

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

**ESTUDIO DE OPTIMIZACIÓN DE COSTOS Y PRODUCTIVIDAD EN LA
INSTALACIÓN DE AGUA POTABLE**

Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, que presenta el bachiller:

Bernard Orlando León Zegarra

ASESOR: Iván Bragagnini Rodríguez

Lima, septiembre de 2015

RESUMEN

El presente Trabajo de Tesis parte de la situación actual de la ciudad de Lima, en la cual existe un interés cada vez mayor en la ejecución de proyectos de abastecimiento de agua potable para más zonas en crecimiento como son la zona sur y norte de Lima Metropolitana. De esta manera siendo partícipe de varios concursos de proyectos planteados por SEDAPAL, en los cuales se vio un interés importante por la participación de empresas extranjeras, se establece que el tema a desarrollarse es relevante ya que muchos de los participantes planteaban propuestas económicas que diferenciaban a unas empresas de otras, generando en algunas pérdidas en la ejecución del proyecto por simplemente no tener un concepto real de la ejecución y que solo se basaban en cálculos teóricos y procedimientos teóricos.

Por ende, el objetivo general del presente trabajo de tesis es realizar un estudio de la situación actual en los procedimientos de instalación de tuberías de agua potable, identificando obstáculos o puntos críticos que impiden que la productividad de instalación sea mayor y que los costos sean menores, y con esto dar recomendaciones para su mejoramiento.

Para lograr el objetivo, se presenta el proyecto materia del presente estudio: "Optimización del Suministro de Agua Potable y Alcantarillado de Lima Norte (1) – LOTE 1, OBRAS GENERALES DE AGUA POTABLE, obra ejecutada del cual se obtuvo los procedimientos constructivos para la instalación de tuberías de hierro fundido dúctil, para luego identificar las actividades más influyentes en el presupuesto y en la programación de la obra en mención.

Se presenta entonces la descripción general del proyecto, para luego desarrollar la parte principal de la Tesis que consiste en analizar y evaluar los procesos constructivos implicados en la instalación de tuberías de hierro fundido dúctil para el abastecimiento de agua potable. Asimismo, con las actividades identificadas, se presentan alternativas constructivas o actividades, las cuales son analizadas para cuantificar los cambios dentro del proyecto.

El análisis de alternativas incluye la variación que produce su implementación en el proceso constructivo, tanto en costos, analizando el presupuesto de la obra, como en tiempo, analizando los cambios que se producen en la programación de la obra.

Como resultado final, podremos obtener etapas o actividades influyentes en el proceso de instalación tanto en costos como en producción. Además, podremos dar algunas recomendaciones propias de las evidenciadas en un proyecto en ejecución, que aportará a futuras empresas o estudiantes a tener una perspectiva real de las actividades involucradas en la realización de proyectos similares al planteado en esta Tesis.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Generalidades	1
1.2. Objetivos	3
1.2.1. Objetivo General	3
1.2.2. Objetivos Específicos	3
1.3. Metodología	4
1.4. Resultados Esperados	
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	
2.1. Datos Generales del Proyecto	5
2.2. Objetivo del Proyecto	6
2.3. Ubicación del Proyecto	6
2.4. Descripción Técnica del Proyecto	6
2.4.1. Fuente de Abastecimiento	6
2.4.2. Obras generales de Agua Potable	6
2.4.2.1. Reservorios	6
2.4.2.2. Red Primaria de Agua Potable	6
2.4.2.3. Sistema de automatización, control-SCADA	7
2.5. Labor a Efectuarse	7
2.6. Presupuesto Contractual	8
3. PROCESO CONSTRUCTIVO	
3.1. Secuencia Constructiva Empleada para la Instalación de Tubería de HFD	11
3.2. Análisis y Evaluación de las Actividades Incidentes en Productividad y Costos.	38
4. PRODUCTIVIDAD	
4.1. Medición en Obra: Determinación de Valores Reales	62
4.2. Factores de Valores Reales y Teóricos	67
4.3. Factores que Afectan la Productividad en la Instalación de Tubería de HFD	67
4.4. Factores que Tienden a Mejorar la Productividad	69
5. COSTOS	

5.1.	Medición en Obra: Determinación de Valores Reales	70
5.2.	Comparación de Valores Reales y Teóricos	74
5.3.	Factores que Afectan los costos en la Instalación de Tubería de HFD	85
5.4.	Factores que Tienden a Reducir los Costos	86
6.	RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	87
7.	BIBLIOGRAFIA	91
8.	ANEXOS	



CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

Como sabemos, la principal fuente de agua para el consumo de más de 8 millones de limeños es el río Rímac. Asimismo, durante años, el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Lima fue la Atarjea, a través de procesos físicos, químicos y biológicos muy complejos. Así, el agua deteriorada que llega a La Atarjea es transformada en potable, es decir, apta para el consumo humano, de acuerdo a rigurosos estándares internacionales.

Sin embargo, a través de los años, la población de Lima fue aumentando y se vio la necesidad de construir otra planta de tratamiento que permita abastecer de agua a más pobladores de nuestra ciudad; esta es: la planta de tratamiento de Huachipa.

Con estas dos fuentes de abastecimiento administradas por la empresa SEDAPAL se puede resumir la cobertura de la población en los últimos años.

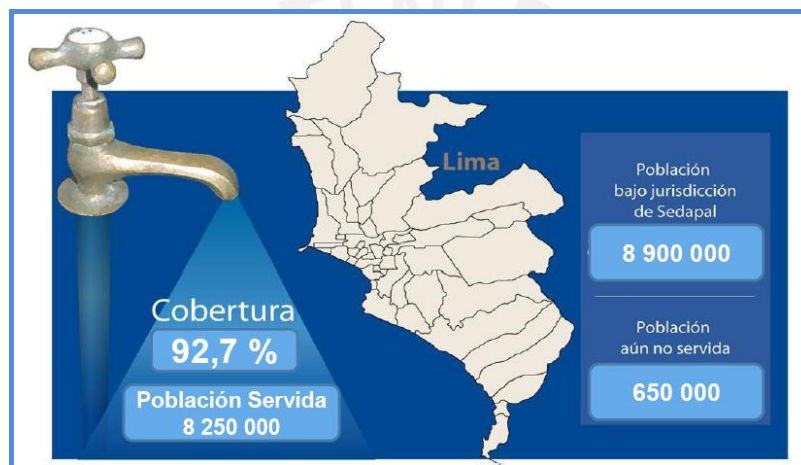


Figura 1: Población y cobertura de agua potable en Lima Metropolitana 2011

Sin embargo, no se puede impedir que Lima siga creciendo tal como se aprecia en los sectores sur y norte de nuestra ciudad, mostrado en la siguiente figura.

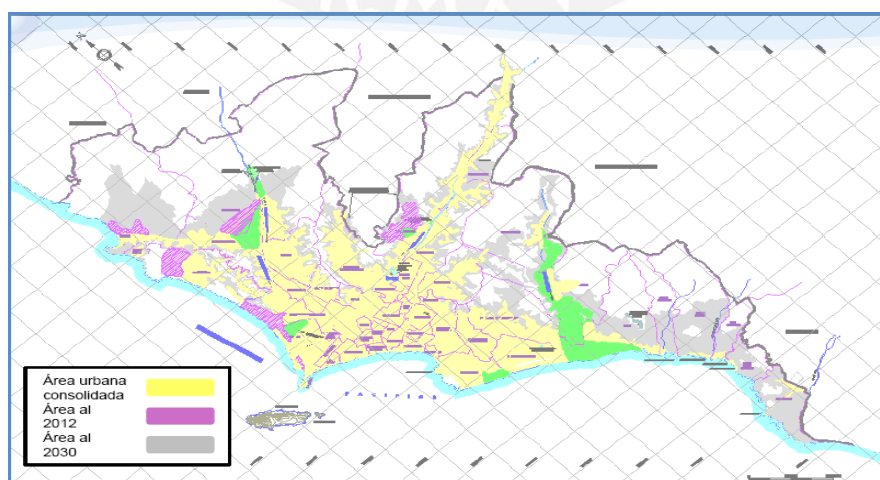


Figura 2: Áreas en expansión en Lima Metropolitana

Ahora bien, sabiendo que la población va incrementarse en los próximos años, se deben concientizar dos aspectos fundamentales en la gestión del abastecimiento del agua que son:

Gestión de la oferta del agua

Se basa en concientizar a la población de que Lima está situada en un desierto, y sufre de constante estrés hídrico (la demanda supera la oferta de agua). Además, con el cambio climático, se produce la pérdida de los glaciares que son la fuente natural de almacenamiento de agua.

Por ende, no solo se debe pensar en abastecer a más pobladores; también se debe pensar en las fuentes para nuestro abastecimiento, es decir, en la elaboración y construcción de proyectos para la captación y conducción de agua, tratamiento de agua, conducción de agua tratada mediante tuberías de redes primarias, reservorios, distribución secundaria de agua, etc.

Gestión de la demanda del agua

Se basa en transmitir una conciencia a la población de cuidar el agua, evitando el desperdicio de este importante recurso natural, ya que con ello se puede abastecer a otras personas que realmente lo necesitan.

Por ello, si logramos un equilibrio en la oferta y la demanda del agua, es decir, en el abastecimiento a los pobladores y el uso apropiado de este recurso natural por parte ellos, se logrará contar con mayor cantidad de agua para los proyectos de abastecimiento para zonas alejadas de Lima y así lograr la inclusión social del cual se habla en los últimos años y se logrará crear una mejor estabilidad en nuestro País.

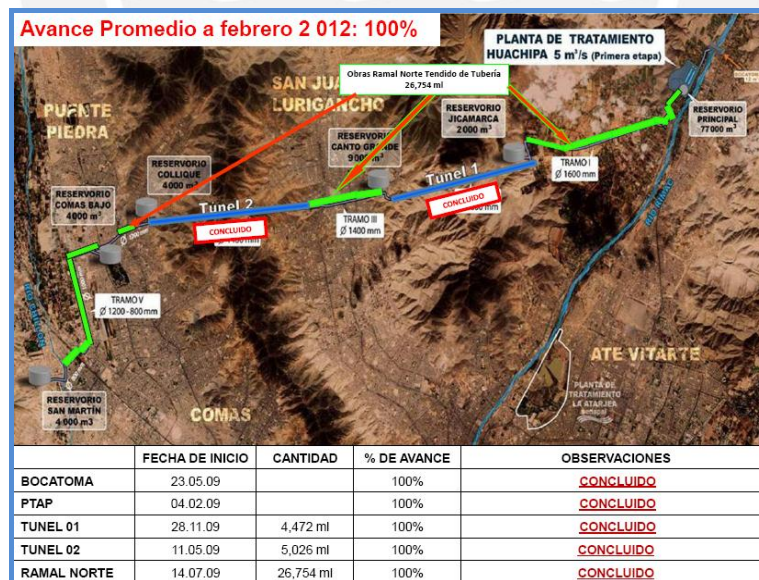


Figura 3: Obras realizadas para el abastecimiento de agua potable en zona norte

Lima, en resumen, recibe aguas superficiales de fuentes fluviales y, un porcentaje menor, de aguas subterráneas. Esta cantidad debería bastar para abastecer a toda su población; sin embargo, el mal uso y las pérdidas que se producen en los hogares y en el sistema de distribución conllevan a que esta situación no se produzca.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

El principal objetivo de esta investigación es:

- Realizar un estudio de la situación actual en los procedimientos de instalación de tuberías de agua potable, identificando obstáculos o puntos críticos que impiden que la productividad de instalación sea mayor y que los costos sean menores, y con esto dar recomendaciones para su mejoramiento.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para lograr el objetivo general, se partirá de múltiples objetivos específicos que se detallan a continuación:

- Conocer el procedimiento constructivo para la instalación de tuberías de Hierro Fundido Dúctil de diámetros entre 150 a 1000 mm.
- Realizar un análisis de las principales actividades involucradas en el procedimiento de instalación de tuberías de hierro fundido dúctil de diámetros entre 150 a 1000 mm.
- Analizar diferentes alternativas que puedan ayudar a minimizar costos y aumentar la productividad.
- Entregar recomendaciones que permitan obtener una mayor productividad y menores costos en la instalación de tuberías de hierro fundido dúctil.

1.3. METODOLOGÍA

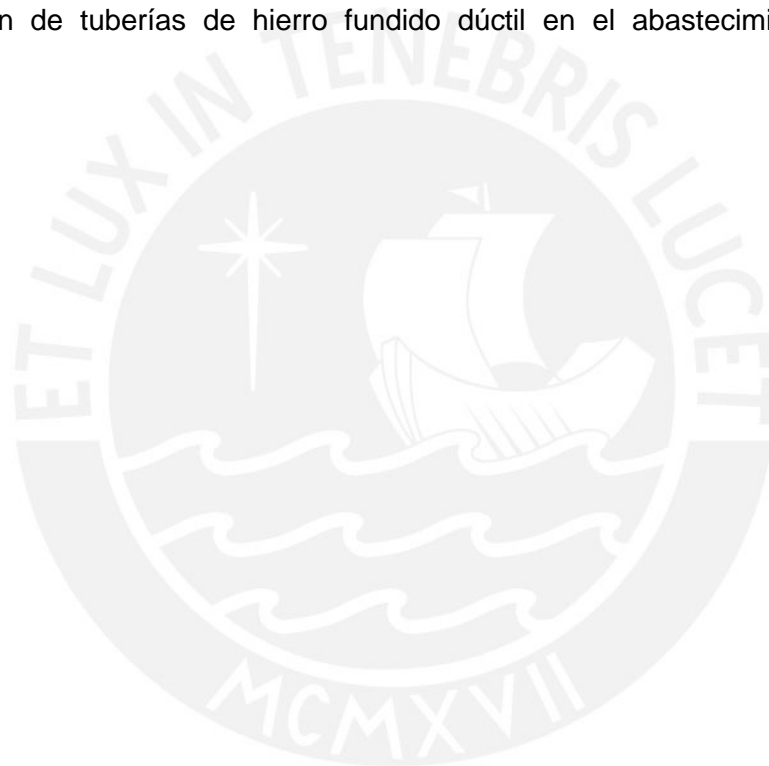
Para la realización de este estudio se han considerado las siguientes etapas:

- Recopilación de información de un proyecto ejecutado sobre abastecimiento de agua potable.
- Recopilación y análisis de los procedimientos constructivos vigentes en nuestro país relacionado con las instalaciones de tuberías de agua potable.
- Con el procedimiento constructivo obtenido y definido las actividades más influyentes, se identificarán los obstáculos o puntos críticos que impiden que la productividad de instalación sea mayor y que los costos sean menores.
- Establecer contacto con profesionales que participen en los procedimientos de instalación de tuberías de agua potable. Analizar en conjunto con ellos las alternativas de reducción de costos y aumento de productividad en este tipo de obras.
- Análisis de las principales variables que inciden en los costos y productividad; y generación de recomendaciones para mejorar la actual situación que se tiene en la ejecución de proyectos de abastecimiento de agua potable.

1.4. RESULTADOS ESPERADOS

De este trabajo de investigación se esperan los siguientes resultados:

- Conocer parte de los proyectos de abastecimiento de agua potable; en particular, los procedimientos constructivos para la instalación de tuberías de agua potable, los cuales representan parte importante del proyecto, y tener una visión de lo que involucra realizar este tipo de proyectos.
- Reconocimiento real de las actividades más influyentes en la productividad de la obra en construcción y en los costos de esta, diferenciados de los tenidos en cuenta antes de la ejecución de la obra.
- Mediante este estudio se espera obtener recomendaciones que mejoren la productividad y reduzcan los costos de los procedimientos constructivos para la instalación de tuberías de hierro fundido dúctil en el abastecimiento de agua potable.



CAPITULO 2: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

En el presente capítulo, se brinda información sobre un proyecto ejecutado sobre abastecimiento de agua potable, que permite conocer y tener una idea general acerca de lo que involucra dicho proyecto; cabe resaltar que la información de dicho proyecto ayuda a la obtención de los objetivos definidos líneas arriba.

