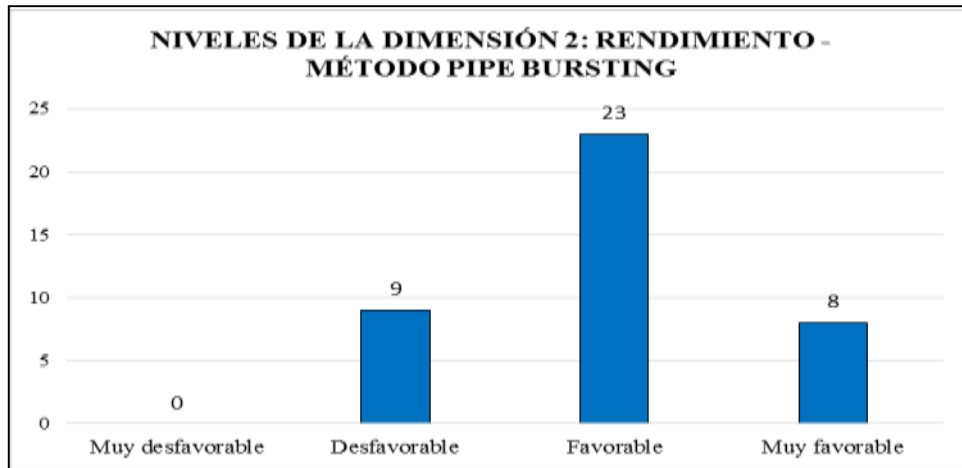
encuestados, 33 ingenieros que representa el (82%) perciben el uso adecuado del proceso constructivo favorable; luego 6 que representan el (15%) perciben el uso adecuado del proceso constructivo desfavorable; luego 1 que es el (3%) perciben el uso adecuado del proceso constructivo muy favorable y 0 que representa el (0%) perciben el uso adecuado del proceso constructivo muy desfavorable. Este resultado es corroborado en la tesis de Ojeda Garayar dice que uno de los beneficios que tiene el pipe bursting en cuanto al proceso constructivo frente al método tradicional, es la seguridad que les brinda a los trabajadores, ya que al no tener que estar dentro de la zanja, debido a que en su proceso no se requiere excavar todo el tramo a renovar, se evita la posibilidad que algunos de los trabajadores quede atrapado dentro de esta, a causa de un colapso o desprendimiento del terreno. “...al tener la zanja abierta, en el caso del método tradicional, hasta el momento en que se coloque la tubería y se tape la zanja, puede ocurrir que algunos de los trabajadores o en el peor de los casos algún transeúnte pueda caer dentro de esta, a pesar de contar con una correcta señalización. Cuanto mayor es el tiempo en que se tiene la zanja abierta, aumentan las posibilidades que ocurra algún accidente.”

Cuadro N° 32: Niveles de la dimensión 2: Rendimiento

NIVELES DE LA DIMENSIÓN 2: RENDIMIENTO - MÉTODO PIPE BURSTING		
NIVELES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Muy des favorable	0	0.00
Des favorable	9	22.50
Favorable	23	57.50
Muy favorable	8	20.00
Total	40	100.00

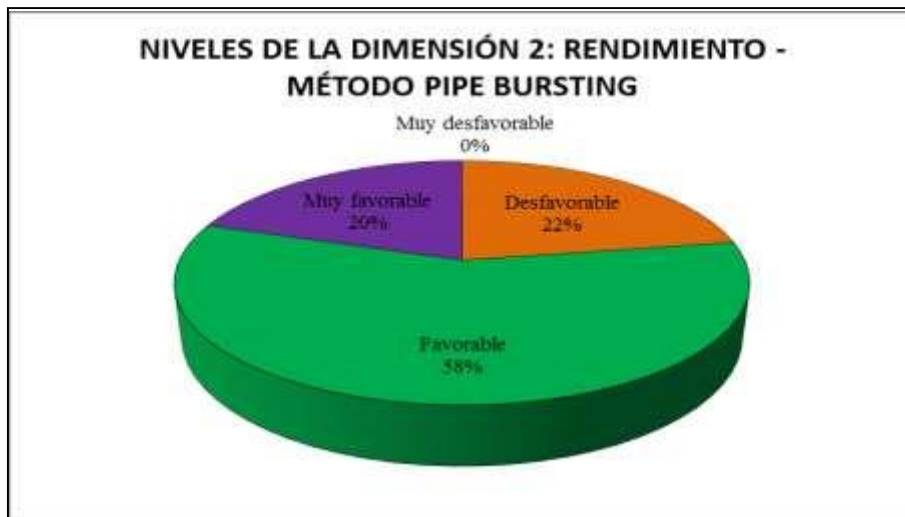
Fuente: Base de datos rendimiento. (Anexo 3.4)

Gráfico N° 34: Niveles de la dimensión 2: Rendimiento.



Fuente: Cuadro N°: 32

Gráfico N° 35: Niveles de la dimensión 2: Rendimiento.



Fuente: Cuadro N°: 32

Según el Cuadro N° 32 y los Gráficos N° 34 y 35 se puede apreciar que los niveles de la Dimensión 2: rendimiento, de los 40 ingenieros encuestados, 23 que representa el (58%) perciben el rendimiento favorable; luego 9 que representan el (22%) perciben el Rendimiento desfavorable; luego 8 que es el (20%) perciben el Rendimiento muy favorable y 0 que representa el (0%) perciben el rendimiento muy desfavorable. Este resultado es corroborado en la tesis de Ojeda Garayar dice, el rendimiento en el caso del método tradicional, en parte depende de la habilidad y experiencia que tengan los trabajadores, ya que la mano hombre en este método está más involucrada tanto en el proceso de excavación, como al colocar la tubería, es por

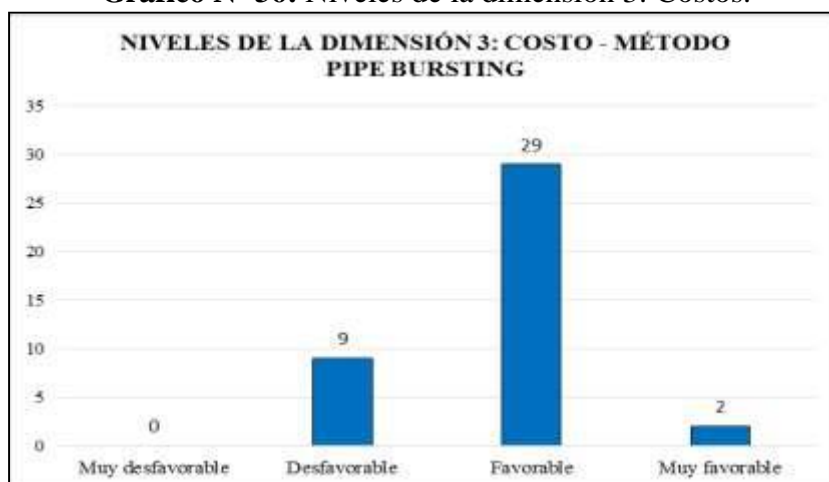
eso que la habilidad de los operarios influye mucho en el rendimiento y por lo tanto en el costo del proyecto, sin embargo, en el caso del Pipe Bursting el rendimiento se basa en mayor porcentaje en los equipos empleados, ya que en el proceso de fragmentación de la tubería no interviene la mano hombre, por lo tanto se tiene menor variabilidad en cuanto a rendimientos en el Pipe Bursting que en el método tradicional. “...Esto debido a que en el método tradicional al trabajar con varias cuadrillas, las cuales no cuentan con los mismos operarios y con las mismas habilidades, y al depender el rendimiento en mayor parte en los operarios, se va a producir que no todas las cuadrillas terminen en el mismo tiempo, por lo que aumenta la variabilidad, en cambio en el Pipe Bursting las cuadrillas al tener los mismos equipos y al basarse el rendimiento en mayor porcentaje en los equipos, se va a tener menor variabilidad.”

Cuadro N° 33: Niveles de la dimensión 3: Costos

NIVELES DE LA DIMENSIÓN 3: COSTO - MÉTODO PIPE BURSTING		
NIVELES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Muy des favorable	0	0.00
Des favorable	9	22.50
Favorable	29	72.50
Muy favorable	2	5.00
Total	40	100.00

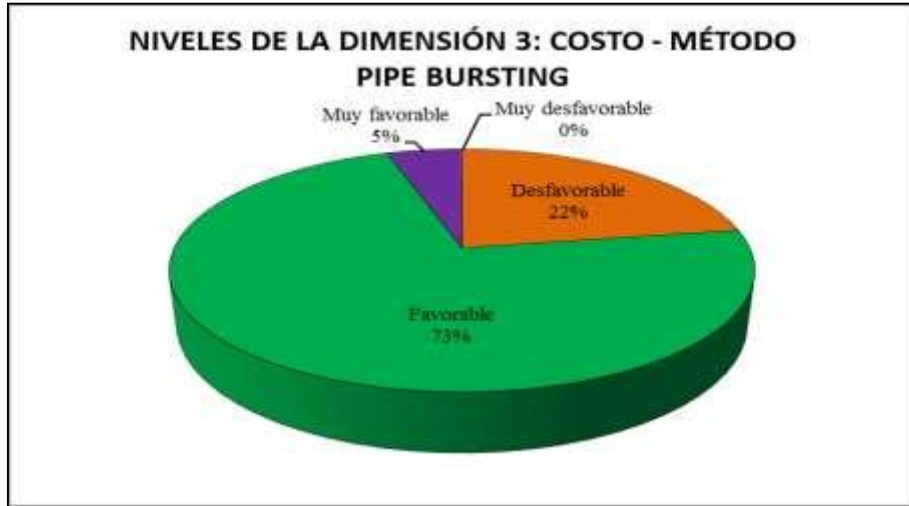
Fuente: Base de datos costos. (Anexo 3.4)

Gráfico N° 36: Niveles de la dimensión 3: Costos.



Fuente: Cuadro N°: 33

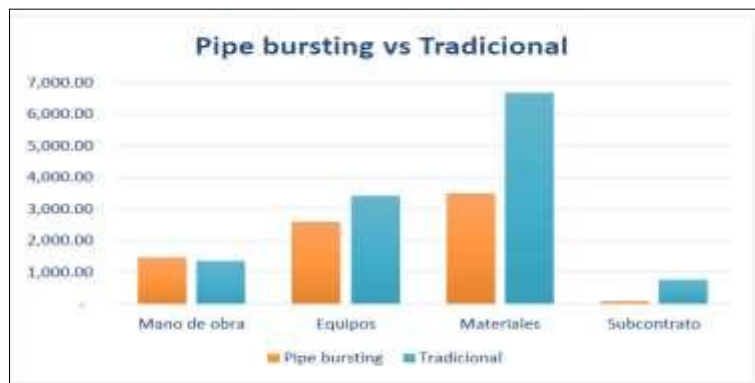
Gráfico N° 37: Niveles de la dimensión 3: Costos.



Fuente: Cuadro N°: 33

Según el Cuadro N° 33 y los Gráficos N° 36 y 37 se puede apreciar que los niveles de la Dimensión 3: costos, de los 40 ingenieros encuestados, 29 que representa el (73%) perciben el costo favorable; luego 9 que representan el (22%) perciben el costo desfavorable; luego 2 que es el (5%) perciben el costo muy favorable y 0 que representa el (0%) perciben el costo muy desfavorable. Este resultado es corroborado en la tesis de Ojeda Garayar dice y hace una comparación, Para poder realizar una mejor comparación entre ambos método en cuanto a sus costos directos se presenta el siguiente Cuadro Nro. 24 comparativo y su grafico de barras del análisis realizado en el capítulo 3 de su tesis, en el que se indican las cantidades y sus porcentajes.

Cuadro N° 34: Cuadro comparativo de costos-método tradicional y el método Pipe Bursting



Fuente: Ojeda Garayar, Julio César - Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas

Del cuadro anterior, se puede apreciar claramente que el porcentaje de la mano de obra es mayor en el Pipe Bursting que en el método tradicional. A pesar que la obra en la que se utilizó el método tradicional fue de 5 días y en la que se utilizó el Pipe Bursting solo fue de 2 días, esto debido a que el costo de la mano de obra para el Pipe Bursting es mucho mayor que la del tradicional.

También se aprecia un mayor porcentaje de costos de utilización de equipos en el Pipe Bursting, esto debido a que emplea equipos de mayor costo de operación, durante todo el proceso de renovación.