2.1. DATOS GENERALES DEL PROYECTO

OBRA	: PROYECTO DE OPTIMIZACION DEL SUMINISTRO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO LIMA NORTE (I)		
	LOTE 1, OBRAS GENERALES DE AGUA POTABLE		
UBICACIÓN	Provincia :	Lima	
	Distritos :	Comas, San Martín de Porres y los Olivos	
ENTIDAD CONTRATANTE	: SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA - SEDAPAL		
COORDINADOR DE OBRA	: Ing. Guillermo Quezada Távora		
SUPERVISOR	: CONSORCIO NIPPON KOEI-NKLAC		
GERENTE DE SUPERVISION	: Ing. Alfredo Manucci del Río		
CONTRATISTA	: SADE –COMPAGNIE GENERALE DE TRAVAUX D'HYDRAULIQUE		
GERENTE DE OBRA	: Ing. Victor Assante Alfaro		
CONTRATO DE OBRA	: N° 01- 2011 - CW - 43000/KfW - SEDAPAL		
SISTEMA DE LICITACION	: Licitación Pública Internacional N° 001 - 2011/KfW - SEDAPAL		
SISTEMA DE CONTRATACION	: Precios Unitarios		
PRESUPUESTO CONTRACTUAL	: S/. 81' 975,124.84 incluido IGV		
ADICIONAL N° 01	: S/. 829,797.82 incluido IGV	Aprobado	
DEDUCTIVO N° 01	: S/. 1' 952,116.13 incluido IGV	Aprobado	
ADICIONAL N° 02	: S/. 312,358.77 incluido IGV	Aprobado	
NUEVO PRECIO DEL CONTRATO	: S/. 81' 165,165.30 incluido IGV		
ADICIONAL N° 03	: S/. 427,414.48 incluido IGV	En trámite	
DEDUCTIVO N° 02	: S/. 2'051,620.97 incluido IGV	En trámite	
PLAZO DEL CONTRATISTA	: 390 Dias Calendarios		
ADELANTO OTORGADO	: S/. 12' 296, 268.73 incluido IGV		
	ADELANTO EN EFECTIVO	: S/. 12' 296, 268.73 incluido IGV	
	ADELANTO PARA MATERIALES	: Ninguno	
FECHA FIRMA DEL CONTRATO	22 de Noviembre de 2011		
FECHA PAGO ADELANTO	19 de Diciembre de 2011		
FECHA ENTREGA DE TERRENO	14 de Diciembre de 2011		
FECHA INICIO DEL PLAZO DE OBRA	20 de Diciembre de 2011		
TERMINO DEL PLAZO OBRA	12 de Enero del 2013		

2.2. OBJETIVO DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es lograr una adecuada prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado en el área descrita más adelante. Además, por medio de éste se desea obtener un mejor control operacional y reducir las pérdidas físicas de agua potable que se logrará con la renovación de las redes de distribución. De este modo, la población no estará expuesta a restricciones de consumo ni cortes prolongados del servicio por reparaciones y labores de mantenimiento en el sistema.

2.3. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El área de influencia del Proyecto se ubica en el Departamento y Región de Lima, comprendida en la provincia de Lima, en la ciudad de Lima Metropolitana, localizándose específicamente en el área geográfica del ámbito operativo de la Gerencia de Servicios Norte de SEDAPAL. Las áreas involucradas de los distritos de Los Olivos y San Martín de Porres son relativamente pequeñas, siendo algo mayores las áreas involucradas del distrito de Independencia y mucho mayores las del distrito de Comas, el cual comprende el área más representativa del proyecto.

2.4. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

2.4.1. FUENTE DE ABASTECIMIENTO

Las fuentes que abastecerán los sistemas de agua potable del presente proyecto son la Planta de Tratamiento de Agua Potable La atarjea y la Planta de Tratamiento Huachipa. En este sentido, se tiene que la Planta de Tratamiento de Agua Potable Huachipa ofertará aproximadamente 5 m³/seg a su área de influencia, de los cuales 1.20 m³/s serán derivados para el abastecimiento del área de influencia del presente proyecto (caudal promedio anual).

El área de influencia de la Planta de Tratamiento de Agua Potable de La Atarjea en la Zona Norte de Lima Metropolitana, se reducirá.

2.4.2. OBRAS GENERALES DE AGUA POTABLE

2.4.2.1. RESERVORIOS

En el área de influencia se tienen una serie de reservorios, los cuales se aprecian en el plano general del proyecto. A estos, se ha analizado su capacidad de oferta en función a la definición de los sectores que abastecerán.

De acuerdo a lo anterior se ve la necesidad en algunos casos de rehabilitar los reservorios para proporcionar un mejor servicio y abastecimiento continuo a la población.

2.4.2.2. RED PRIMARIA DE AGUA POTABLE

Se presenta en el proyecto dos Líneas de conducción, la primera parte del Reservorio Collique de 4000 m³ de capacidad y la segunda parte del Reservorio Túpac Amaru (Comas Bajo) de 8000 m³ de capacidad; además se cuenta con una línea de conducción que alimentará por gravedad al Reservorio R-1 San Diego (1200 m³).

2.4.2.3. SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN, CONTROL-SCADA

En el área del proyecto se ha previsto la implementación de un sistema de automatización y control para optimizar el funcionamiento de los Sectores de distribución de agua potable que forman parte del proyecto.

2.5. LABOR A EFECTUARSE

El proyecto consiste en las siguientes actividades básicas:

- Acondicionamiento de Reservorio Existentes, construcción, Acondicionamiento y/o Ampliación de Casetas de Válvulas adjuntas y Tratamiento Exterior y Acabados Finales: Comprende el suministro de materiales, mano de obra y equipos para llevar a cabo mejoras en las obras civiles, tratamiento exterior y acabados de 25 reservorios existentes, incluyendo la construcción de cercos perimetrales nuevos o ampliaciones, y tratamiento exterior y acabados de los reservorios, asimismo la construcción y/o ampliación de las Casetas de Válvulas adjuntas al reservorio.
- Suministro e instalación de equipamiento hidráulico y electrónico para casetas de válvulas y/o rebombeo adjuntas a reservorios existentes: Comprende el suministro de materiales, mano de obra y equipos para la instalación de equipos hidráulicos y electromecánicos en 25 casetas de válvula y rebombeo.
- Construcción de Cámaras de Ingreso a Sector, Cámaras de Válvulas Reductores de Presión, Cámaras de Válvulas de aire, de drenaje y Cámaras de Válvulas de Cierre: comprende el suministro de materiales, mano de obra y equipos para la ejecución de obras civiles de 02 cámaras de ingreso a sector, 4 Cámaras Reductoras de Presión, 15 Cámaras de Válvulas de Cierre, 37 Cámaras de válvulas de aire y 30 Cámaras de válvulas de purga.
- Suministro e instalación de equipamiento hidráulico y electrónico para cámaras de ingreso a sector, cámaras de válvulas reductoras de presión, válvulas de aire, drenaje y válvulas de cierre: comprende el suministro de materiales, mano de obra y equipos para la instalación de equipos hidráulico y electromecánicos en 02 cámaras de ingreso a sector, 4 cámaras Reductoras de Presión, 15 Cámaras de Válvulas de Cierre, 37 Cámaras de válvulas de aire y 30 Cámaras de válvulas de purga.
- Redes generales de agua potable: comprende el suministro de materiales, mano de obra y equipos para la instalación de aproximadamente 23Km de tuberías y sus accesorios para líneas de conducción para conectar los reservorios de compensación del Ramal Norte con los reservorios existentes. Los diámetros de tubería varían entre 150 y 1000mm.
- Implementación del Sistema de Automatización y Control – SCADA: Comprende el suministro de materiales, mano de obra y equipos necesarios para implementar el sistema de automatización para el control de llenado de los reservorios.

- Suministro de energía eléctrica para las instalaciones: comprende todos los costos necesarios para disponer en cada estación de energía eléctrica.

2.6. PRESUPUESTO CONTRACTUAL

Luego de conocer todos los trabajos efectuados dentro de un proyecto de abastecimiento de agua potable, en el siguiente cuadro se muestra el presupuesto de nuestra actividad en estudio que es la instalación de tuberías de hierro dúctil; con este presupuesto obtenemos el costo directo total de la actividad que es aproximadamente 32 millones de soles (incluido IGV) que comparado con el monto total del proyecto (82 millones aproximadamente), podemos darnos cuenta que la instalación de tuberías es una de las actividades más influyentes del proyecto ya que genera gastos altos que si no son bien controlados puede generar pérdidas importantes.

Presupuesto Contractual para Líneas de Agua Potable

Item	Descripción	Unid	Metrado	P. Unit	Parcial
02	ZONA DE ABASTECIMIENTO RESERVOIRIO COLLIQUE				12,417,953.61
02.03	LINEAS DE CONDUCCION DE AGUA POTABLE				12,417,953.61
02.03.01	ROTURA Y REPOSICION DE PAVIMENTOS, VEREDAS, SARDINELES Y JARDINES				2,479,119.51
02.03.01.01	ROTURA, ELIMINACION Y REPOSICION DE PAVIMENTO FLEXIBLE	m	9,484.02	259.50	2,461,103.19
02.03.01.02	ROTURA, ELIMINACION Y REPOSICION DE VEREDAS	m	11.44	200.67	2,295.66
02.03.01.03	RETIRO, ELIMINACION Y REPOSICION DE JARDINES	m	43.82	60.32	2,643.22
02.03.01.04	ROTURA, ELIMINACION Y REPOSICION DE PAVIMENTO RIGIDO	m	60.14	217.45	13,077.44
02.03.02	SUMINISTRO DE TUBERIAS Y ACCESORIOS				3,862,754.44
02.03.02.01	SUMINISTRO DE TUBERIA HFD K-9 Ø 150 MM	m	682.00	90.01	61,386.82
02.03.02.02	SUMINISTRO DE TUBERIA HFD K-9 Ø 200 MM	m	1,005.54	117.61	118,261.56
02.03.02.03	SUMINISTRO DE TUBERIA HFD K-9 Ø 250 MM	m	69.71	194.30	13,544.65
02.03.02.04	SUMINISTRO DE TUBERIA HFD K-9 Ø 300 MM	m	2,829.45	216.49	612,547.63
02.03.02.05	SUMINISTRO DE TUBERIA HFD K-9 Ø 350 MM	m	661.27	247.68	163,783.35
02.03.02.06	SUMINISTRO DE TUBERIA HFD K-9 Ø 400 MM	m	297.56	311.77	92,770.28
02.03.02.07	SUMINISTRO DE TUBERIA HFD K-9 Ø 500 MM	m	1,376.50	384.41	529,140.37
02.03.02.08	SUMINISTRO DE TUBERIA HFD K-9 Ø 600 MM	m	631.41	514.63	324,942.53
02.03.02.09	SUMINISTRO DE TUBERIA HFD K-9 Ø 700 MM	m	1,386.55	701.91	973,233.31
02.03.02.10	SUMINISTRO DE TUBERIA ACERROJADA HFD K-9 Ø 150 MM	m	113.20	166.08	18,800.26
02.03.02.11	SUMINISTRO DE TUBERIA ACERROJADA HFD K-9 Ø 250 MM	m	168.00	228.48	38,384.64
02.03.02.12	SUMINISTRO DE TUBERIA ACERROJADA HFD K-9 Ø 350 MM	m	448.00	378.34	169,496.32
02.03.02.13	SUMINISTRO DE TUBERIA ACERROJADA HFD K-9 Ø 400 MM	m	549.00	467.76	256,800.24
02.03.02.14	SUMINISTRO DE TUBERIA ACERROJADA HFD K-9 Ø 500 MM	m	538.00	598.10	321,777.80
02.03.02.15	SUMINISTRO DE TUBERIA ACERROJADA HFD K-9 Ø 600 MM	m	54.00	751.68	40,590.72
02.03.02.16	SUMINISTRO DE TUBERIA ACERROJADA HFD K-9 Ø 700 MM	m	102.00	1,247.98	127,293.96
02.03.03	INSTALACION DE TUBERIA Y ACCESORIOS				5,900,049.37
02.03.03.01	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TN Ø 200 MM	m	62.93	195.20	12,283.94
02.03.03.02	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TN Ø 350 MM	m	400.98	271.40	108,825.97
02.03.03.03	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TN Ø 500 MM	m	758.17	326.74	247,724.47
02.03.03.04	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TN Ø 600 MM	m	363.91	354.13	128,871.45
02.03.03.05	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TN Ø 700 MM	m	1,040.61	403.13	419,501.11

02.03.03.06	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 3.00<H<=4.00 - TN Ø 500 MM	m	379.08	438.80	166,340.30
02.03.03.07	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - H<=2.00 - TSR Ø 150 MM	m	16.92	260.13	4,401.40
02.03.03.08	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - H<=2.00 - TSR Ø 200 MM	m	271.49	266.00	72,216.34
02.03.03.09	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TSR Ø 150 MM	m	45.00	369.95	16,647.75
02.03.03.10	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TSR Ø 200 MM	m	260.14	371.32	96,595.18
02.03.03.11	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TSR Ø 250 MM	m	44.99	441.00	19,840.59
02.03.03.12	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TSR Ø 300 MM	m	912.91	449.56	410,407.82
02.03.03.13	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TSR Ø 350 MM	m	708.29	491.92	348,422.02
02.03.03.14	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TSR Ø 400 MM	m	352.33	509.88	179,646.02
02.03.03.15	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TSR Ø 500 MM	m	412.63	545.20	224,965.88
02.03.03.16	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TSR Ø 600 MM	m	199.50	587.12	117,130.44
02.03.03.17	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TSR Ø 700 MM	m	244.26	661.90	161,675.69
02.03.03.18	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 3.00<H<=4.00 - TSR Ø 300 MM	m	153.03	572.86	87,664.77
02.03.03.19	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 3.00<H<=4.00 - TSR Ø 500 MM	m	364.62	705.20	257,130.02
02.03.03.20	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - H<=2.00 - TR Ø 150 MM	m	628.21	441.61	277,423.82
02.03.03.21	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - H<=2.00 - TR Ø 200 MM	m	240.76	448.15	107,896.59
02.03.03.22	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - H<=2.00 - TR Ø 250 MM	m	98.19	558.94	54,882.32
02.03.03.23	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - H<=2.00 - TR Ø 300 MM	m	409.47	563.79	230,855.09
02.03.03.24	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TR Ø 150 MM	m	105.07	607.32	63,811.11
02.03.03.25	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TR Ø 200 MM	m	170.22	608.46	103,572.06
02.03.03.26	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TR Ø 250 MM	m	94.53	726.62	68,687.39
02.03.03.27	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TR Ø 300 MM	m	1,277.48	753.75	962,900.55
02.03.03.28	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TR Ø 400 MM	m	494.23	842.15	416,215.79
02.03.03.29	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TR Ø 600 MM	m	122.00	1,231.26	150,213.72
02.03.03.30	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TR Ø 700 MM	m	203.68	1,351.85	275,344.81
02.03.03.31	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 3.00<H<=4.00 - TR Ø 300 MM	m	76.56	1,410.07	107,954.96
02.03.06	CRUCES Y EMPALMES				176,030.29
02.03.06.01	CRUCES DE AVENIDAS PRINCIPALES	und	2.00	28,260.58	56,521.16
02.03.06.02	CRUCES DE PROPIEDAD DE TERCEROS - L.C. SR. DE LOS MILAGROS N°01	glb	1.00	5,314.04	5,314.04
02.03.06.03	EMPALME (06) A LINEA EXISTENTE Ø 150 MM A.P.	und	1.00	7,385.66	7,385.66
02.03.06.04	EMPALME (03) A LINEA EXISTENTE Ø 150 MM A.P.	und	1.00	3,559.54	3,559.54
02.03.06.05	EMPALME (10) A LINEA EXISTENTE Ø 200 MM A.P.	und	1.00	4,836.29	4,836.29
02.03.06.06	EMPALME (11) A LINEA EXISTENTE Ø 200 MM A.P.	und	1.00	3,711.29	3,711.29
02.03.06.07	EMPALME (04) A LINEA EXISTENTE Ø 300 MM A.P.	und	1.00	4,536.98	4,536.98
02.03.06.08	EMPALME (05) A LINEA EXISTENTE Ø 350 MM A.P.	und	1.00	18,985.08	18,985.08
02.03.06.09	EMPALME (02) A LINEA EXISTENTE Ø 700 MM A.P.	und	1.00	42,747.15	42,747.15
02.03.06.10	EMPALME (01) A LINEA EXISTENTE Ø 800 MM A.P.	und	1.00	28,433.10	28,433.10
03	ZONA DE ABASTECIMIENTO RESERVARIO COMAS BAJO				14,341,349.43
03.03	LINEAS DE CONDUCCION DE AGUA POTABLE				14,341,349.43
03.03.01	ROTURA Y REPOSICION DE PAVIMENTOS, VEREDAS, SARDINELES Y JARDINES				2,334,839.12
03.03.01.01	ROTURA, ELIMINACION Y REPOSICION DE PAVIMENTO FLEXIBLE	m	8,504.23	259.50	2,206,847.69
03.03.01.02	ROTURA, ELIMINACION Y REPOSICION DE VEREDAS	m	107.92	200.67	21,656.31
03.03.01.03	RETIRO, ELIMINACION Y REPOSICION DE JARDINES	m	1,079.75	60.32	65,130.52
03.03.01.04	ROTURA, ELIMINACION Y REPOSICION DE PAVIMENTO RIGIDO	m	189.49	217.45	41,204.60
03.03.02	SUMINISTRO DE TUBERIAS Y ACCESORIOS				6,762,564.00
03.03.02.01	SUMINISTRO DE TUBERIA HFD K-7 Ø 200 MM	m	420.43	119.55	50,262.41
03.03.02.02	SUMINISTRO DE TUBERIA HFD K-7 Ø 250 MM	m	191.35	160.01	30,617.91
03.03.02.03	SUMINISTRO DE TUBERIA HFD K-7 Ø 300 MM	m	5,551.29	187.10	1,038,646.36
03.03.02.04	SUMINISTRO DE TUBERIA HFD K-7 Ø 350 MM	m	596.50	232.31	138,572.92
03.03.02.05	SUMINISTRO DE TUBERIA HFD K-7 Ø 400 MM	m	440.62	277.56	122,298.49
03.03.02.06	SUMINISTRO DE TUBERIA HFD K-7 Ø 700 MM	m	5.00	592.33	2,961.65
03.03.02.07	SUMINISTRO DE TUBERIA HFD K-7 Ø 800 MM	m	1,316.59	813.42	1,070,940.64
03.03.02.08	SUMINISTRO DE TUBERIA HFD K-7 Ø 1000 MM	m	3,383.09	1,273.47	4,308,263.62
03.03.03	INSTALACION DE TUBERIA Y ACCESORIOS				5,069,692.61
03.03.03.01	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - H<=2.00 - TN Ø 200 MM	m	166.60	162.85	27,130.81

03.03.03.02	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - H<=2.00 - TN Ø 300 MM	m	1,688.22	188.16	317,655.48
03.03.03.03	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - H<=2.00 - TN Ø 350 MM	m	30.57	212.48	6,495.51
03.03.03.04	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TN Ø 200 MM	m	253.83	195.20	49,547.62
03.03.03.05	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TN Ø 250 MM	m	191.35	262.09	50,150.92
03.03.03.06	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TN Ø 300 MM	m	3,255.94	264.10	859,893.75
03.03.03.07	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TN Ø 350 MM	m	565.93	271.40	153,593.40
03.03.03.08	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TN Ø 400 MM	m	434.62	304.64	132,402.64
03.03.03.09	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TN Ø 700 MM	m	5.00	403.13	2,015.65
03.03.03.10	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TN Ø 800 MM	m	1,186.53	469.84	557,479.26
03.03.03.11	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TN Ø 1000 MM	m	1,819.71	608.18	1,106,711.23
03.03.03.12	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 3.00<H<=4.00 - TN Ø 400 MM	m	6.00	410.46	2,462.76
03.03.03.13	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 3.00<H<=4.00 - TN Ø 800 MM	m	130.06	607.24	78,977.63
03.03.03.14	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 3.00<H<=4.00 - TN Ø 1000 MM	m	862.30	758.16	653,761.37
03.03.03.15	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 4.00<H<=5.00 - TN Ø 1000 MM	m	27.01	979.71	26,461.97
03.03.03.16	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TN SAT. - Ø 300 MM	m	255.02	387.53	98,827.90
03.03.03.17	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 3.00<H<=4.00 - TN SAT. - Ø 300 MM	m	284.85	573.39	163,330.14
03.03.03.18	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TSR Ø 1000 MM	m	100.04	855.87	85,621.23
03.03.03.19	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 3.00<H<=4.00 - TSR Ø 1000 MM	m	574.03	1,147.19	658,521.48
03.03.03.20	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - H<=2.00 - TR Ø 300 MM	m	63.41	563.79	35,749.92
03.03.03.21	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TR Ø 300 MM	m	3.85	753.75	2,901.94
03.03.07	CRUCES Y EMPALMES				174,253.70
03.03.07.01	CRUCES DE AVENIDAS PRINCIPALES	und	3.00	28,260.58	84,781.74
03.03.07.02	CRUCES DE CANAL DE REGADIO (ACEQUIA)	und	1.00	2,143.94	2,143.94
03.03.07.03	EMPALME (12) A LINEA EXISTENTE Ø 250 MM A.P.	und	1.00	15,002.44	15,002.44
03.03.07.04	EMPALME (08) A LINEA EXISTENTE Ø 350 MM A.P.	und	1.00	9,793.70	9,793.70
03.03.07.05	EMPALME (09) A LINEA EXISTENTE Ø 450 MM A.P.	und	1.00	39,792.52	39,792.52
03.03.07.06	EMPALME (07) A LINEA EXISTENTE Ø 1000 MM A.P.	und	1.00	22,739.36	22,739.36

Total	26,759,303.04
--------------	----------------------

Ahora que presentamos el proyecto en estudio, tengo que aclarar que esta tesis esta centrada en una de las actividades básicas y más influyentes del proyecto mencionado que es: Redes generales de agua potable. Esta actividad en estudio nos permitirá lograr los objetivos planteados al inicio del presente trabajo de investigación.

CAPITULO 3: PROCESO CONSTRUCTIVO

3.1. SECUENCIA CONSTRUCTIVA EMPLEADA EN LA INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE HIERRO FUNDIDO DÚCTIL

Para la instalación de aproximadamente 23 kilómetros de tuberías de hierro fundido dúctil en el tiempo planteado al inicio de obra, fue necesario establecer equipos de trabajo, los cuales siguieron una secuencia constructiva lógica.

La Secuencia Constructiva General que se determinó y se siguió para las actividades relacionadas con la instalación de las tuberías de hierro fundido dúctil fue la siguiente:

3.1.1. TRABAJOS PRELIMINARES

Esta parte contiene actividades previas a la ejecución que no son más que los requerimientos que se aplicaron al suministro de mano de obra, materiales, maquinarias y actividades necesarias para llevar a cabo las labores preliminares al inicio y durante la ejecución de las obras.

Mano de Obra

Se contó con equipos de trabajo, los cuales fueron definidos por la demanda de trabajos y por el tiempo de ejecución de la obra.

Por ende, para la instalación de 23 kilómetros de tubería se escogió 6 equipos de trabajo o cuadrillas, de las cuales 5 se ubicaron estratégicamente en la zona de la obra para la instalación de las tuberías de hierro fundido dúctil y 1 cuadrilla se dedicó al resane de sardineles, veredas y jardines afectados por el paso de la tubería.

A continuación, presento la conformación de los equipos de trabajo mencionados.

Cargo	Cantidad
Maestro de obra	1
Capataz	1
Operario	6
operador excavadora	1
operador mini cargador	1
oficial	4
peón	2
limpieza	2
Chofer	1

Cuadro N° 1: Cuadrilla Típica de instalación de Tuberías

Cabe resaltar que las 5 cuadrillas de instalación de tuberías eran dirigidas por un solo maestro de obra general, con el cual manteníamos mucha comunicación para las actividades diarias y para las coordinaciones con cada capataz o jefe de cada cuadrilla.

Cargo	Nombre
Maestro de obra	1
capataz	1
operario	5
oficial	1
peón	2

Cuadro N° 2: Cuadrilla Típica para resanes de sardineles, veredas y jardines

La cuadrilla de resanes estuvo detrás de las cinco cuadrillas de instalación, reponiendo sardineles, veredas y jardines afectados por la ejecución de la zanja para la instalación de tuberías o por la movilización de las maquinas en la zona de ejecución de los trabajos.

Cabe resaltar que las 6 cuadrillas no empezaron al mismo tiempo y esto se debió a que no se contaron con todas las tuberías y accesorios indispensables para lograr una instalación continua; por consiguiente, al no contar con los suministros a tiempo se generó en muchas ocasiones perdidas de tiempo los cuales mencionaré más adelante.

Lo siguiente fue contar con Campamentos Menores que vienen a ser anexos al campamento principal y que se ubicaron lo más próximo a las obras en ejecución sirviendo principalmente para el personal obrero como depósito temporal de materiales a utilizar en la ejecución de obra.

En la siguiente imagen se muestra el campamento menor consistente de un container que sirve de un pequeño almacén para guardar las herramientas, materiales menores que son utilizados y guardados durante o después de las horas de trabajo. Cabe resaltar que el orden y la limpieza, siempre predominó en los trabajos como se aprecia en las siguientes imágenes.



Figura 4: Campamento a pie de obra



Figura 5: servicios higiénicos para personal a pie de obra

Suministro de tuberías y accesorios

Lo ideal es contar con las tuberías y accesorios necesarios para que se logre una continuidad importante en la instalación de tubería de agua potable. Sin embargo, en nuestro caso el proveedor de tuberías y accesorios no cumplió con la entrega total de materiales a tiempo, el cual generó retrasos y aumentó los costos en ciertas etapas las cuales se analizarán más adelante.

Todas las tuberías abastecidas por el proveedor fueron almacenadas y apiladas de manera estratégica para su manipulación al momento de su utilización.



Figura 6: Manipulación para el almacenamiento de tubería



Figura 7: Apilado de tuberías de hierro fundido dúctil



Figura 8: Cobertura de tuberías para evitar la interperie



Figura 9: Vista general del almacén de apilados de tuberías



Figura 10: Vista general de los accesorios de hierro dúctil

Suministro de Equipos y Maquinaria

Se obtuvieron los equipos y maquinarias necesarios para la ejecución consistente en la instalación de tuberías de hierro fundido dúctil.

Entre los equipos y maquinarias más relevantes, por cuadrilla o equipo de trabajo, tenemos:

Maquinarias

- Excavadora o retroexcavadora
- Minicargador
- Camión Grúa
- Volquetes

- Camión de carga

Equipos

- Plancha compactadora
- Entibados
- Vibro apisonador
- Grupo electrógeno
- Cortadora de tubo

Calicatas

Se ordenó la excavación de calicatas con anterioridad a la excavación de zanja, de las dimensiones y a las profundidades necesarias para determinar la información que se requería como por ejemplo la posición de servicios subterráneos, drenes subterráneos, tuberías de agua existentes, tuberías antiguas de agua no especificadas en los planos, etc.

Estas calicatas son excavadas de manera cuidadosa para no dañar las estructuras o conductos existentes, y una vez obtenida la información necesaria se vuelve a rellenar.

Replanteo y Trazo

Luego de obtener la información de las calicatas y previamente al inicio de la rotura de pavimento y excavación, se prepara y somete a la aprobación, los planos de replanteo de las líneas de tuberías de agua.

Los planos de replanteo de las líneas de tuberías de agua incluyen todos los detalles necesarios tales como conexiones domiciliarias, válvulas, tuberías de conexión, accesorios, servicios existentes, líneas eléctricas, tuberías de desagüe, líneas telefónicas, etc., que son atravesados por las líneas de tuberías a ser instaladas, por lo que se debe obtener la información necesaria de las interferencias que hubiese en el desarrollo de las obras con la finalidad de que el replanteo presentado sea lo más cercano a la realidad de las obras a ejecutar.

Puede haber cualquier modificación de los perfiles por exigirlo así las circunstancias de carácter local como cruce con tuberías existentes u otros servicios como líneas telefónicas, eléctricas, estructuras subterráneas no localizadas en los planos; por ende existe siempre la posibilidad de replanteo de planos que fue descrito líneas arriba.

En los anexos se presenta un plano del proyecto original y un plano replanteado del proyecto original.

Luego del replanteo, se procede al trazo por donde va a pasar la tubería e indicando los accesorios a colocar como tees, codos o las interferencias encontradas. El trazo o alineamiento, gradientes, distancia y otros datos, deben ajustarse a los planos del Proyecto.



Figura 11: Trazo de Línea de agua potable

Autorización para trabajos en la vía Pública

Dentro de los trabajos preliminares se puede nombrar al proceso donde hay que solicitar la autorización para trabajos en la vía pública, el cual consiste en gestionar con las autoridades pertinentes, las autorizaciones para la ejecución de trabajos que interfieren con la vía pública y espacio público.

Las autorizaciones otorgadas presentan tramos de ejecución de obra, además de periodos de tiempo del cual no se puede exceder por derecho a multas. Estas autorizaciones se gestionan de tal manera que cumplan con nuestro cronograma de trabajos; sin embargo, no siempre coinciden por lo que dificultan los trabajos como lo analizaré más adelante.

Por tanto se realizó los estudios de tránsito y coordinó con la autoridad policial, la Municipalidad Distrital y se solicitó a la Entidad encargada del Transporte Urbano y Seguridad Vial de la Municipalidad Provincial correspondiente, la autorización respectiva acatando sus disposiciones.

En el anexo se muestra una de tantas autorizaciones solicitadas para un tramo determinado de la obra, en el cual se puede apreciar el tramo a ejecutar y las fechas de ejecución.

Señalización y elementos de Seguridad

Se mantuvo el tránsito vehicular y peatonal durante todo el período de construcción, para ello ejecutamos la obra de acuerdo a la programación propuesta, cumpliendo la reglamentación de la Dirección de Transporte Urbano y de Seguridad Vial y la Cartilla de Señalización de Tránsito y Medidas de Seguridad en las Obras aprobadas por SEDAPAL, teniendo en cuenta las etapas de construcción y los planos de desvío de tránsito.

Los trabajos para asegurar el mantenimiento de tránsito durante la ejecución de las obras, incluyó la preparación de separadores de concreto con cintas reflectivas, tranqueras, letreros, farolas, circulinas y demás elementos de señalización que son

necesarios para orientar el tránsito de vehículos y peatones durante las 24 horas del día.

En el anexo, se muestra el plano de desvío hecho para el momento en que el tendido de tuberías necesitaba cruzar una importante avenida como es la Av. Túpac Amaru, para el cual se tuvo un especial cuidado debido a que por esta avenida el flujo de vehículos es importante.



Figura 12: Elementos de seguridad en el cruce de la Av. Túpac Amaru

Rotura de Pavimento

Una vez obtenido y realizados los trabajos anteriores se procede a la rotura de los pavimentos necesarios para la ejecución del tendido de las tuberías de agua potable.

La rotura de pavimentos para el tendido de las tuberías se realizó por medios mecánicos (sierras para corte de pavimentos), tratando en lo posible de que los cortes en el pavimento estén constituidos por líneas paralelas, formando un paño uniforme, poniéndose especial cuidado para que el pavimento adyacente a la franja cortada no sufra rajaduras ni hundimientos.

La línea de tubería no solo era tendida por el pavimento sino que muchas veces cruzaba veredas, sardineles y otras estructuras como paraderos u otros que eran demolidos y luego repuestos de igual o mejor calidad como se encontraron antes de pasar con las tuberías.

3.1.2. EXCAVACIÓN DE ZANJA PARA TUBERÍAS Y CONEXIONES ENTRE TUBERÍAS

Una de las características importantes de esta actividad fue que las excavaciones no se efectuaron con demasiada anticipación a la construcción o instalación de las estructuras, para evitar derrumbes, accidentes y problemas de tránsito. Además, no se inició la excavación de ningún tramo de las zanjas hasta que las tuberías para dicho tramo estén disponibles en el Sitio.

La excavación de las zanjas iba progresando en forma paulatina y conforme al proceso de instalación de las tuberías referido a su velocidad de ejecución. Además, por motivos de seguridad del personal y por la naturaleza del terreno, en determinados casos fue necesario utilizar tablestacado y/o entibado de las paredes, a fin de que éstas mantengan su estabilidad.

Clasificación de terreno

Antes de empezar con los procedimientos para la excavación debemos conocer los siguientes términos que se manejan en esta etapa de construcción referente al terreno en contacto.

Clasificación del Terreno

a) Terreno Normal

Es terreno normal, consolidado o compactado, natural o artificial, como afirmado, grava, gravilla, arena, limo, arcilla o mezcla de estos, que puede ser excavado de manera manual.



Figura 13: Terreno natural

b) Terreno Saturado

Es aquel terreno que requiere drenaje mediante bombeo continuo con un caudal equivalente superior a un litro por segundo por cada 25m de zanja o 50 m² de superficie horizontal de excavación.



Figura 14: Terreno saturado

c) Terreno Rocoso (Roca Fija)

Constituido por roca (sana) en la que para su extracción se requiere necesariamente de explosivos o procedimientos especiales de excavación, como martillos hidráulicos o corte continuo con herramientas de aire comprimido.