Sin embargo se en cuanto a materiales se tiene mayor costo en el método tradicional que en el Pipe Bursting debido al mayor volumen de movimiento de tierras, además de tener mayores áreas de resanes y áreas de reparación como jardines.

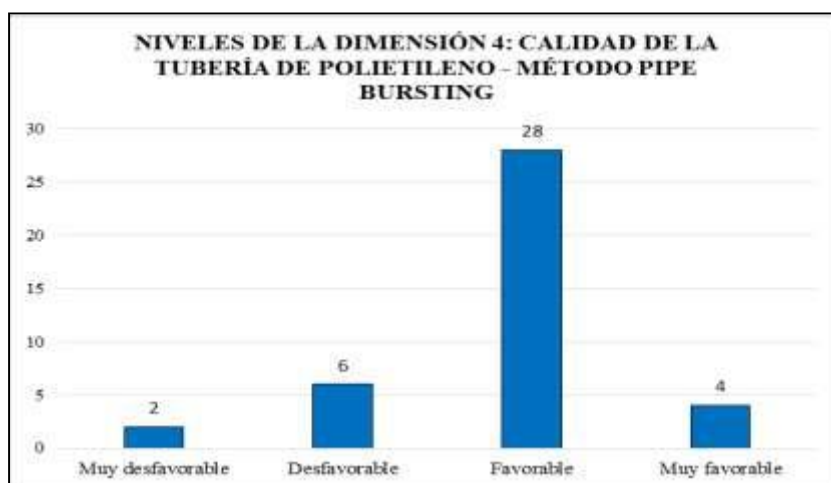
Dicho esto, el Pipe Bursting en cuanto a costos tienen una amplia ventaja frente al método tradicional, como se analizó en el capítulo 3 de la tesis de Ojeda Garayar , este tiene una diferencia de 47.21 soles por cada metro lineal de tubería renovada, es decir el que el método tradicional cuesta un 65% más que el Pipe Bursting.

Cuadro N° 35: Niveles de la dimensión 4: Calidad de tubería

NIVELES DE LA DIMENSIÓN 4: CALIDAD DE LA TUBERÍA DE POLIETILENO - MÉTODO PIPE BURSTING		
NIVELES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Muy desfavorable	2	5.00
Desfavorable	6	15.00
Favorable	28	70.00
Muy favorable	4	10.00
Total	40	100.00

Fuente: Base de datos calidad tubería. (Anexo 3.4)

Gráfico N° 38: Niveles de la dimensión 4: Calidad tubería.



Fuente: Cuadro N°: 35

Gráfico N° 39: Niveles de la dimensión 4: Calidad tubería.



Fuente: Cuadro N°: 35

Según el Cuadro N° 35 y los Gráficos N° 38 y 39 se puede apreciar que los niveles de la dimensión N° 4 en la Calidad de tubería, de los 40 ingenieros encuestados, 28 que representa el (70%) perciben Calidad de tubería favorable; luego 6 que representan el (15%) perciben Calidad de tubería desfavorable; luego 4 que es el (5%) perciben Calidad de tubería muy favorable y 2 que representa el (5%) perciben Calidad de tubería muy desfavorable. Este resultado es corroborado en la tesis de Ojeda Garayar dice que la calidad de cualquiera de las uniones térmicas depende del correcto procedimiento, de la cualificación del operario y de la calidad de

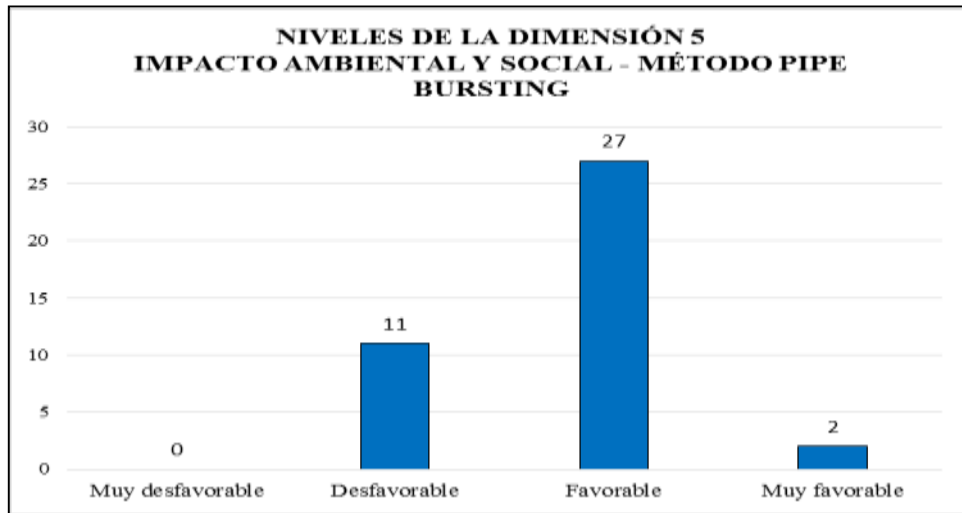
la maquinaria empleada. Ambas técnicas son relativamente simples de realizar, pero si no se cumplen los procedimientos de soldadura, puede ocurrir que uniones aparentemente buenas sean puntos débiles que puedan generar fracasos a la hora de entrar en servicio. También Pérez, E. (2008), en su libro dice sobre las tuberías "...para rehabilitar e instalar tuberías en los suelos y líneas antiguas diversas; esta ingeniería nos ofrece una nueva manera de trabajar en obras hidráulicas para rehabilitar líneas obsoletas que transportan diferentes fluidos, la rehabilitación de tuberías por la metodología de estallamiento es la ingeniería adecuada para renovar líneas sin abrir zanja solo ventanas, además que ofrece bondades inigualables como: no abrir casi zanja hasta en un 95%, no altera la dinámica citadina ni la detiene, el costo es menor que a zanja abierta, es rápida de instalar, el material utilizado como Polietileno de alta densidad, PVC, es resistente y su vida útil está garantizado para 50 años y su durabilidad es para más años, en países donde no se da el mantenimiento de manera adecuada y donde se dejan sus antiguas líneas llegar al 100% de su vida útil son altamente recomendables ya que se pueden instalar aun con un buen grado de sedimentos y con tuberías colapsadas."