Figura 15: Terreno rocoso

d) Terreno Semirocoso

Constituido por:

Roca (descompuesta) fracturada, o Mezclas de terreno normal y roca fracturada o bolonería (diámetro promedio = 0.2m a 0.5m)

En donde para su extracción no se requiere de la utilización de explosivos o procedimientos especiales de excavación, sino medios manuales o mecánicos convencionales (como retroexcavadoras).



Figura 16: Terreno Semirocoso

Luego de nombrar los tipos de terrenos con los cuales se tuvo contacto, he dividido esta secuencia del proceso constructivo en etapas, las cuales tuvieron relevancia en la ejecución de la excavación:

Limpieza del sitio y estructuras existentes

Todas las áreas del sitio que fueron marcadas o especificadas para su limpieza, o de las cuales se iba a excavar material, o sobre las cuales se iba a depositar relleno, se limpiaron de todo material inadecuado, desmonte, estructuras y obstrucciones, así como de cualquier tipo de vegetación, excepto aquella marcada para ser preservada.

Se demolió, removió y en algunos casos se protegió, del sitio de las obras, las estructuras existentes como veredas, tuberías, buzones, cámaras y similares que interferían con la excavación, estén o no indicadas en los Planos.

El desmonte y todos los materiales excavados sobrantes eran llevados a las zonas de desmonte aprobadas.

Excavación de las zanjas

La excavación en corte abierto descrita a continuación se hizo con equipo mecánicos como retroexcavadora sobre llantas o excavadora sobre oruga; el uso de alguno de ellos dependió del entorno de la zona de trabajo y de la necesidad de personal capacitado para poder realizar trazos anchos y profundidades necesarias para la construcción, de acuerdo a los planos del proyecto replanteados en obra.

La excavación de las zanjas se llevó a cabo en materiales variables principalmente limosos arcillosos y gravosos, como los explicados en la clasificación de terrenos. Las granulometrías de los materiales que se excavaron iban desde arena y gravas hasta arcilla y roca.

En la zona de la obra exceptuando un área pequeña cercana al Río Chillón en general la napa freática fue profunda o inexistente y no tuvo mayor impacto durante las obras.

La excavación en roca en el área de cerros, necesario para la instalación de tuberías de redes de distribución, tuberías de aducción de reservorios existentes, se hizo por medios mecánicos utilizando herramientas de aire comprimido como martillos hidráulicos. No se permitió el uso de explosivos. La excavación se hizo en forma gradual procediendo con sumo esmero para que la excavación permanezca con las formas mostradas en los planos.



Figura 17: excavación en terreno rocoso para instalación tubería DN 800

Entibados

Las zanjas se hicieron con las paredes verticales, entibándolas (el entibado fue continuo y también tablestacado, según fue necesario) convenientemente siempre que fue necesario.

En un comienzo se utilizó el tablestacado colocando tablas de madera los cuales eran ajustados a las paredes del suelo con palos como se muestra.

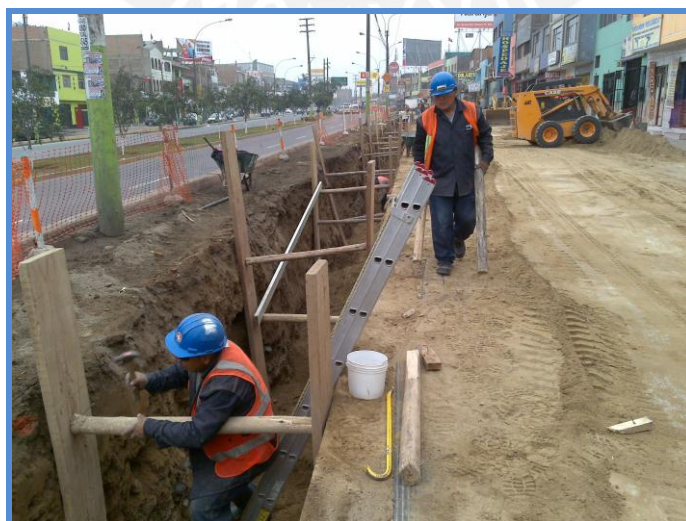


Figura 18: Instalación del tablestacado



Figura 19: tablestacado de madera para tubería de DN 500

Luego, se utilizaron unos entibados importados los cuales fueron más práctico en lo referente a tiempo de instalación ya que solo había que cargarlos y colocarlos en el lugar que se necesitaba entibar.

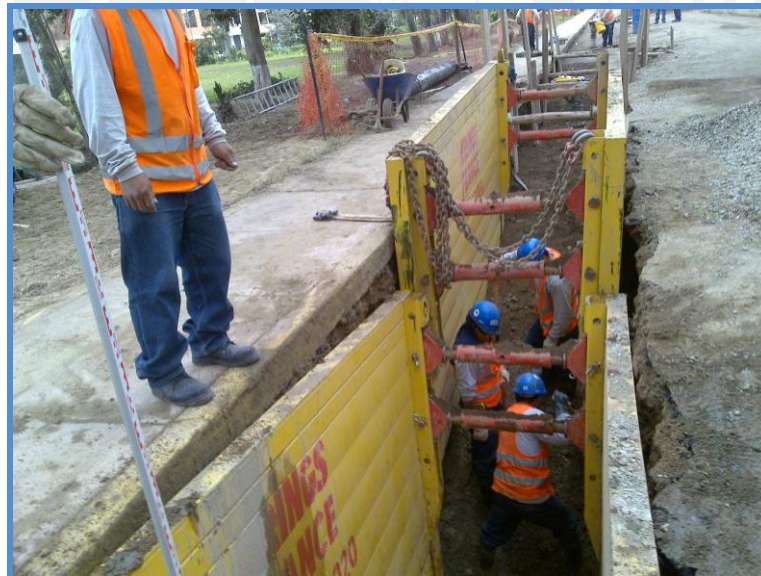


Figura 20: Entibado de acero

Por último, se utilizaron ambos ya que se tuvo una longitud de excavación importante para el relleno y compactación y se optó por entibar toda la zanja para velar por la seguridad del personal.

La necesidad de entibado continuo ó tablestacado en ambas caras se determinó por la profundidad de la zanja como se indica en las especificaciones técnicas de SEDAPAL y a continuación:

-Hasta una profundidad de dos metros no se requerirá entibado ó tablestacado siempre y cuando el terreno se presente estable.

-De dos a tres metros de profundidad de zanja el Contratista no usará entibado ó tablestacado si así el supervisor lo autoriza.

-Para profundidades mayores de tres metros es mandatorio el uso de entibado ó tablestacado.

-Para la excavación de zanjas con una parte bajo la napa freática, es mandatorio la utilización de entibado ó tablestacado.

Refines de las excavaciones de zanjas

El fondo de la zanja después de la excavación debe quedar seco, firme y libre de todo material inadecuado para formar la cama de material granular para la tubería. Por consiguiente, para lograr lo anterior, el último material que se va a excavar es removido con pico y pala y se le dará al fondo de la zanja, la forma definitiva que se muestra en los Planos en el momento en que se vayan a colocar los tubos o canalizaciones.

Para las zanjas excavadas en roca, el fondo y las paredes de la zanja fueron perfilados de tal modo de eliminar cualquier sobrante que pueda dañar la tubería antes de colocar la cama de arena.

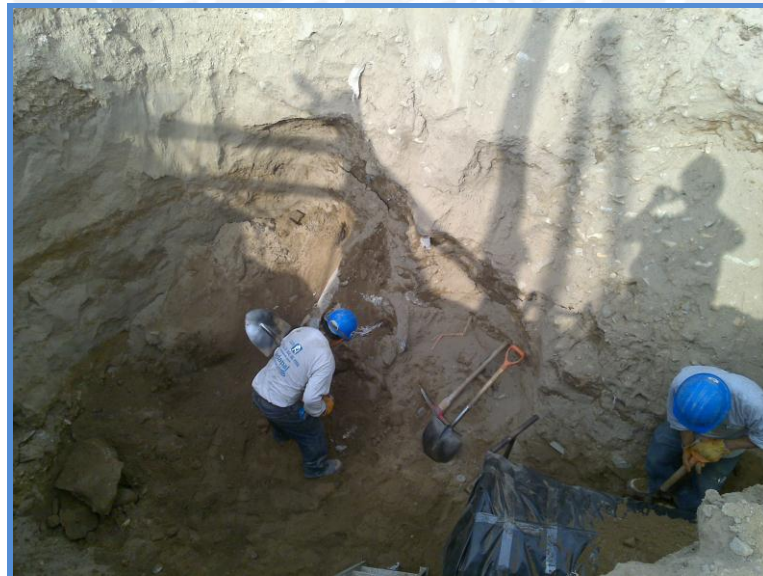


Figura 21: Refine de excavación

Disposición del material de excavación de zanjas

El material excavado proveniente de las zanjas para redes de agua potable es directamente transportado a zonas de acopio, en donde se seleccionará el material apropiado a emplearse para el relleno de zanjas y el material inadecuado que debía transportarse a los botaderos del proyecto.

La zona de acopio temporal estaba ubicada en zonas abiertas, relativamente alejadas de las áreas urbanas, de tal forma que las actividades de selección de materiales no produjeran afectación ambiental a la población.



Figura 22: Disposición de material excavado DN 500



Figura 23: Disposición de material excavado DN 300



Figura 24: Material de excavación zarandeado en acopio



Figura 25: Material zarandeado para utilización de relleno

3.1.3. INSTALACIÓN DE LÍNEAS DE AGUA POTABLE

Esta parte contiene las características de los materiales usados y los procedimientos de instalación de las tuberías de hierro fundido dúctil y los accesorios, correspondientes para conducción a presión y por gravedad que fueron usadas.

En primer lugar mencionaré las características de las tuberías y accesorios utilizados en este proyecto.

Tuberías y accesorios de hierro fundido dúctil para conducción o impulsión de agua potable

Tuberías

Las tuberías instaladas son de hierro fundido dúctil (HFD), las cuales fueron empleadas en toda la red primaria de aproximadamente 23 kilómetros. Los diámetros de las tuberías utilizados son ente 150 mm a 1000 mm. Estas tuberías de hierro fundido dúctil fueron usadas para la conducción de agua potable y líneas de rebose a presión.

Las tuberías de Hierro fundido dúctil son con uniones de espiga y campana con sellos de jebe y acerrojadas (en el caso que se indique). Los accesorios también son de Hierro Fundido dúctil con sellos de jebe iguales a los de la tubería.

Los tubos son fácilmente cortables y limables. Deben presentar superficies lisas, interna y externamente y estar exentos de defectos de superficie u otros.

Las tuberías de Hierro fundido dúctil son de espesor, tipo K7 y K9 tal como se muestra en los Planos, y los accesorios PN 25 (presión nominal). Todas las tuberías, uniones y piezas especiales de Hierro fundido dúctil para tuberías a presión se conectan con juntas de anillos de elastómero. Las tuberías poseen revestimiento interno de mortero de cemento, tratamiento externo de zinc (zincado) y bitumen contra corrosión, son fabricadas cumpliendo las normas ISO 2531. [Revestimiento interno de mortero de cemento, tratamiento externo de zinc (zincado) y bitumen contra corrosión].

Adicionalmente, para mayor protección a la corrosión, las tuberías de Hierro fundido dúctil son protegidas con una funda de polietileno que esta de acuerdo con la Norma ISO 8180 - Canalizaciones de fundición dúctil, revestimientos tubulares de polietileno.

Marcado

Todos los tubos, accesorios y anillos llevan marcados en forma perfectamente visible las siguientes indicaciones:

Tubos con enchufe

- Logotipo del Fabricante.
- Diámetro Nominal (DN).
- Fecha de fabricación.
- Material.
- Normas de Fabricación.

Uniones con enchufe

- Diámetro Nominal (DN).
- Presión Nominal (PN).
- Fecha de Fabricación.
- Angulo de los codos.
- Material.
- Normas de Fabricación.

Anillos de junta

- Tipo de junta.
- Logotipo del Fabricante.
- Diámetro Nominal (DN).
- Código de Utilización.
- Material.
- Fecha de fabricación.

Uniones y sellos para tuberías de hierro dúctil

Las uniones entre tubos o accesorios son de tipo flexible de espiga y campana con sellos de anillos de jebe, para el caso de las tuberías acerrojadas las uniones serán acerrojadas, los que deberán ser completamente herméticos al agua y de alta durabilidad.

Accesorios para tuberías de hierro dúctil

Los accesorios para las tuberías de Hierro dúctil tales como tees, cruces, codos son del mismo material que las tuberías y cumplirán con las Normas de Referencia para tuberías y accesorios de Hierro dúctil.

Revestimientos para tuberías de hierro fundido dúctil

El revestimiento exterior del tubo es de zinc metálico conforme a la norma ISO 8179 y con material bituminoso de acuerdo con la Norma AWWA C104; después de zincados, los tubos son revestidos con un revestimiento bituminoso cuyo promedio de espesor no será inferior a 120 micrones.

El revestimiento interior de las tuberías de Hierro dúctil son con mortero de cemento aplicado por centrifugación de acuerdo a la norma ISO 4179-1985 o ANSI-AWWA C101/A21.04.

El revestimiento de los accesorios debe ser igual y de las mismas cualidades que el de los tubos.

Funda de polietileno para protección contra la corrosión

Todas las tuberías, accesorios, uniones y válvulas de hierro dúctil a ser instaladas bajo tierra son recubiertos con fundas exteriores de polietileno para la conveniente protección a la corrosión.

Tanto los materiales a utilizarse en la elaboración de las fundas como los procedimientos de instalación deberán cumplir las Normas ISO 8180/AWWA C105/A21.5 y ASTM A674 vigentes.

Anclajes

Se colocó bloques de anclaje de concreto reforzado con las dimensiones mostradas en los Planos, en todos los accesorios tales como codos, tees y reducciones para soportar la presión del agua.

Se presenta en el anexo, un ejemplo de plano del diseño de bloques de concreto de accesorios para controlar la presión del agua en los accesorios.

Ejecución y calidad de la mano de obra

Transporte y manipulación

Antes de empezar la instalación diaria se tenía que acopiar a pie de obra la cantidad necesaria de tuberías para no retrasar el ritmo de instalación. La cantidad mínima de tubos a ser enviada a cada tramo de instalación es la necesaria para el trabajo de un día y la cantidad máxima la necesaria para no retrasar el ritmo de instalación.

Los tubos que sufrían averías durante el transporte, descarga y depósito, o que presentasen defectos no apreciados en la recepción en fábrica, son rechazados.

En la carga, transporte y descarga de los tubos, se evitó los choques, siempre perjudiciales a los tubos; se depositaban sin brusquedades en el suelo, no dejándolos caer tomándose las precauciones necesarias para su manejo de tal manera que no sufran golpes de importancia. Al manipular la tubería con grúa se utilizaba un estrobo apropiado alrededor de la tubería y debió ser de nylon u otro material adecuado que no produzca daños a la tubería.

Instalación de la tubería

La instalación de las tuberías de agua se efectuó en estrecha relación con el avance de la excavación de zanjas y no se permitía que al final de la jornada diaria, se tenga zanjas abiertas sin tubería instalada y protegida con la capa de material de relleno selecto.

Luego de conocer todas las características de las tuberías y accesorios utilizados se procede a describir la instalación de las mismas, dividiendo el procedimiento en actividades que se consideró importantes como se muestra a continuación:

Corte de las Tuberías

Por lo general, las tuberías utilizadas eran de longitudes enteras, estas longitudes eran de 6 m los cuales son establecidas por el proveedor; sin embargo, para poder cumplir con los planos del proyecto y del trazado de la canalización, algunas veces obliga a cortar y utilizar tubos de menor longitud llamados niples.

Una de las ventajas de utilizar tuberías de hierro dúctil es que pueden cortarse fácilmente en campo, de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

Sin embargo, luego del corte debe repararse el revestimiento en la zona del corte.

Colocación de la funda de polietileno en la tubería de Hierro dúctil

Antes de comenzar la operación de enfundado, los tubos y uniones son secados y limpiados prolijamente. Se evitó que quede tierra o cualquier otro material entre el tubo y la funda de polietileno. De igual manera, la cama de apoyo del tubo, así como el terreno natural o el material de relleno en contacto con el tubo sólo deben contener materiales finos, con el fin de no dañar la funda de polietileno durante su colocación o en condiciones de trabajo.

La colocación de la funda se desarrollaba antes de bajarlo dentro de la zanja, ya que consistía en levantar el tubo por el centro y enfundar por la espiga la manga de caña plegada en acordeón. Luego, se soporta el tubo por dos soportes de madera, pudiendo desplegar la manga o funda de caña en toda la longitud;

La funda de polietileno queda ajustada al máximo sobre la tubería con cinta adhesiva teniendo cuidado con el modo de ejecución de los pliegues de la funda y de las ligaduras de amarre. Los traslapes entre funda de caña y funda de junta deben garantizar una total continuidad de la protección de la tubería. El pliegue se realiza en todos los casos en la generatriz superior de la tubería con el fin de limitar los riesgos de daños cuando se rellene la zanja.

Colocación y Montaje de la tubería

Los tubos son bajados cuidadosamente hasta el fondo de la zanja con la ayuda de una grúa y es colocado sobre la cama de arena. Una vez que los tubos están en el fondo de la zanja, se realiza su centrado y perfecta alineación con los adyacentes, verificando su alineación y pendiente.

El montaje de las tuberías se realiza por simple introducción de la espiga en el enchufe. El montaje es sencillo y rápido como se indica a continuación:

La tubería se limpia cuidadosamente de cualquier elemento que haya podido depositarse en su interior y se mantiene permanentemente limpia exclusivamente y con mayor cuidado en el interior del enchufe y la espiga del tubo al igual que en el alojamiento del anillo de junta; estas partes del tubo debe estar libres de tierra, arena, piedras y todo material que obstaculiza el correcto montaje.

Luego de lograr una la limpieza indicada se procedió a la colocación del anillo de junta; se coloca el anillo de junta de elastómero en el enchufe, entrando primero el extremo con la parte grande y redonda, de modo que las ranuras encajen sobre el bisel del asiento.

Enseguida se aplica una película delgada de lubricante a la superficie interna del anillo de elastómero y a la espiga, que entrará en contacto con la tubería entrante.

Una vez preparado lo anterior se procede a ejercer suficiente fuerza en la tubería entrante, de modo que su extremo llano sea movido pasando el anillo de junta de elastómero, hasta que haga contacto con la base del enchufe, para lograr así la junta.

Para el enchufado de los tubos y uniones con las juntas descritas líneas arriba se aplicó 3 métodos distintos como los descritos a continuación:

a. Palanca

La palanca es utilizada por un personal el cual se apoya en el terreno y genera una fuerza tal que logra enchufar la espiga en el enchufe.

b. Montaje con la cuchara de una pala hidráulica

Una alternativa que necesita de mucho cuidado y habilidad del operario de la excavadora o retroexcavadora era el uso de la fuerza de una pala hidráulica para ejercer dicha fuerza que logre enchufar y unir los tubos colocando una madera entre la cuchara y el tubo para evitar dañarlos.

c. Trácteles mecánicos

Consistía en el uso de Trácteles de cable trefor, eslinga y gancho para lograr conectar los tubos y accesorios.

Tapones temporales

Se coloca tapones temporales al extremo de las secciones en donde el acoplamiento de tubería no ha sido terminado y se retira estos tapones temporales cuando ya no eran necesarias.

Anclajes

El concreto reforzado a colocarse como anclaje en los accesorios tales como tees, codos, cruces, etc., es vaciado cuidadosamente de tal modo que la campana de unión entre el accesorio y la tubería quede libre y permita su movimiento. El vaciado del concreto se hará contra la pared de la zanja en terreno sin disturbar con las dimensiones mostradas en los Planos.



Figura 26: Anclaje de accesorio (codo)

3.1.4. RELLENO Y COMPACTACIÓN

Las excavaciones de zanjas para tuberías se rellenan utilizando material seleccionado adecuado proveniente de excavaciones y/o canteras. El material excavado (incluyendo aquél suministrado de canteras de préstamo) seleccionado para su uso como material de cama para tuberías, relleno de zanjas debe estar libre de terrones y grumos. Además, se tiene cuidado de que el relleno no tenga tierra que contenga materias orgánicas en cantidades deletéreas, ni raíces o arcillas o limos uniformes.

El relleno de las zanjas tiene diferentes capas las cuales presentan materiales distintos y son mencionadas a continuación:

Cama de apoyo

La cama de apoyo garantiza la estabilidad y el descanso uniforme de los tubos, por ende se toma en cuenta las características del terreno y de la tubería que se va instalar, en este caso por tratarse de tubería de hierro fundido dúctil revestida con funda de polietileno se debe utilizar arena gruesa.

En referencia al espesor de la cama de apoyo, se proporcionó un espesor de 15 cm tanto para terrenos normales, semiocosos y rocosos.

Relleno Lateral y superior

A continuación de la colocación de la tubería y acoplada a otra, se procede al relleno a ambos lados del tubo hasta cubrir una altura de 30 cm sobre la tubería con el material selecto similar al empleado en la cama, libre de terrones grandes, por capas de 15 cm regadas y apisonadas. Para la compactación se utilizó equipos manuales, debiendo obtenerse un grado de compactación no menor al 95% de la máxima densidad seca del Proctor Modificado ASTM D 698.

Relleno final

Se completó el relleno de la zanja con el material de relleno seleccionado (tamizado del material de las excavaciones) en capas de 0.15m de espesor máximo regado a la humedad óptima, apisonado y bien compactado mecánicamente.

Para el relleno seleccionado se empleó rodillos, aplanadoras y apisonadoras, tipo rana u otras máquinas apropiadas. Las máquinas se pasaron tantas veces como sea necesario para obtener una densidad de relleno para las áreas sin tráfico vehicular del 95% y para las áreas con tráfico vehicular no menor del 98% de la máxima obtenida mediante el ensayo ASTM D-698.

Tanto la clase de material de relleno como la compactación, se controlaron continuamente durante la ejecución de la obra, haciéndose verificaciones de campo y tomando muestras para cumplir con las densidades de campo a través de análisis de laboratorio.



Figura 27: Relleno para compactación (DN 800)

Relleno y compactación de Base y Sub-base

El material para esta capa de relleno es el afirmado, el cual presentaba principales características como trabajabilidad y estabilidad a la superficie antes de colocar el riego de imprimación para luego dar la pavimentación.

Esta capa es compactada utilizando planchas vibratorias, rodillos, etc. que permiten obtener un porcentaje de compactación no menor al 100% de la máxima densidad seca del Proctor modificado (ASHTO-T.180).

Asimismo, cabe mencionar que esta capa es uniforme en todos los tipos de terreno con un espesor de 20 cm.

3.1.5. REPOSICIÓN DE PAVIMENTOS Y ESTRUCTURAS EXISTENTES

Luego de obtener una base de afirmado firme y bien compactado se empieza con lo que viene a ser la reposición de pavimentos y estructuras existentes.

La reposición de pavimentos se refiere a verter una capa de imprimación y a la colocación de la capa asfáltica; a su vez, la reposición de estructuras existentes consistió en la construcción de sardineles, veredas, paraderos u otras estructuras que fueron demolidas y fueron repuestas para no cambiar el entorno original que se encontró antes de iniciar los trabajos.

Materiales para pavimento asfáltico

Imprimación

Para la imprimación la empresa proveedora del material suministró y aplicó material bituminoso a la base preparada con anterioridad.

Se empleó el siguiente material bituminoso:

Asfalto cut-back grado MC-30, que cumplía con los requisitos de calidad especificados por la Norma ASTM D-2027 (asfaltos de tipo curado medio).

La capa de imprimación fue aplicada solamente cuando la superficie de la base estaba razonablemente seca, preferible en clima soleado para mayor penetración, y en condiciones climatológicas que eran favorables.

Capa Asfáltica

La capa asfáltica usada en la reparación de pavimentos consistía en una capa de mezcla asfáltica construida sobre la superficie de base debidamente preparada (base imprimada).

Cabe mencionar que el suministro del imprimante como de la mezcla de la capa asfáltica era por parte de una empresa proveedora de estos servicios, el cual nos remitía los certificados de calidad de dichas muestras.

El espesor de reemplazo de las diferentes capas que conforman un pavimento fue el mismo que en el pavimento existente, siempre y cuando estas sean iguales o mayores a los mínimos establecidos en la tabla siguiente:

ESPESORES MÍNIMOS DE CAPAS (m)

Tipo de pavimento seleccionado	Base	Capa de rodadura
Pavimento rígido (concreto)	0.30	0.20
Pavimento flexible (asfalto)	0.20	0.055
Pavimento mixto (concreto +asfalto)	0.20	0.15+0.055

De los valores mencionados en la tabla, utilizamos el tipo de pavimento flexible ya que el tendido de tubería se realizaba por zonas con este tipo de pavimentos

Ejecución y calidad de la mano de obra para pavimento asfáltico

Inmediatamente después de terminada la distribución y el emparejamiento del material de base (afirmado), la capa de éste debe compactarse en su ancho total por medio de rodillo liso vibratorio.

Antes de la aplicación de la capa de imprimación, se debe retirar de la superficie y bordes del parche todo material suelto o extraño, utilizando aire comprimido.

El material bituminoso de imprimación es aplicado sobre la base completamente limpia mediante equipos apropiados.

Las mezclas se coloca únicamente cuando la base a tratar se encuentre seca, la temperatura atmosférica a la sombra sea superior a 10°C, cuando el tiempo no estuviera nebuloso ni lluvioso y cuando la base preparada tenga condiciones satisfactorias.

La mezcla asfáltica en caliente, cuando llegue a la obra, debe tener una temperatura de 140°C y se procederá a extenderla inmediatamente y la temperatura no deberá de ser menor de 120°C. La primera rodillada con rodillo tandem liso se dará a 110°C y la segunda con rodillo neumático a una temperatura entre 90° y 100°C.



Figura 28: Base de afirmado perfilado listo para imprimación



Figura 29: Imprimación de Base afirmada



Figura 30: Colocación de capa asfáltica en caliente



Figura 31: Colocación de capa asfáltica en caliente



Figura 32: Reposición de asfalto en caliente

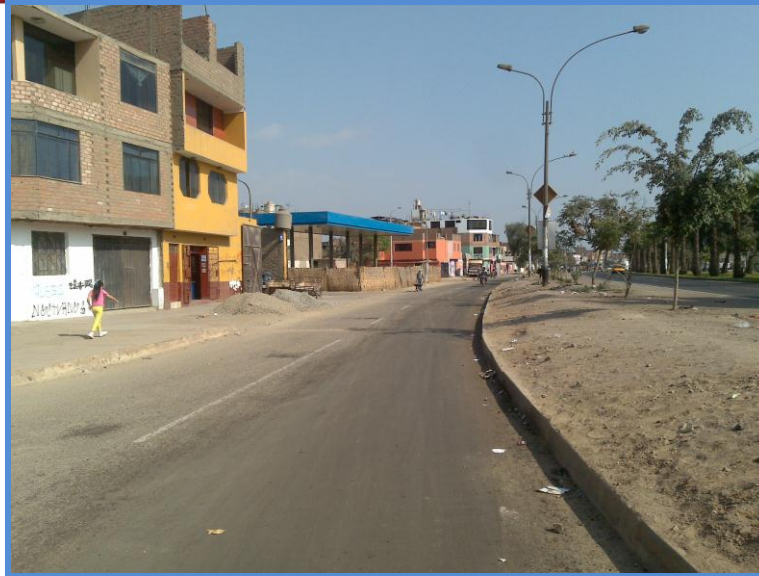


Figura 33: Asfalto repuesto

3.1.6. PRUEBA HIDRÁULICA

La finalidad de las pruebas hidráulicas, es verificar que todas las partes de la línea de agua potable hayan quedado correctamente instaladas, probadas contra fugas y listas para prestar servicio. Los tramos de prueba fueron de longitudes pequeñas y se pudo llegar hasta los 1,000 m pero, en ningún caso, sobrepasar esta longitud.

Considerando el diámetro de la línea de agua y su presión de prueba que pudo ser 22.5 o 30 bares, se elige el tipo de bomba de prueba que puede ser accionada manualmente o mediante fuerza motriz. La bomba de prueba se instala en la parte más baja de la línea y de ninguna manera en las partes altas. Para expulsar el aire de la línea de agua que se está probando se instaló purgas adecuadas en los puntos altos, cambios de dirección y extremos de la misma.

La bomba de prueba y los elementos de purga de aire, se conectaron a la tubería mediante tapones con niples especiales de conexión. Se instaló como mínimo 2 manómetros de rangos de presión apropiados, preferentemente en ambos extremos del tramo a probar.

Durante la prueba hidráulica no debe ocurrir ninguna pérdida de agua en el tramo en prueba.

La prueba hidráulica que se utilizó en nuestro proceso constructivo es el siguiente:

Prueba hidráulica de tramos a zanja tapada

La presión de prueba de los tramos a zanja tapada fue de 22.50 Bares, excepto en algunos tramos de la zona de abastecimiento del reservorio RRN-3 –Collique, (Ver Lámina 1 – “Líneas de Conducción Proyectadas – Presión de Prueba Hidráulica”) donde la presión de prueba fue de 30 Bares, medida en el punto más bajo del tramo que se probó.

El tramo permaneció lleno de agua por un período mínimo de 24 horas, para proceder a iniciar la prueba a zanja tapada. El tiempo mínimo de duración de la prueba a zanja tapada será de una (1) hora, debiendo el tramo permanecer, durante este tiempo, bajo la presión de prueba y no disminuir porque eso indicaría pérdidas o fugas del agua.

Prueba hidráulica de tramos a zanja abierta

Cabe resaltar que también se puede realizar pruebas hidráulicas a zanja abierta; es más beneficioso ya que si se producen fugas o pérdidas de agua, es más fácil y menos costoso ubicar y reparar la fuga; sin embargo, en las especificaciones técnicas se señalaba que se hicieran las pruebas hidráulicas a zanja tapada.

3.2. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS ACTIVIDADES INCIDENTES EN LA PRODUCTIVIDAD Y COSTOS DE LA OBRA

Después de conocer la secuencia para la instalación de tuberías de hierro fundido dúctil y haber descrito cada una de ellas líneas arriba, se hace a continuación un análisis detallado de las actividades que, para la obra, fueron las más relevantes en lo que se refiere a las de mayor incidencia en la duración de la instalación como es la productividad y las actividades que influyen en el costo de la obra.

Este análisis se basará en la información teórica que se tuvo al comienzo de la obra para su realización y se comparará con lo ejecutado en obra “información real” la cual en algunos casos no fueron tomados en cuenta en la propuesta económica, la cual algunas veces puede ocasionar pérdidas tanto de tiempo y estas a su vez trae pérdidas económicas importantes.

Para todos los casos, el análisis no se restringe a hacer un cálculo comparativo, como es el caso del material de relleno, sino que se detalla en la facilidad constructiva de la técnica escogida y todo el resto de factores que sean relevantes para la actividad en estudio.

Trabajos Preliminares

Dentro de esta etapa de la construcción, existieron actividades que influyeron negativamente en la productividad de la instalación de tuberías de HFD como en el costo, que no se tomó en cuenta al establecer la propuesta económica y que pudo ocasionar pérdidas económicas importantes durante la realización de la obra.

Suministro de Tuberías y accesorios para la instalación

Esta actividad consiste en la obtención del principal material para la realización de la secuencia constructiva presentada líneas arriba; por ende, viendo la necesidad de este material, antes del comienzo de la obra se procedió al metrado de las tuberías y accesorios de hierro fundido dúctil. Además, dichas tuberías y accesorios debían cumplir con los requerimientos y pruebas de fábrica solicitadas por las especificaciones de SEDAPAL.

De lo expuesto, se optó por encargar el suministro total de tuberías y accesorios a una empresa que ya tenía muchos años en nuestro país como es la empresa SAINT-GOBAIN PAM, la cual tiene una sólida presencia en el mercado de nuestro país y sobretodo siendo proveedor de varias obras de redes de agua potable en nuestro país.

El metrado se realizó con los planos originales del proyecto, los cuales a su vez fueron replanteados antes de la instalación de las tuberías in situ, originando en algunos casos el pedido o la devolución de algunos accesorios o tuberías, debido a que los nuevos trazos requerían menos o más material como consecuencia de su nuevo alineamiento en el trazo.

Los metrados requeridos para la instalación de aproximadamente 23 kilómetros de tuberías de hierro fundido dúctil, no fue proporcionada de manera continua, es decir, que el abastecimiento no estuvo completamente en obra al inicio sino que fue llegando de poco en poco a lo largo del periodo de la obra. Esto se debió a problemas logísticos que tenía el proveedor al tener que traer las tuberías y accesorios de otros países, siendo uno de ellos china, y no contaban con material en “stock” en nuestro país.