Cuadro N° 36: Niveles de la variable 5: Impacto ambiental y social

NIVELES DE LA DIMENSIÓN 5 IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL - MÉTODO PIPE BURSTING		
NIVELES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Muy des favorable	0	0.00
Des favorable	11	27.50
Favorable	27	67.50
Muy favorable	2	5.00
Total	40	100.00

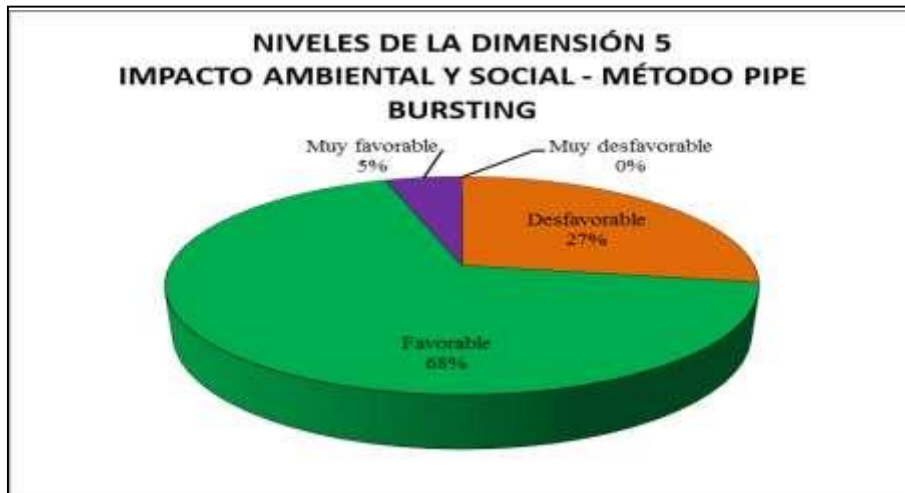
Fuente: Base de datos Impacto Ambiental y Social. (Anexo 3.4)

Gráfico N° 40: Niveles de la variable 5: Impacto ambiental y social.



Fuente: Cuadro N°: 36

Gráfico N° 41: Niveles de la variable 2: Impacto ambiental y social



Fuente: Cuadro N°: 36

Según el Cuadro N° 36 y los Gráficos N° 40 y 41 se puede apreciar que los niveles de la dimensión N° 5 Impacto ambiental y social, de los 40 ingenieros encuestados, 27 que representa el (68%) perciben Impacto Ambiental y Social favorable; luego 11 que representan el (27%) perciben Impacto Ambiental y Social desfavorable; luego 2 que es el (5%) perciben Impacto Ambiental y Social muy favorable y 0 que representa el (0%) impacto ambiental y social muy desfavorable. Este resultado es corroborado en la tesis de Ojeda Garayar dice que otra ventaja es en cuanto a costos sociales, se ha demostrado que el pipe bursting genera menos costos

que el método tradicional y menos incomodidades a la población y sus actividades. Además que tiene un menor impacto visual en el entorno. En proyectos donde se emplea el pipe bursting se tiene un impacto mucho menor en la zona del proyecto, no sólo la reducción de la perturbación que causaría si se empleara el método tradicional, sino también la tensión y el efecto sobre el estilo de vida de la comunidad que habita, en particular durante la ejecución de grandes proyectos.

4.2.2 Contrastación de hipótesis

4.2.2.1 Contrastación de la hipótesis general

El proceso que permite realizar el contraste de hipótesis requiere ciertos procedimientos. Se ha podido verificar los planteamientos de diversos autores y cada uno de ellos con sus respectivas características y peculiaridades, motivo por el cual era necesario decidir por uno de ellos para ser aplicado en la investigación.

Ahora bien respecto a la prueba de hipótesis general, se utilizó el estadígrafo “r”

de Pearson, que se define como $r = \frac{S_{x,y}}{S_x S_y}$

Donde:

r : Coeficiente de correlación entre “X” y “Y”

S_x : Desviación típica de “X”

S_y : Desviación típica de “Y”

$S_{x,y}$:Covarianza entre “X” y “Y”

Cuadro N° 37: Coeficiente de Correlación.

Correlaciones

		Correlaciones	
		Método Tradicional (zanja abierta)	Pipe Bursting (sin zanja)
Método Tradicional (zanja abierta)	Correlación de Pearson	1	,943**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	40	40
Pipe Bursting (sin zanja)	Correlación de Pearson	,943**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	40	40

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

“r” de Pearson = 0,943

Ahora bien, teniendo como referencia a Hernández, (2006, p.453) se tiene la siguiente equivalencia:

Correlación negativa perfecta: -1
Correlación negativa muy fuerte: -0,90 a -0,99
Correlación negativa fuerte: -0,75 a -0,89
Correlación negativa media: -0,50 a -0,74
Correlación negativa débil: -0,25 a -0,49
Correlación negativa muy débil: -0,10 a -0,24
No existe correlación alguna: -0,09 a +0,09
Correlación positiva muy débil: +0,10 a +0,24
Correlación positiva débil: +0,25 a +0,49
Correlación positiva media: +0,50 a +0,74
Correlación positiva fuerte: +0,75 a +0,89
Correlación positiva muy fuerte: +0,90 a +0,99
Correlación positiva perfecta: +1

Y puesto que la “r” de Pearson es 0,943, éste es considerado como correlación positiva muy fuerte. Ahora veamos la contrastación de hipótesis general.

$$t = \frac{r\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

$$t = 17.52$$

c) Decisión estadística:

Puesto que t_c es mayor que t teórica ($17.52 > 1.96$), en consecuencia se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alterna (H_1).

d) Conclusión estadística:

Se concluye que los ventajas del método Pipe Bursting son mejores en cuanto a procesos constructivos, rendimientos, costos, calidad de tubería de Polietileno e impactos ambientales y sociales en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.

Contrastación de las hipótesis específicas

Hipótesis específica N° 01:

Cuadro N° 38: Coeficiente de Correlación.