Por consiguiente, al no tener todo el material disponible al inicio de obra, se creó una de las principales limitaciones para cumplir con el cronograma inicial, establecido al comienzo de la obra; por lo tanto, esto originó plantear semanalmente cronogramas de acuerdo a las llegadas de tuberías de diámetros respectivos para su instalación en diferentes puntos de la obra como se muestra a continuación:

Av. Universitaria				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Cuadrilla CB 1 <i>Caldas</i>	D	MI	Dias	19-mar	09-abr																			
Via auxiliar 4+700 hasta 4+100	800	600	17																					
Via auxiliar 4+100 hasta 3+380 Belaunde	800	720	17.5				10-abr					12-may												
Via auxiliar Belaunde-Jamaica 3+380 hasta 2+240	1000	1140	29									14-may									16-jun			
2+240 hasta 0+00	1000	2240	56																		18-jun			30-ago

Av. Universitaria				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Cuadrilla CB 2 <i>Fernandez</i>	D	MI	Dias																					
Via auxiliar 4+700 hasta 5+140	400	440	11							23-abr		05-may												
5+140 hasta 6+850	300	1710	43								07-may													
6+850 hasta 7+272	200	422	11																					

Cronogramas por cuadrilla de Trabajo en Av. Universitaria

Av. Tupac Amaru				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Cuadrilla CA 1 <i>Arrieta</i>	D	MI	Dias	16-may				15-jun																		
0+650 hasta 1+490 C. Vallejo	700	840	24																							
1+490 hasta 2+180 r.Cirola Alegria	600	690	20								18-jun															
0+650 hasta 0+00	700	650	19																							
D 500 2+180 hasta 4+088	500	1908	55																							

Cronograma por cuadrilla de Trabajo en Av. Túpac Amaru

Cuadro N° 3: Cronogramas de instalación de tuberías

Por último, los problemas logísticos en el suministro de tuberías trajo momentos tensos en la producción de la obra ya que muchas veces no se podía avanzar con la instalación ya que faltaban accesorios o tuberías que hacían que la instalación y proceso constructivo no sea continuo, hasta tal punto de paralizar los trabajos de la cuadrilla por falta de material; en consecuencia, la para de producción trae consigo pérdida de tiempo y a su vez de dinero ya que al parar los trabajos estos involucran no solo mano de obra sino maquinarias, grúas, maquinas , etc.

Autorización para trabajos en la vía pública

Esta actividad como ya se describió antes, consistió básicamente en tramitar continuamente con la empresa GTU (Gerencia de Transporte Urbano) autorizaciones para realizar un tramo determinado para la instalación de tubería de hierro fundido dúctil, lo cual algunas veces requería el cierre parcial o total de algunas calles, avenidas, cruces de avenidas importantes como por ejemplo la Av. Túpac Amaru. Uno de los inconvenientes de esta actividad fue el tiempo y los requerimientos adicionales que se pedían antes de realizar los trabajos de instalación respectivos como son:

Obtener opiniones favorables para la realización de trabajos en la vía pública por entidades representativas como la empresa POTRANSPORTE, el cual nos solicitaba rutas en los planos de desvío para la circulación de su sistema de transporte que es el Metropolitano, es decir, no se debía obstaculizar sus tiempos de recorrido ni perjudicarlos debido a los trabajos de instalación. Por ende para la obtención de las opiniones favorables muchas veces se tuvo que coordinar inspecciones a campo para que se pueda llegar a un acuerdo beneficioso para la circulación de su transporte.

Una vez cumplida los requerimientos presentados para la circulación de los transportes, la empresa empezaba a realizar los trámites para emitir su opinión favorable y con ello solo se tendría que esperar la emisión y entrega de la resolución de autorización de trabajos emitida por la Gerencia de Transporte Urbano (GTU).

Al igual que la actividad anterior, ésta también influyó en la producción de la obra y en el tiempo perdido, debido a los procesos para la obtención de las autorizaciones de los tramos de trabajos; y además a las solicitudes que las entidades mencionadas pedían como trabajos adicionales, entre estas:

Habilitación de vías para el transporte público.

Estos gastos adicionales mencionados no fueron tomados en cuenta en la propuesta económica planteada antes del inicio de obra y terminó ocasionando una diferencia en costos.



Figura 34: Reparación de vías (antes)



Figura 35: Reparación de vías (después)

Replanteo de Planos

Esta actividad como ya se presentó, consistió en modificar los alineamientos, perfiles y alturas del trazo de la tubería debido a obstáculos importantes presentados en campo y que hacían necesario este cambio. Entre los principales obstáculos se pueden mencionar las tuberías de alcantarillado existentes, conexiones de comunicación, redes domiciliarias, postes de luz, etc.

Sin embargo, estos cambios deben ser sutilmente estudiados ya que al ser cambios muy importantes podrían sugerir un mayor gasto del estimado al inicio de obra.

Excavación

En esta etapa del proceso constructivo, se presenta las principales dificultades que se tuvo y los cuales influyeron más en la productividad y en el costo debido a la magnitud que algunas veces representaba esta actividad.

Empezaremos con los problemas del ancho de la zanja, explicando la influencia de los tipos de terrenos y luego de los entibados utilizados.

Uno de los problemas en excavación es el ancho de esta, y esto se debe a que el proyecto requería la instalación de diversos diámetros de tuberías comprendidos entre 150 mm a 1000 mm los cuales a su vez debían tener un espacio libre entre las paredes de excavación que cumplan con los requerimientos de SEDAPAL, la forma de excavación era la siguiente:

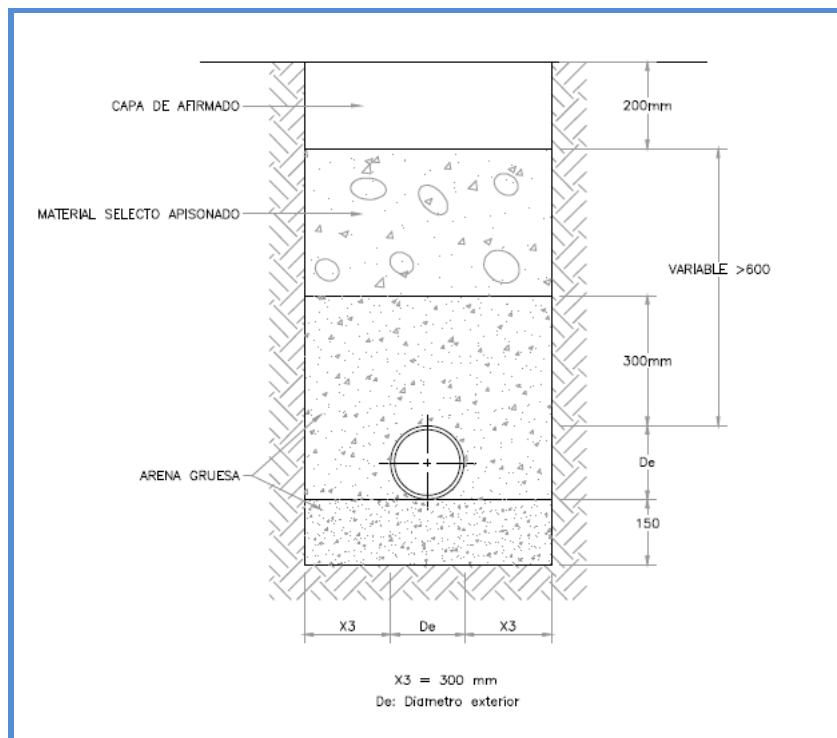


Figura 36: Excavación de zanja

Ahora bien, estas dimensiones presentadas involucran en algunos diámetros una mayor o menor excavación de material que son zarandeados y utilizados como material de relleno; a esto hay que sumarle el tipo de terreno; por ejemplo,

En terreno normal la excavación de terreno no tiene dificultades en lo que se refiere a tiempo de excavación; sin embargo, para terrenos semirocosos como para los rocosos el tiempo de excavación es más prolongado debido a la dificultad y cuidado que requiere los mismos por el desprendimiento de rocas y por tratar de obtener la excavación con paredes rectas lo más que se pueda.

Sin embargo, los terrenos influyen en la forma final de la excavación viéndose continuamente que los terrenos semirocosos y rocosos presentan anchos más prolongados que los establecidos en los planos por motivos de desprendimientos de rocas que hacen que las paredes no tengan las formas rectas que se quiere.



Figura 37: Excavación en terreno rocoso para tubería de DN 800

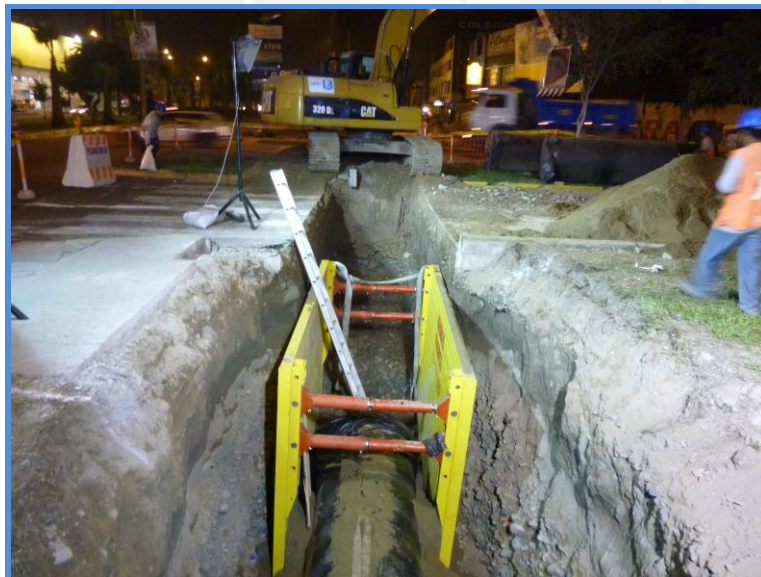


Figura 38: Excavación en terreno semirocoso para tubería de DN 800



Figura 39: Excavación en terreno normal para tubería de DN 300



Figura 40: Excavación en terreno normal para tubería DN 1000

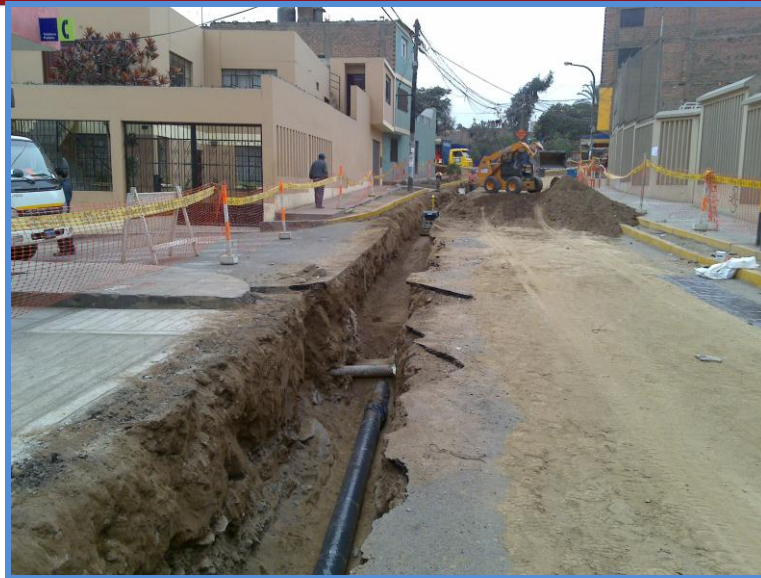


Figura 41: Excavación en terreno semirocoso para tubería DN 200



Figura 42: Excavación en terreno semirocoso para tubería DN 200



Figura 43: Excavación de zanja tamaño de cuchara



Figura 44: Excavación de tubería DN 300 con cuchara grande



Figura 45: Excavación de tubería DN 1000



Figura 46: Tubería de DN 1000



Figura 47: Tubería de DN 1000



Figura 48: Excavación para anclajes DN 1000



Figura 49: Excavación con interferencia



Figura 50: Excavación para instalación de tubería DN 1000



Figura 51: Excavación en terreno rocoso para tubería de DN 150



Figura 52: Excavación tubería de 1000



Figura 53: Excavación manual a subida de reservorio



Figura 54: Excavación manual a subida de reservorio



Figura 55: Excavación para colocación de Anclaje DN 1000



Figura 56: Tuberías existentes en el área de excavación

Estos anchos obtenidos, veremos más adelante que influyen en la cantidad de relleno de manera importante en comparación con los obtenidos de estudios teóricos antes de la ejecución de la obra.

Otro aspecto que influye en el ancho de las excavaciones son por ejemplo las medidas de las cucharas de las excavadoras o retroexcavadoras utilizadas en el proyecto, por ejemplo no es posible obtener las medidas exactas de cucharas para cada uno de los diámetros de tuberías a instalar y conlleva en algunos casos realizar anchos más prolongados que los establecidos en los planos y los establecidos antes de la ejecución de la obra. Un caso en particular fue el ancho obtenido en la excavación de la tubería de diámetro 150 mm y 200 mm el cual estuvo completamente desproporcionado comparado con los anchos pensados antes de la ejecución.

Otro aspecto que influyó en el tiempo de excavación y por tanto en la producción fue los obstáculos o interferencias encontradas durante la excavación que podrían ser una de las más comunes las conexiones domiciliarias, redes de alcantarillado, conductos de cables, etc. Ello daba la importancia de las calicatas para obtener información de obstáculos existentes, sin embargo no siempre la exactitud de los obstáculos se puede predecir lo que hace que el trabajo de excavación sea lo más cuidadoso posible para no ocasionar dificultades como rupturas de conexiones existentes, como tuberías de concreto de redes de aguas antiguas.

Sin embargo, no siempre se tiene el cuidado previsto y ocurren percances que alteran la producción como es la rotura de conexiones antiguas, las cuales involucran la reparación de estas a costos propias del constructor; y ello conlleva a realizar actividades con costos adicionales y además, de no continuar con nuestra actividad principal que es la instalación de tuberías.



Figura 57: Aparición de tuberías existente dentro del área de excavación



Figura 58: Excavación de anclaje con obstáculos



Figura 59: Rajadura de tubería existente



Figura 60: Tubería existente de asbesto cemento



Figura 61: Reparación de tuberías existentes



Figura 62: Excavación en terreno normal

Entibado

Uno de las actividades más importante en cuestión de seguridad para los trabajadores es el entibado, ya que es un sistema de protección ante la eventualidad del desprendimiento de los terrenos adyacentes a la excavación.

Por ende se prestó la importancia del caso en la elaboración de entibados para la realización de las zanjas; en un primer instante, se empezó con un sistema de tablestacado de madera lo cual resultó una actividad que solicitaba un tiempo y de personal considerable para su correcta realización; por esto, al ver la necesidad de reducir los tiempos y después de un estudio de costos se optó por importar unos sistemas de entibados el cual solo se ensamblaba fuera de la zanja y se ajustaba al ancho requerido y siendo su instalación sencillo con la ayuda de una grúa el cual lo colocaba en la zanja y luego era arrastrada para la siguiente instalación de tubería.

Cabe mencionar que estos entibados importados no estaban previstos en la propuesta económica porque normalmente se usan los tablestacados de madera hechos manualmente; por ende, esta utilización de una herramienta sofisticada significó un mayor costo pero también favoreció en tiempo para la realización de las instalaciones de tuberías.



Figura 63: Tablestacado de madera tradicional

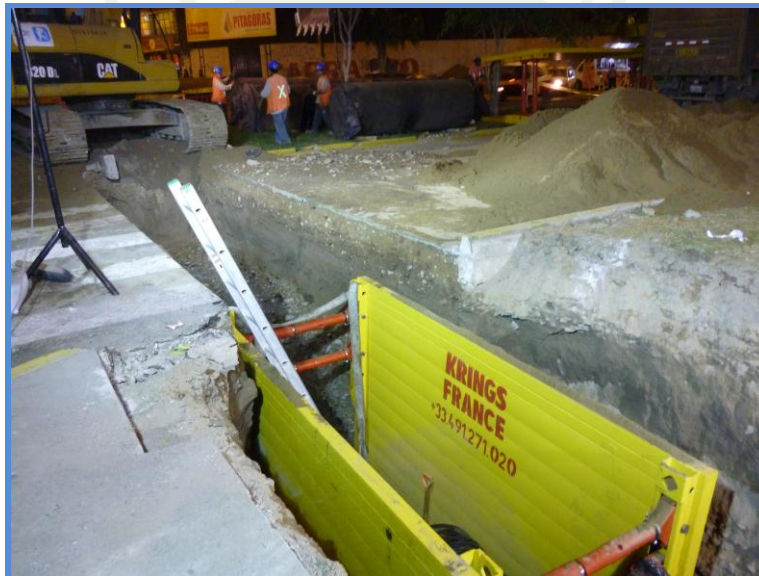


Figura 64: Entibado de acero

Instalación de tuberías

Una de las actividades en el aspecto de producción de la obra, en redes primarias, fue la instalación de tuberías de hierro fundido dúctil que a diferencia de otras actividades, presenta un valor importante e influyente en el presupuesto contractual; por ende, se trato de cumplir con las metas programas mensualmente pero existían pequeños inconvenientes en tiempos de instalación debidos a la presencia de obstáculos de tuberías existentes que hacían que el personal de montaje tenga precauciones de no chocar las tuberías y cuidando que la tubería envuelta de manga de polietileno no se dañe durante su montaje.