Correlaciones

		Correlaciones	
		Método Tradicional (zanja abierta)	Proceso constructivo
Método Tradicional (zanja abierta)	Correlación de Pearson	1	,802**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	40	40
Proceso constructivo	Correlación de Pearson	,802**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	40	40

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

“r” de Pearson = 0,802

Ahora bien, teniendo como referencia a Hernández, y otros (2006, p. 453) se tiene la siguiente equivalencia:

Correlación negativa perfecta: -1
Correlación negativa muy fuerte: -0,90 a -0,99
Correlación negativa fuerte: -0,75 a -0,89
Correlación negativa media: -0,50 a -0,74
Correlación negativa débil: -0,25 a -0,49
Correlación negativa muy débil: -0,10 a -0,24
No existe correlación alguna: -0,09 a +0,09
Correlación positiva muy débil: +0,10 a +0,24
Correlación positiva débil: +0,25 a +0,49
Correlación positiva media: +0,50 a +0,74
Correlación positiva fuerte: +0,75 a +0,89
Correlación positiva muy fuerte: +0,90 a +0,99
Correlación positiva perfecta: +1

Y puesto que la “r” de Pearson es 0,802, éste es considerado como correlación positiva fuerte. Ahora veamos la contrastación de la hipótesis específica N° 1.

a) Planteamiento de la hipótesis específica 1:

Hipótesis nula: $1H_0$: Los procesos del método Pipe Bursting no permite aminorar los problemas en la construcción ante el método tradicional en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.

Hipótesis alterna: $1H_1$: Los procesos del método Pipe Bursting permite aminorar los problemas en la construcción ante el método tradicional en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.

Hipótesis específica N° 02:

Cuadro N° 39: Coeficiente de correlación

Correlaciones

Correlaciones		Método Tradicional (zanja abierta)	Rendimiento
Método Tradicional (zanja abierta)	Correlación de Pearson	1	,723**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	40	40
Rendimiento	Correlación de Pearson	,723**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	40	40

** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

“r” de Pearson = 0,723

Ahora bien, teniendo como referencia a Hernández, y otros (2006, p. 453) se tiene la siguiente equivalencia:

Correlación negativa perfecta: -1
Correlación negativa muy fuerte: -0,90 a -0,99
Correlación negativa fuerte: -0,75 a -0,89
Correlación negativa media: -0,50 a -0,74
Correlación negativa débil: -0,25 a -0,49
Correlación negativa muy débil: -0,10 a -0,24
No existe correlación alguna: -0,09 a +0,09
Correlación positiva muy débil: +0,10 a +0,24
Correlación positiva débil: +0,25 a +0,49
Correlación positiva media: +0,50 a +0,74
Correlación positiva fuerte: +0,75 a +0,89
Correlación positiva muy fuerte: +0,90 a +0,99
Correlación positiva perfecta: +1

c) Cálculo del estadístico de prueba:

$$N = 40$$

$$r = 0.723$$

$$t = \frac{r\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

$$t = 6.44$$

d) Decisión estadística:

Puesto que t_c es mayor que t teórica ($6.44 > 1.96$), en consecuencia se rechaza la hipótesis nula específica 2(H_0) y se acepta la hipótesis alterna específica 2(H_1).

e) Conclusión estadística:

Se concluye que los rendimientos del método Pipe Bursting son más eficientes ante el método tradicional en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.

Hipótesis específica N° 03:

Cuadro N° 40: Coeficiente de Correlación.

Correlaciones

		Correlaciones	
		Método Tradicional (zanja abierta)	Costos
Método Tradicional (zanja abierta)	Correlación de Pearson	1	,868**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	40	40
Costos	Correlación de Pearson	,868**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	40	40

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

“r” de Pearson = 0,868

Ahora bien, teniendo como referencia a Hernández, y otros (2006, p. 453) se tiene la siguiente equivalencia:

Correlación negativa perfecta: -1
Correlación negativa muy fuerte: -0,90 a -0,99
Correlación negativa fuerte: -0,75 a -0,89
Correlación negativa media: -0,50 a -0,74
Correlación negativa débil: -0,25 a -0,49
Correlación negativa muy débil: -0,10 a -0,24
No existe correlación alguna: -0,09 a +0,09
Correlación positiva muy débil: +0,10 a +0,24
Correlación positiva débil: +0,25 a +0,49
Correlación positiva media: +0,50 a +0,74
Correlación positiva fuerte: +0,75 a +0,89
Correlación positiva muy fuerte: +0,90 a +0,99
Correlación positiva perfecta: +1

Y puesto que la “r” de Pearson es 0,868, éste es considerado como correlación positiva fuerte. Ahora veamos la contrastación de la hipótesis específica N° 3.

a) Planteamiento de la hipótesis específica 3:

Hipótesis nula: $3H_0$: Los costos del método Pipe Bursting, no son menores ante el método tradicional en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.

Hipótesis alterna: $3H_1$: Los costos del método Pipe Bursting son menores ante el método tradicional en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.

d) Conclusión estadística:

Se concluye que los costos del método Pipe Bursting son menores ante el método tradicional en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.

Hipótesis específica N° 04

Cuadro N° 41: Coeficiente de correlación.

Correlaciones

		Correlaciones	
		Método Tradicional (zanja abierta)	Calidad de tubería
Método Tradicional (zanja abierta)	Correlación de Pearson	1	,802**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	40	40
Calidad de tubería	Correlación de Pearson	,802**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	40	40

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

“r” de Pearson = 0,802

Ahora bien, teniendo como referencia a Hernández, y otros (2006, p. 453) se tiene la siguiente equivalencia:

Correlación negativa perfecta: -1
Correlación negativa muy fuerte: -0,90 a -0,99
Correlación negativa fuerte: -0,75 a -0,89
Correlación negativa media: -0,50 a -0,74
Correlación negativa débil: -0,25 a -0,49
Correlación negativa muy débil: -0,10 a -0,24
No existe correlación alguna: -0,09 a +0,09
Correlación positiva muy débil: +0,10 a +0,24
Correlación positiva débil: +0,25 a +0,49
Correlación positiva media: +0,50 a +0,74
Correlación positiva fuerte: +0,75 a +0,89
Correlación positiva muy fuerte: +0,90 a +0,99
Correlación positiva perfecta: +1

Y puesto que la “r” de Pearson es 0.802, éste es considerado como correlación positiva fuerte. Ahora veamos la contrastación de la hipótesis específica N° 4.

a) Planteamiento de la hipótesis específica 4:

Hipótesis nula: $4H_0$: La calidad de la tubería de polietileno instalada con el método Pipe Bursting, no son más seguros, confiables ante las tuberías que se instalan con el método tradicional en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.