Figura 65: Instalación de tuberías HFD con presencia de obstáculos



Figura 66: Instalación de tuberías HFD con presencia de obstáculos



Figura 67: Instalación de tubería de HFD en subida a reservorio

Relleno y compactación

Como consecuencia de la excavación, una vez instalada la tubería de hierro fundido dúctil se procede al relleno y a la compactación del terreno proporcionado en capas ya descritas líneas arriba. En consecuencia, como se presentó problemas en las dimensiones de las zanjas debido a los terrenos y características explicadas, entonces resulta obvio que se necesitará de más material que lo previsto antes de la ejecución.

Este relleno comprende básicamente de arena gruesa, relleno zarandeado de la excavación y afirmado de los cuales la arena y el afirmado fueron suministrados por un proveedor. Por ende para esta actividad quise demostrar cuanto es la cantidad de más que resulta del requerido antes de la ejecución para poder ver la manera de influir y la necesidad de abastecernos de más material del pensado, lo que conllevará a un costo más alto a lo establecido en la propuesta de la obra.

A continuación se muestra las cantidades de material tanto de arena como de afirmado pensadas antes de la ejecución de obra:

Cantidad de Arena

D (mm)	D (m)	L (m)	l (m)	H (m)	lxH	A (m ²)	a (m ²)	V (m ³)
1000	1	3383.6	1.6	1.45	2.32	0.785	1.535	5193.826
800	0.8	1322.4	1.4	1.25	1.75	0.5024	1.2476	1649.82624
700	0.7	1500.2	1.3	1.15	1.495	0.38465	1.11035	1665.74707
600	0.6	673.4	1.2	1.05	1.26	0.2826	0.9774	658.18116
500	0.5	1914.5	1.1	0.95	1.045	0.19625	0.84875	1624.93188
400	0.4	1279.9	1.0	0.85	0.85	0.1256	0.7244	927.15956
350	0.35	1643.97	1.0	0.8	0.76	0.0961625	0.6638375	1091.32893
300	0.3	8354.88	0.9	0.75	0.675	0.07065	0.60435	5049.27173
250	0.25	406.08	0.9	0.7	0.595	0.0490625	0.5459375	221.6943
200	0.2	1457.81	0.8	0.65	0.52	0.0314	0.4886	712.285966
150	0.15	772.97	0.8	0.6	0.45	0.0176625	0.4323375	334.183917
100	0.1	30	0.7	0.55	0.385	0.00785	0.37715	11.3145
total								19139.75

Cantidad de afirmado

D (mm)	D (m)	L (m)	l (m)	h (m)	V (m ³)
1000	1	3383.6	1.6	0.2	1082.752
800	0.8	1322.4	1.4	0.2	370.272
700	0.7	1500.2	1.3	0.2	390.052
600	0.6	673.4	1.2	0.2	161.616
500	0.5	1914.5	1.1	0.2	421.19
400	0.4	1279.9	1	0.2	255.98
350	0.35	1643.97	1	0.2	328.794
300	0.3	8354.88	0.9	0.2	1503.8784
250	0.25	406.08	0.9	0.2	73.0944
200	0.2	1457.81	0.8	0.2	233.2496
150	0.15	772.97	0.8	0.2	123.6752
100	0.1	30	0.7	0.2	4.2
total					4948.7536

Cuadro N° 4: cantidades de arena y afirmado (m³)

Durante la ejecución del relleno se realizó un registro de material de relleno suministrado del cual se obtuvo hasta el momento las siguientes cantidades V totales de material:

Para la arena se obtuvo una cantidad de 25938.49 m³

Para el afirmado se obtuvo una cantidad de 8290.3 m³

Estos valores son hasta el mes de setiembre, los cuales a fin de obra variarán y se sabrá la cantidad total de material utilizado; sin embargo, vemos que hay una tendencia superior sobre todo en la arena debido a que los anchos de zanjas en las zonas más profundas son irregulares como se menciona párrafos arriba.

Reposición de Pavimento y estructuras existentes

Esta actividad muchas veces puede ser controlada sobretodo en la rotura de pavimento, este corte se hace lo más similar al ancho establecido antes de realizar la excavación. Sin embargo, no siempre se puede establecer un corte de ancho uniforme debido a la presencia de obstáculos como buzones o simplemente por la degradación del pavimento adyacente al corte, en donde somos responsables de reponer los daños ocasionados.

Por ello, pude llegar a la conclusión que este material también influye en costo ya que presenta mayor cantidad de material que el establecido antes de iniciar obras.

En capítulos posteriores cuantificaré los costos y compararé los materiales mencionados tanto en valor teórico como en real.

Prueba Hidráulica

Como bien se menciona en el procedimiento de la prueba hidráulica, ésta se realiza para asegurar que las tuberías estén bien instaladas libres de toda fuga o filtraciones que se podrían dar; se podría decir que es el visto bueno a todo el procedimiento de instalación antes de poner los tramos instalados al servicio de conducción del agua.

Por ende es muy importante haber realizado los procedimientos anteriores correctamente y es lo que se tuvo en cuenta durante toda la realización del tendido de tuberías; sin embargo, hubo un tramo el cual no paso esta prueba y esto indicaba que el tramo presentaba en algún punto fuga de agua y con esto hubo la necesidad de primero excavar los accesorios, como codos donde la probabilidad de fuga es mayor, pero no fue encontrada en los accesorios, debiendo entonces volver a excavar todo el tramo y encontrar la fuga para poder repararlo.

Con lo explicado se puede entender que el proceso de reparación de fuga implica un gasto adicional en cuanto a excavación, relleno y asfaltado ya que se vuelve a excavar el tramo que no pasa la prueba hidráulica hasta encontrar el o los puntos de fugas.

CAPITULO 4: PRODUCTIVIDAD

El estudio de la productividad tiene una utilidad en la planeación y control de una obra, especialmente en lo referente al rendimiento y hacer mejor uso del recurso “tiempo”. Como resultado de la carencia en nuestro medio de herramientas metodológicas de estudio de productividad en la instalación de tuberías y reconociendo su importancia, se elaboró el presente capítulo en el cual se deja claro el concepto de la productividad.

De acuerdo con la revista Bit (2001), en su artículo Índice de productividad en la construcción: Mito o Realidad, por productividad debemos entender la relación entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla. Estos recursos productivos, incluyen el factor trabajo, capital y otros insumos como la tierra, energía, materias primas e incluso, la información.

Por tanto, productividad se define como la relación entre producción final y factores productivos (tierra, equipo y trabajo) utilizados en la producción de bienes y servicios. De un modo general, la productividad se refiere a lo que genera el trabajo, la producción por cada trabajador, la producción por cada hora trabajada o cualquier otro tipo de indicador de la producción en función del factor trabajo. Una productividad mayor significa hacer más con la misma cantidad de recursos o hacer lo mismo con menos.

El estudio de la productividad contribuye en el establecimiento de metas realistas y puntos de control para llevar a cabo actividades de diagnóstico durante un proceso de construcción, señalando los obstáculos del rendimiento como los que se presentó en el análisis de actividades incidentes del capítulo anterior.

Por todo lo mencionado, se presenta a continuación valores cuantificados de la productividad en una obra de abastecimiento, tomando como la actividad principal el tendido de tuberías de agua potable.

4.1. Medición en obra: Determinación de valores reales

A través de todo el tiempo que duró instalar los aproximadamente 23 kilómetros de tubería, se controló diariamente la instalación de tubería y ello ayudó a ver más claramente o a fijarnos en los obstáculos de producción continua o incremento de esta. A su vez con este control se trató de mejorar algunas actividades para poder aumentar la producción en lo referente a la instalación de tuberías de agua potable como se presentará líneas abajo.

Cuadro de colocación de tuberías

El siguiente cuadro muestra la instalación de tuberías a lo largo de todo el tiempo que duró la obra, destacando los diámetros, accesorios, tipo de terreno y longitudes instaladas.

Cabe mencionar que estos formatos eran completados con los partes u hojas de trabajos de instalación diaria, los cuales eran proporcionados por los topógrafos de cada cuadrilla. A su vez el Capataz entregaba al maestro de obra 3 formatos los cuales eran:

- a) Instalación de tubería y accesorios diario
- b) Informe Diario de trabajos realizados por la cuadrilla
- c) Tareo de horas trabajadas

Con el primero se logra una precisión en los datos de la instalación ya que es elaborada por los topógrafos de cada cuadrilla; ellos completan un formato el cual se presenta en el anexo y contienen información relacionada con las actividades de la instalación como por ejemplo, longitud instalada, progresiva inicial, progresiva final, tipo de terreno, accesorios instalados, altura de excavación, etc.

Con el segundo se logra un control de los trabajos realizados por cada miembro de la cuadrilla y ayuda muchas veces a hacer cambios en las actividades del día siguiente, en relación a mejorar el rendimiento. El formato es presentado en el anexo y de ahí se puede obtener información sobre las actividades de los miembros de las cuadrillas y el tiempo de trabajo.

Por último, el Tareo de horas trabajadas es un resumen del segundo formato el cual indica las horas trabajadas de cada miembro de la cuadrilla; sin embargo, no explica ni argumenta los trabajos realizados como sí lo hace el segundo formato presentado.

Ahora bien, con los datos del 1er formato se realizó un cuadro, el cual presento a continuación, que no es más que un registro que se tuvo de los principales datos obtenidos para el proceso de instalación de tubería de agua potable.

Av. Universitaria (Fernandez)										
Semana 1	23/04--29/04									
	D	Día	Long.	Terreno	Promedio	Tubos	codo 11°	codo 22°	codo 45°	Tee
Lunes 23/04	400	1	12	TN		2	0	0	0	0
Martes 24/04	400	1	48	TN		8	0	0	0	0
Miercoles 25/04	400	1	60	TN		10	0	0	0	0
Jueves 26/04	400	1	60	TN		10	0	0	0	0
Viernes 27/04	400	1	60	TN		10	0	0	0	0
Sabado 28/04	400	1	30	TN		5	0	0	0	0
domingo 29/04										
Semanal		6	270		45	45	0	0	0	0
General		6	270		(m/día) 45	45	0	0	0	0

Cuadro N° 5: cuadro de Instalación de tuberías semanal por cuadrilla

Como se aprecia, el registro es diario y presenta datos importantes como diámetro de tuberías, longitud de tuberías, tipo de terreno, número de tubos instalados, tipos y cantidad de accesorios; con estos datos obtenemos la totalidad de instalación semanal y los rendimientos de instalación para poder ser evaluados continuamente.

A su vez con el cuadro anterior se puede obtener un cuadro de instalación semanal, el cual muestra los valores de las longitudes de instalaciones de tuberías hechas durante

todas las semanas que duro el proyecto y nos sirvió para mejorar semanalmente los cronogramas y formas de trabajo.

Aguilar			Caldas			Fernandez			Arrieta			Mauricio		
Semana	DN	Longitud	Semana	DN	Longitud	Semana	DN	Longitud	Semana	DN	Longitud	Semana	DN	Longitud
Semana 1	300	66	Semana 1			Semana 1			Semana 1			Semana 1		
Semana 2	300	192	Semana 2			Semana 2			Semana 2			Semana 2		
Semana 3	300	199.3	Semana 3			Semana 3			Semana 3			Semana 3		
Semana 4	300	237.06	Semana 4	800	246	Semana 4			Semana 4			Semana 4		
Semana 5	300	123.5	Semana 5	800	132	Semana 5			Semana 5			Semana 5		
Semana 6	300	42	Semana 6	800	84	Semana 6			Semana 6			Semana 6		
Semana 7	300	81.16	Semana 7	800	262.7	Semana 7			Semana 7			Semana 7		
Semana 8	300	120	Semana 8	800	155.3	Semana 8			Semana 8			Semana 8		
Semana 9	300	192	Semana 9	800	252	Semana 9	400	270	Semana 9	400	270	Semana 9		
Semana 10	300	54	Semana 10	800	124.5	Semana 10	400	142.22	Semana 10			Semana 10		
Semana 11	400	104.57	Semana 11	800	45.1	Semana 11	300	80.07	Semana 11			Semana 11		
Semana 12	300	198	Semana 12	1000	24	Semana 12	300	342	Semana 12	700	168	Semana 12	300	116.7
Semana 13	300	132	Semana 13	1000	122.55	Semana 13	300	336	Semana 13	700	300	Semana 13	300	66.82
Semana 14	300	18.6	Semana 14	1000	184	Semana 14	300	348	Semana 14	700	162	Semana 14	300	6.61
Semana 15	350	304.75	Semana 15	1000	174	Semana 15	300	218.01	Semana 15	700	324	Semana 15	350	216
Semana 16	350	180	Semana 16	1000	147.5	Semana 16	200	366	Semana 16	700	192	Semana 16	350	222
Semana 17	200	206.76	Semana 17	1000	330	Semana 17	200	42	Semana 17	700	93	Semana 17	0	0
Semana 18	200	192	Semana 18	1000	141.8	Semana 18	200	60.22	Semana 18	700 (acerro)	57	Semana 18	250 (acerro)	26.81
Semana 19	200	252	Semana 19	300	12	Semana 19	300	144	Semana 19	600 (acerro)	52.5	Semana 19	300	197.7
Semana 20	200	162	Semana 20	300	24	Semana 20	300	131.09	Semana 20	600	84	Semana 20	300	107.3
Semana 21	300	210	Semana 21	1000	122	Semana 21	300	258	Semana 21	600	216	Semana 21	300	34.93
Semana 22	300	96	Semana 22	1000	283	Semana 22	300	209.44	Semana 22	600	276	Semana 22	300	0
Semana 23	300	205.8	Semana 23	1000	207.5	Semana 23	300	139.06	Semana 23	500	138	Semana 23	300	216.65
Semana 24	300	49.02	Semana 24	1000	204	Semana 24	300	0	Semana 24	500 (acerro)	264	Semana 24	300	234.21
Semana 25	300	24	Semana 25	1000	219.5	Semana 25	250	31.06	Semana 25	500 (acerro)	18	Semana 25	300	13.98
Semana 26	300	0	Semana 26	1000	246	Semana 26	250	120.86	Semana 26	250 (acerro)	102	Semana 26	300	150.03
Semana 27	350	12	Semana 27	1000	30.65	Semana 27	250	14.29	Semana 27	300	12	Semana 27	300	263
Semana 28	0	0	Semana 28	1000	97.75	Semana 28	300	27.19	Semana 28	150	48	Semana 28	300	77.5
Semana 29	0	0	Semana 29	1000	126	Semana 29	0	0	Semana 29	150	120	Semana 29	350 (acerro)	122.68
Semana 30	350	24	Semana 30	1000	105.6	Semana 30	0	0	Semana 30	150	132	Semana 30	350 (acerro)	67.4
Semana 31	350 (acerro)	122.76	Semana 31	1000	123.3	Semana 31	0	0	Semana 31	500 (acerro)	144	Semana 31	300	138
Semana 32	350 (acerro)	111.07	Semana 32	1000	18.8	Semana 32	0	0	Semana 32	500 (acerro)	102	Semana 32	300	48
Semana 33	300	17.92	Semana 33	600 (acerro)	36	Semana 33	0	0	Semana 33	500	72	Semana 33	300	42
Semana 34	150	12	Semana 34	600	24	Semana 34	0	0	Semana 34	500	120	Semana 34	300	72.9
Semana 35	300	17.71	Semana 35	500	5.35	Semana 35	0	0	Semana 35	500 (acerro)	48	Semana 35	300	119.65
Semana 36	250	3.9	Semana 36	0	0	Semana 36	0	0	Semana 36	500	66	Semana 36	300	19.8
Semana 37	200	31.8	Semana 37	0	0	Semana 37	0	0	Semana 37	500 (acerro)	23.7	Semana 37	400 (acerro)	28.4
Semana 38	150	6.3	Semana 38	0	0	Semana 38	0	0	Semana 38	500	24	Semana 38	400 (acerro)	133
Semana 39	350 (acerro)	7.97	Semana 39	0	0	Semana 39	0	0	Semana 39	500 (acerro)	60.4	Semana 39	400 (acerro)	98.25
Semana 40	250	12	Semana 40	0	0	Semana 40	0	0	Semana 40	500	36	Semana 40	400	62.5
Semana 41	350 (acerro)	11.34	Semana 41	0	0	Semana 41	0	0	Semana 41	500 (acerro)	41.49	Semana 41	400	141.5
Semana 42	200	11.28	Semana 42	0	0	Semana 42	0	0	Semana 42	500	121.5	Semana 42		
Semana 43	300	6	Semana 43	0	0	Semana 43	0	0	Semana 43	500 (acerro)	18	Semana 43		
Semana 44	300	3.8	Semana 44	0	0	Semana 44	0	0	Semana 44	500	95.88	Semana 44		
Semana 45	350 (acerro)	13.47	Semana 45	0	0	Semana 45	150	40	Semana 45	400	19.5	Semana 45		
Semana 46	350 (acerro)	14.25	Semana 46	0	0	Semana 46	0	0	Semana 46			Semana 46		
Semana 47	150	12	Semana 47	0	0	Semana 47	0	0	Semana 47			Semana 47		
Semana 48	200	19.6	Semana 48	0	0	Semana 48	0	0	Semana 48			Semana 48		
Semana 49	350 (acerro)	7.74	Semana 49	0	0	Semana 49	0	0	Semana 49			Semana 49		
Semana 50	200	73.54	Semana 50	0	0	Semana 50	0	0	Semana 50			Semana 50		
Semana 51	300	6	Semana 51	0	0	Semana 51	0	0	Semana 51			Semana 51		
Semana 52	150	12	Semana 52	0	0	Semana 52	0	0	Semana 52			Semana 52		
Semana 53	150	6	Semana 53	0	0	Semana 53	0	0	Semana 53			Semana 53		
Semana 54	250	10.6	Semana 54	0	0	Semana 54	0	0	Semana 54			Semana 54		
Semana 55	150	24	Semana 55	0	0	Semana 55	0	0	Semana 55			Semana 55		
Semana 56	700	15.35	Semana 56	0	0	Semana 56	0	0	Semana 56			Semana 56		
TOTAL		4352.92	TOTAL		4711.65	TOTAL		3692.4	TOTAL		4464.97	TOTAL		3044.32

Cuadro N°6: resumen de instalación de tuberías semanal por cuadrilla

El cuadro anterior muestra las instalaciones hechas por cada cuadrilla en cada semana de trabajo, con ello se obtiene una visión general de cómo va el progreso de instalación en campo y estar alertas ante la disminución de producción para ver que está pasando y cuáles son los motivos de dicha baja, los cuales se analizaron en capítulos anteriores.