Hipótesis alterna: $4H_1$: La calidad de tubería de polietileno instalada con el método Pipe Bursting son más seguros, confiables ante las tuberías que se instalan con el método tradicional en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.

Hipótesis específica N° 05

Cuadro N° 42: Coeficiente de correlación.

Correlaciones

		Correlaciones	
		Método Tradicional (zanja abierta)	Impacto ambiental y social
Método Tradicional (zanja abierta)	Correlación de Pearson	1	,904**
	Sig. (bilateral)		,000
	N	40	40
Impacto ambiental y social	Correlación de Pearson	,904**	1
	Sig. (bilateral)	,000	
	N	40	40

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

“r” de Pearson = 0,904

Ahora bien, teniendo como referencia a Hernández, y otros (2006, p. 453)

se tiene la siguiente equivalencia:

Correlación negativa perfecta: -1
Correlación negativa muy fuerte: -0,90 a -0,99
Correlación negativa fuerte: -0,75 a -0,89
Correlación negativa media: -0,50 a -0,74
Correlación negativa débil: -0,25 a -0,49
Correlación negativa muy débil: -0,10 a -0,24
No existe correlación alguna: -0,09 a +0,09
Correlación positiva muy débil: +0,10 a +0,24
Correlación positiva débil: +0,25 a +0,49
Correlación positiva media: +0,50 a +0,74
Correlación positiva fuerte: +0,75 a +0,89
Correlación positiva muy fuerte: +0,90 a +0,99
Correlación positiva perfecta: +1

Y puesto que la “r” de Pearson es 0.904, éste es considerado como correlación positiva fuerte. Ahora veamos la contrastación de la hipótesis específica N° 4.

$$t = \frac{r\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}}$$

$$t = 13.06$$

c) Decisión estadística:

Puesto que t_c es mayor que t teórica ($13.06 > 1.96$), en consecuencia se rechaza la hipótesis nula específica H_0 y se acepta la hipótesis alterna específica H_1 .

d) Conclusión estadística:

Se concluye que los impactos ambientales y sociales generados por el método Pipe Bursting son menores ante el método tradicional en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Como se aprecia, en los epígrafes precedentes se han presentado los resultados derivados de utilizar ambos métodos; consecuentemente la discusión gira en relación con la aplicabilidad de cada uno de los métodos, orientados por el objetivo de establecer las ventajas de los métodos constructivos Tradicional v.s Pipe Bursting en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015.

En la evaluación del proceso constructivo para redes de agua potable, la actividad de rotura de pavimento asfáltico con el método tradicional genera 136.26 m^2 y con el método pipe Bursting 16.00 m^2 , se logró identificar una diferencia de 120.26 m^2 en rotura de pavimento, para la excavación de zanja y/o ventanas con el método tradicional la cantidad de volumen excavada es de 136.26 m^3 y para el método pipe Bursting 16.00 m^3 , dando una diferencia de 120.26 m^3 en excavación, para el tendido de tubería se instala en un día con el método tradicional una longitud de 227.10 ml y con el método pipe Bursting 234.21 ml , en el relleno de zanjas y/o ventanas con el método tradicional tenemos 170.33 m^3 y con el método pipe Bursting 20.00 m^3 , dando una diferencia de 150.33 m^3 en relleno y por último en la reposición de pavimento de zanja y/o ventanas con el método tradicional se repone 136.26 m^2 y con el método de pipe Bursting 16.00 m^2 , dando una diferencia de 120.26 m^2 en reposición. En redes de alcantarillado, la actividad de rotura de pavimento asfáltico con el método tradicional genera

108.93 m² y con el método Pipe Bursting 24.00m², teniendo una diferencia de 83.93 m² en rotura de pavimento, para la excavación de zanja y/o ventanas con el método tradicional la cantidad de volumen excavada es de 163.39 m³ y para el método pipe Bursting 36.00 m³, dando una diferencia de 127.39 m³ en excavación, para el tendido de tubería con el método tradicional se instala en 02 días una longitud de 136.16 ml y con el método pipe Bursting 156.19 ml en 01 día, en el relleno de zanjas y/o ventanas con el método tradicional tenemos 204.24 m³ y con el método pipe Bursting 45.00 m³, dando una diferencia de 159.24 m³ en relleno y por último en la reposición de pavimento de zanja y/ o ventanas con el método tradicional se repone 108.93 m² y con el método de pipe Bursting 24.00 m², dando una diferencia de 83.93 m² en reposición., así mismo los datos obtenidos confirman lo que para el efecto señala Ojeda J, (2015) quien menciona que uno de los beneficios que tiene el Pipe Bursting en cuanto al proceso constructivo frente al método tradicional, es la seguridad que les brinda a los trabajadores, ya que al no tener que estar dentro de la zanja, debido a que en su proceso no se requiere excavar todo el tramo a renovar, se evita la posibilidad que algunos de los trabajadores quede atrapado dentro de esta, a causa de un colapso o desprendimiento del terreno. No obstante ante lo expuesto, el autor no precisa que el tener la zanja abierta, en el caso del método tradicional, hasta el momento en que se coloque la tubería y se tape la zanja, puede ocurrir que algunos de los trabajadores o en el peor de los casos algún transeúnte pueda caer dentro de esta, a pesar de contar con una correcta señalización. Cuanto mayor es el tiempo en que se tiene la zanja abierta, aumentan las posibilidades que ocurra algún accidente.

Respecto al rendimiento, en agua potable según las actividades analizadas los trabajos realizados con el método tradicional son en 10 días y con el método pipe Bursting en 4.5 días y medio, donde el mayor tiempo se empleó la excavación y relleno de zanjas por parte del método tradicional. En alcantarillado, según las partidas analizadas los trabajos realizados con el método tradicional son en 5.5 días y con el método pipe Bursting en 03 días, donde el mayor

tiempo se empleó la excavación y relleno de zanjas por parte del método tradicional, por lo tanto los datos obtenidos se confirman en la tesis Viana, (2004) menciona que el rendimiento se relaciona desde las técnicas a utilizar como de reparar, renovar, reemplazar y dar mantenimiento a tubería existente que lo necesite, sin romper la superficie y levantar el terreno, únicamente donde sea estrictamente necesario o si el método lo requiere, además de Arriagada, F (2005), quien indica que el rendimiento en el caso del método tradicional, en parte depende de la habilidad y experiencia que tengan los trabajadores, ya que la mano hombre en este método está más involucrada tanto en el proceso de excavación, como al colocar la tubería, es por eso que la habilidad de los operarios influye mucho en el rendimiento y por lo tanto en el costo del proyecto, sin embargo, en el caso del pipe Bursting el rendimiento se basa en mayor porcentaje en los equipos empleados, ya que en el proceso de fragmentación de la tubería no interviene la mano hombre, por lo tanto se tiene menor variabilidad en cuanto a rendimientos en el pipe Bursting que en el método tradicional. También es meritorio señalar que el referido autor expone el método tradicional al trabajar con varias cuadrillas, las cuales no cuentan con los mismos operarios y con las mismas habilidades, y al depender el rendimiento en mayor parte en los operarios, se va a producir que no todas las cuadrillas terminen en el mismo tiempo, por lo que aumenta la variabilidad, en cambio en el Pipe Bursting las cuadrillas al tener los mismos equipos y al basarse el rendimiento en mayor porcentaje en los equipos, se va a tener menor variabilidad.

Respecto a los costos, en agua potable mas 20 conexiones domiciliarias con el método tradicional, presenta un costo total de S/ 66,650.84 nuevos soles es de costo directo, donde la mano de obra representa un 30%, equipos 29% y materiales 41%, donde podemos deducir que se emplea sólo en costo directo S/. 293.48 nuevos soles por ml. y con el método pipe bursting más 30 conexiones domiciliarias que presenta un total de S/ 32,218.59 nuevos soles de costo

directo, donde la mano de obra representa un 17%, equipos 26% y materiales 59%, donde podemos deducir que se emplea sólo en costo directo S/. 137.5 nuevos soles.

En alcantarillado con el método tradicional, presenta un costo total de S/. 37, 495.57 nuevos soles de costo directo, donde la mano de obra representa un 39%, equipo 22% y materiales 39%, podemos deducir que se emplea sólo en costo directo S/. 275.37 nuevos soles por ml., y con el método de pipe bursting, presenta un costo total de S/. 20, 378.44 nuevos soles de costo directo, donde la mano de obra representa un 13%, equipo 39% y materiales 48%, podemos deducir que se emplea sólo en costo directo S/. 130.47 nuevos soles por ml, según los resultados obtenidos se conviene en la tesis Ojeda J, (2015), quien menciona claramente que el porcentaje de la mano de obra es mayor en el pipe Bursting que en el método tradicional. A pesar que la obra en la que se utilizó el método tradicional fue de 5 días y en la que se utilizó el Pipe Bursting solo fue de 2 días, esto debido a que el costo de la mano de obra para el Pipe Bursting es mucho mayor que la del tradicional. También se aprecia un mayor porcentaje de costos de utilización de equipos en el pipe Bursting, esto debido a que emplea equipos de mayor costo de operación, durante todo el proceso de renovación.

... Sin embargo, en cuanto a materiales se tiene mayor costo en el método tradicional que en el pipe Bursting debido al mayor volumen de movimiento de tierras, además de tener mayores áreas de resanes y áreas de reparación como jardines.

Respecto a la calidad de tubería de polietileno tiene mejores cualidades ante otras, principalmente en la vida útil que es 50 años, otras de sus cualidades es la flexibilidad que tiene, por otro lado las tuberías de polietileno lo podemos encontrar en rollos cuando son menores a 110mm y en tiras de 12mt, mayores diámetros. Las tuberías de polietileno son lisas interiormente y esto evita la acumulación de sarros. La unión de tuberías de polietileno son fáciles ya que son por temofusión y esto evita fugas, lo mismo es en la instalación de accesorios

donde se utiliza la electrufusión, así mismo la información se corroboran según la empresa Tigre, menciona: que presentan atoxicidad, resistencia al fuego, resistencia a la abrasión y resistencia a los sismos, por otro lado con Catalan, M y Morales, F (2006), ellos consideran la utilización de estas herramientas técnica de apoyo para la elaboración de proyectos de agua potable en zonas urbanas, mencionan que debe contener la factibilidad del proyecto, la memoria explicativa, las especificaciones técnicas especiales, el presupuesto y planos para atender situaciones de impacto. Se confeccionó un software de cálculo, el que se presenta como una herramienta referencial para una evaluación preliminar, considerando valores permisibles según la Normativa Chilena y los recomendados por los fabricantes de tuberías, se realizó tanto para el Poli Cloruro de Vinilo (PVC), como para el Polietileno de Alta Densidad (HDPE). Lo anterior para verificar el diseño hidráulico y estructural de un determinado proyecto. Realizando una comparación entre los materiales PVC y HDPE, el resultado otorga la posibilidad de evaluar la alternativa más favorable para la elección del material a utilizar en el proyecto de agua potable, considerando aspectos técnicos y económicos, de tal forma que esta solución beneficie a la población a largo plazo. No obstante dichos autores no precisan que la utilización de dichos elementos técnicos permitiera generar menos impactos sociales y ambientales

Respecto a los impactos ambientales y sociales, con el método tradicional en agua potable y alcantarillado los impactos mas significativos son el ruido, suspensión de partículas y tráfico vehicular, y con el método pipe bursting , el único impacto ocasionado es el ruido, por otro lado y en concordancia con Ojeda J, (2015) menciona que otra ventaja es en cuanto a costos sociales, se ha demostrado que el pipe bursting genera menos costos que el método tradicional y menos incomodidades a la población y sus actividades. Además que tiene un menor impacto visual en el entorno. En proyectos donde se emplea el pipe bursting se tiene un impacto mucho menor en la zona del proyecto, no sólo la reducción de la perturbación que

causaría si se empleara el método tradicional, sino también la tensión y el efecto sobre el estilo de vida de la comunidad que habita, en particular durante la ejecución de grandes proyectos. Siendo meritorio señalar que el mencionado autor considera la utilización de estos nuevos métodos para generar menores impactos negativos y se revierta la situación.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECONEDACIONES

CONCLUSIONES

- El método Pipe Bursting, presenta mayores ventajas ante el método tradicional en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas del Distrito de Moquegua, 2015; el método pipe bursting tanto para agua potable y alcantarillado tiene mejores ventajas en cuanto al proceso constructivo, rendimiento, costo, calidad de tubería e impactos ambientales y sociales, en zonas urbanas del Distrito de Moquegua
- El proceso constructivo con el método pipe bursting en agua potable y alcantarillado, por su orientación de apertura de ventanas, evita gran movimiento de tierras, congestión vehicular, también minimiza impactos ambientales y sociales, demostradas en las actividades realizadas como: rotura de pavimento, excavación de ventanas, tendido de tubería, relleno de ventanas y reposición de pavimento. Así mismo, el proceso del método Pipe Bursting aminora en un 45.48% en agua potable y 43.34% en alcantarillado los problemas en la construcción ante el método tradicional.
- El rendimiento con el método Pipe Bursting en agua potable y alcantarillado, por la utilización de equipos que reemplaza el trabajo de horas hombre en el tendido de tuberías (fragmentación), es mas rápido que el método tradicional, debido a que la excavación,

- relleno y reposición no se realizan en todo el tramo intervenido, sino solo en la apertura de ventanas, esto hace que el rendimiento que presenta el método Pipe Bursting en cuanto al tiempo sea mayor, por ende el tiempo de ejecución será menor en las actividades ante el método tradicional con un valor de 37.94% en agua potable y 29.42% en alcantarillado.
- El costo con el método Pipe Bursting en relación a los factores de mano de obra calificada, equipos y materiales, tiene una diferencia en costo de agua potable de S/. 155.92 nuevos soles, por cada metro lineal de tubería renovada y en alcantarillado S/. 144.91 nuevos soles por cada metro lineal de tubería renovada. El costo total de instalación con el método Pipe Bursting, considerando que la obra es en una zona urbana con grandes avenidas, en agua potable presenta un 34.83% menor al método tradicional y en alcantarillado presenta un 29.58% menor al método tradicional.
 - La calidad de tubería de polietileno instalada con el método pipe bursting a diferencia de otras tuberías nos permite ampliar el diámetros al momento de fragmentar, se adapta al movimiento de suelo gracias a su flexibilidad, mejora la capacidad hidráulica de la red, siendo mas confiables y generan menos pérdida de agua en el sector intervenido por tener uniones seguras.
 - Los impactos ambientales y sociales del método Pipe Bursting son menores ante el método tradicional, esto debido a que los diversos agentes como los ruidos, gases emanados y las incomodidades socio ambientales son mínimas, por que existe diferencia entre la cantidad de movimiento de tierra que se extrae, evitando así la polución sonora y ambiental, malestar ocasionado por los equipos, minimizando la incomodidad a los vecinos, transeuntes, centros comerciales y obstrucción de tráfico por los trabajos realizados en la zona.

Luego de analizar esa información, consideramos que la hipótesis central de la presente tesis ha sido comprobada que el método del Pipe Bursting efectivamente presenta mayores ventajas

en cuanto a proceso constructivo, rendimientos, costos, calidad de tubería de Polietileno e impactos ambientales y sociales en obras de agua potable y alcantarillado en zonas urbanas.

RECOMENDACIONES

Se debe profundizar el conocimiento de las nuevas tecnologías sin zanja ya que el método pipe Bursting, no es el único, siendo estas tecnologías ecológicas.

En la carrera de ing. Civil, es necesario implementar en los cursos de abastecimiento de agua y saneamiento los contenidos del tema tecnología sin zanja.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

a. Bibliografía

Arriagada, F. (2005). Tesis: Renovación de tuberías de alcantarillado mediante sistema de Fragmentación Neumática o Cracking, Chile.

APA. (2010). Manual de estilo de publicaciones de la American Psychological Association. (6° Ed.). México: El Manual Moderno S.

Carrasco, Díaz. (2005). Metodología de la Investigación Científica, editorial, San Marcos Lima - Perú.

Catálan, M. y Morales, F. (2006). Tesis: Estudio de un proyecto de Agua Potable, Caso Aplicación Santa María de Maipú, Chile.

Empresa prestadora de Servicios de Saneamiento Chavín S.A. - Eps Chavín en convenio con los Gobiernos Locales Municipalidad Provincial de Huaraz. (2013). Proyecto: Renovación de redes secundarias del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Huaraz - Ancash.

Hernández, C., Fernández, P. y Baptista. (2002). Metodología de la investigación. México Mc Graw - Hill.

Forno, J. (2010). Tesis: Impacto de la Utilización de Nuevas Tecnologías y materiales en los plazos y costos de construcción, Chile.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2013). Guía de métodos para rehabilitar o renovar redes de distribución de agua potable, Perú.

Municipalidad Provincial Mariscal Nieto en convenio con la Empresa Southern Perú Copper Corporation (2014), realizó el proyecto: Instalación y mejoramiento de los sistemas de

agua potable, alcantarillado y almacenamiento II Etapa, en el Distrito de Moquegua, Provincia de Mariscal Nieto - Moquegua.

Ojeda, J (2015): Análisis comparativo entre el método Pipe Bursting y el método tradicional en la renovación de tuberías de desagüe, Perú – Lima.

Pérez, E. (2008): Reposición de tuberías y redes hidráulicas por el método de estallamiento, México - Tijuana.

Raventós Santamaría, Francesc. (1990.) Metodología comparativa y pedagogía comparada. Barcelona: Editorial Boixareu Universitaria.

Revinca, C.A. (2002): Procedimiento de Soldaduras

Rodríguez, R. (2007). Tesis: Obras de Desagüe Urbanas – Pipe Jacking v.s Zanja Abierta, Perú - Lima.

Sánchez, H y Reyes, C. (2002). Metodología y diseños en la investigación científica. Lima: Universidad Ricardo Palma. Editorial Universitaria.

Universidad Politécnica de Madrid y la Asociación Ibérica de Tecnología sin zanja, (2014). 1er Congreso de Tecnologías Sin Zanja- Tecnologías No Dig –Trenchless Technology, España

Viana, F. (2004), Tesis: Técnicas de construcción fundamentadas en la tecnología sin zanja, Guatemala.

b. Páginas Web:

Tigre, venta de tuberías de HDPE, <http://www.tigre.com>

- Plasson, venta de tuberías de HDPE, www.plasson.es

ANEXOS