Además, una vez culminada la obra el cuadro sirvió para obtener el metrado real de la tubería instalada, el cual no coincidió con el metrado del proyecto original debido a los replanteos de los planos que en muchos casos se redujo el trazo del tendido de las tuberías como se aprecia en los planos del anexo.

Longitudes			
	K8	K9	K7
DN 150		462.3	
DN 200		1265.04	
DN 250	166.21	15.9	
DN 250(acerroj)		158.81	
DN 300		2716.15	4046.67
DN 350		600	580.75
DN 350 (acerroj)		443.22	
DN 400			412.22
DN 400 (acerroj)		104.57	
DN 500		1205.35	
DN 500 (acerroj)		270	
DN 600		642	
DN600 (acerroj)		36	
DN 700		1239	
DN 700(acerroj)		109.5	
DN 800			1301.6
DN 1000			3308.7
total	166.21	9267.84	9649.94
LONGITUD (m)		19083.99	

Cuadro N° 7: resumen del metrado instalado real

Cuadro de rendimiento en instalación de tubería

Del cuadro de colocación de tuberías, ya presentado, se obtuvo un esquema de los rendimientos por semanas y ello nos ayudó a evaluar o comprobar la producción que existe en los trabajos de instalación.

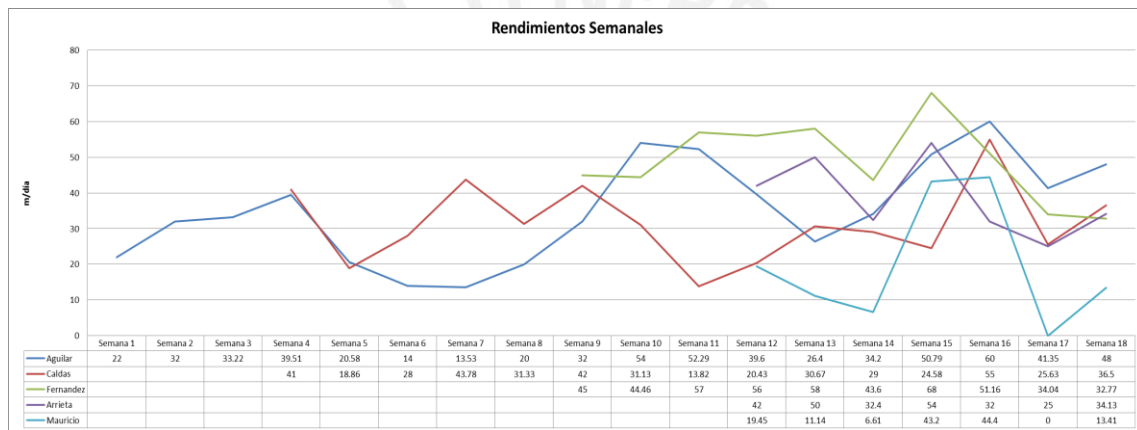
Este cuadro que se presenta a continuación es muy importante ya que nos ayuda a evaluar los trabajos por cada cuadrilla en relación a la producción; este cuadro nos ayuda a analizar los motivos por los cuales el rendimiento disminuye, cuales son las causas y que se puede hacer para mejorar y, obviamente, las que estén en nuestro alcance se podrán mejorar para obtener una mayor producción.

	mL/día				
	Aguilar	Caldas	Fernandez	Arrieta	Mauricio
Semana 1	22				
Semana 2	32				
Semana 3	33.22				
Semana 4	39.51	41			
Semana 5	20.58	18.86			
Semana 6	14	28			
Semana 7	13.53	43.78			
Semana 8	20	31.33			
Semana 9	32	42	45		
Semana 10	54	31.13	44.46		
Semana 11	52.29	13.82	57		
Semana 12	39.6	20.43	56	42	19.45
Semana 13	26.4	30.67	58	50	11.14
Semana 14	34.2	29	43.6	32.4	6.61
Semana 15	50.79	24.58	68	54	43.2
Semana 16	60	55	51.16	32	44.4
Semana 17	41.35	25.63	34.04	25	0
Semana 18	48	36.5	32.77	34.13	13.41
Semana 19	42	47.17	43	36	49.43
Semana 20	40.5	34.58	34.91	46	35.77
Semana 21	42	46.25	34.77	36	11.64
Semana 22	24	51	0	40	0
Semana 23	34.3	36.58	0	37.71	43.33
Semana 24	24.51	41	15.53	41	39.04
Semana 25	24	15.33	20.14	34	4.66
Semana 26	0	16.29	26.73	26.4	30.01
Semana 27	12	25.2	13.6	15	43.83
Semana 28	0	17.6	0	20	25.83
Semana 29	0	20.54	0	22	24.54
Semana 30	24.46	20.55	0	48	34.23
Semana 31	23.5	9.4	0	34.8	24
Semana 32	14.93	20	0	30	14
Semana 33	7.97	5.35	0	38.4	18.23

Cuadro N° 8: rendimientos semanales por cuadrilla

Del cuadro anterior vemos como en algunas semanas hubo disminución de rendimiento debido a las dificultades presentadas en el análisis, incluso, se aprecia rendimientos iguales a cero, los cuales indicó la paralización de instalación de tubería a causa principalmente de la falta de accesorios o la falta de las autorizaciones para trabajos en la vía pública.

En el siguiente cuadro se presenta los rendimientos de cada cuadrilla, en la cual se aprecia mejor los altos y bajos rendimientos que se obtuvo a través de todo el tiempo que duró el proceso de instalación.



Cuadro N° 9: rendimiento de cuadrillas de instalación de tuberías

4.2. Comparación de Valores reales y teóricos

Rendimiento teórico

Con los datos iniciales de obra, como son el plazo contractual y la cantidad de tubería por instalarse se tenía los siguientes datos:

Plazo del contrato: 390 días calendarios.

Longitud total de instalación de tubería: 23000 ml.

Ahora con estos datos se puede estimar cuanto rendimiento necesitamos para acabar la instalación de tuberías sin excedernos del plazo de contrato:

Rendimiento de instalación de tubería: $23000 \text{ ml.} / 390 = 59 \text{ ml/día.}$

Rendimiento Real

De los datos expuestos en los cuadros de control anteriores de instalación de tuberías, se puede cuantificar cual fue nuestro rendimiento real en la instalación de tubería:

Plazo de instalación de tuberías: 39 semanas $\times 7 = 273$ días calendarios

Longitud total de tubería instalada: 19083.99 ml

Rendimiento de instalación de tubería: $19083.99 \text{ ml.} / 273 = 70 \text{ ml/día.}$

Como se puede apreciar se logró un rendimiento superior al teórico a pesar de las dificultades que se tuvo como las ya expuestas líneas arriba y que perjudicaron el avance; sin embargo, se supo dar solución a algunos obstáculos y con ello logramos mejorar el avance.

Factores que afectan y mejoran la productividad en la instalación de tubería de HFD

4.3. Factores que afectan la productividad en la instalación de tubería de HFD

Después del análisis presentado en el capítulo anterior puedo nombrar en las siguientes líneas los principales factores que afectan la producción en una obra de instalación de tuberías para el abastecimiento de agua potable.

Suministro de tuberías

El principal influyente en la producción de instalación de tuberías y accesorios fue la falta de alguno de estos materiales, la cual fue un problema constante debido a que el proveedor no proporcionaba los materiales a tiempo, esto llevó en algunos momentos a la para de trabajo de cualquier cuadrilla o dejar inconcluso un tramo hasta que llegase el material. Con la para de trabajos se generan gastos sin producción que afectan simbólicamente, la cual se analizará más adelante.

Autorización para trabajos en la vía pública

La obtención de la solicitudes de trabajos en la vía pública como se explicó, generó muchos inconvenientes sobre todo al momento de programar trabajos que fueron puestos en espera mientras no contáramos con los permisos pertinentes, generando

así una menor producción y a su vez un gasto en personal que no podía cumplir con sus obligaciones.

Excavación:

En la presente actividad se distinguen los factores que afectan a la productividad, particularmente en el tiempo de excavación y en consecuencia a la instalación de tuberías, los cuales se desarrollan a continuación:

El tipo de terreno

Como ya vimos en el proceso constructivo, uno de los principales obstáculos para la instalación de las tuberías de agua potable es el tipo de terreno ya que como se explicó en su momento existen tipos de terreno como el semirocoso o como el rocoso que retardan la instalación por el tiempo que implica excavar estos tipos de terrenos; esta afectación a la productividad también se puede ver en los gráficos de rendimientos e instalación de tuberías mostradas anteriormente con datos reales.

Las características del entorno (presencia de estructuras existentes y napa freática)

Como se presentó en el análisis, la presencia de estructuras existentes como tuberías existentes, alcantarillado, etc. nos restringió a tener una excavación más cuidadosa con la debida precaución para no dañar dichas estructuras ya que si se rompían, además de prolongar los trabajos a la reparación de las mismas se generaba un gasto adicional de reparación.

Un aspecto que no fue mencionado por su presencia en un tramo pequeño fue la presencia de napa freática, el cual prolongó los trabajos de excavación debido a que primero se debía quitar el agua de la zanjas mediante bombeo.

Diámetro de la tubería

Podríamos decir que el diámetro de la tubería también influye en el tiempo de excavación, a mayor ancho mayor tiempo. Sin embargo, como se mencionó anteriormente y se afirma luego de observar las instalaciones de todos los diámetros presentados en el proyecto, se puede decir que no influye tanto como el tipo de terreno porque si se tiene un diámetro pequeño pero un terreno rocoso lo que domina es el terreno ya que el desprendimiento de las paredes de las zanjas es inevitable. Este caso se pudo apreciar en la tubería de diámetro 150 mm el cuál se pensó que iba a ser el tramo más rápido pero terminó siendo uno de los más complicados.

Entibado

Una de las preocupaciones en los trabajos siempre fue la seguridad del personal encargado de la instalación de tubería, por ende el proceso de entibado se dio siempre en todos los tramos de instalación; sin embargo, el tablestacado empleado en los primeros meses de trabajo no ayudó en optimizar el tiempo y por ende tampoco en la productividad de instalación de tubería, por tal motivo se decidió optar por entibados ensamblados fuera de la zanja y colocados mediante una grúa lo cual mejoró el proceso y daba una mayor seguridad para el personal.

Instalación de Tuberías:

En esta actividad la cual ya se explicó, la principal dificultad se vio cuando se presentaba obstáculos como tuberías existentes entre otras ya mencionadas, en

consecuencia la instalación era con más precaución y esto generaba una prolongación del tiempo.

4.4. Factores que mejoran la productividad en la instalación de tubería de HFD

Después de conocer los factores que afectan la productividad sería fácil decir que los factores que mejoran dicha productividad se daría al reducir dichos factores que afectan a la productividad, y no estaría mal pensar eso; sin embargo, muchas veces no es posible resolver situaciones que estén fuera del alcance de uno mismo.

En consecuencia, los factores que si ayudaron a mejorar fueron:

Replanteo de planos

Con el replanteo de planos que ya se explicó anteriormente se realizó nuevos trazos para evitar las tuberías existentes u obstáculos que interferían con el tendido de tuberías del proyecto, esto a su vez nos ayudó a reducir el trazo del tendido de tuberías respecto al proyecto original como se muestra en el anexo.

Excavación

Una de las principales actividades que influye tanto en productividad como en costo es la excavación, y es que como mencioné muchas veces el tiempo de excavación es de tiempo prolongado por los diferentes factores ya presentados y a su vez las propiedades del terreno hacen que la zanja no tenga las características pensadas como por ejemplo el ancho de la zanja y el cual implica el uso de mucho más material.

Por ende, quisimos controlar la cantidad de material usado, a través del uso de diferentes anchos de cucharas de las excavadoras para obtener los anchos exactos para cada diámetro de tubería; sin embargo, luego de varios meses se observó que no dependía del ancho de la cuchara sino de las características del terreno, porque aunque el ancho sea pequeño si el terreno es semirocoso o rocoso las paredes laterales igual se van a desmoronar debido a la presencia de piedras.

Entibado ensamblado

Esta actividad como ya mencioné fue de mucha importancia para nosotros ya que implicaba cuidar la integridad física de nuestros trabajadores, pero a su vez necesitábamos tener una mejor producción en instalación de tuberías ya que el tablestacado implicaba mucho tiempo de trabajo en instalarlo; por ende, se tomó la decisión de obtener un nuevo sistema de entibados los cuales se ensamblan fuera de la zanja y solo se introduce dentro de esta, regulándose al ancho de dicha zanja y su manipuleo se hace con la maquina excavadora.

Este nuevo sistema nos permitió ahorrar tiempos de trabajos y por tanto mejorar la producción; pero lo más importa es que nos permitió estar seguros de que nuestros trabajadores iban a tener mayor seguridad y tranquilidad al realizar las actividades dentro de la zanja.

CAPITULO 5: COSTOS

En primer lugar, es importante tener claro el concepto de costos. Costo simplemente es el valor asociado a los materiales utilizados, a la mano de obra, en fin, a todo lo que permite que un proyecto de construcción se pueda llevar a cabo.

Por ende, a continuación se presenta información importante relacionada a los costos que se evidenciaron durante la ejecución del tendido de tuberías de agua potable que si no hubiesen sido controlados se habría generado un desbalance entre lo estimado en el presupuesto original y el presupuesto real dando por ejemplo perdidas.

5.1. Medición en obra: Determinación de Valores Reales

Después del análisis y de la experiencia ganada en todo el tiempo de ejecución de la obra, se pudo apreciar los siguientes costos importantes que influenciaron en el presupuesto contractual de la obra:

Arena

Este material fue utilizado como ya se explicó para la cama de apoyo de las tuberías, el relleno lateral y hasta 30 cm sobre la tubería. Dicho material fue suministrado por un proveedor, el cual nos abastecía diariamente y en algunas ocasiones semanalmente, dependiendo de la demanda de tendido de tuberías en las diferentes cuadrillas de trabajo.

Al comienzo de la instalación de tubería, se sabía que se iba a tener problemas con la cantidad que habíamos estimado, por ende se llevó un control diario del material y así saber la cantidad real que se estaba usando.

A continuación, se presenta el modelo del formato utilizado para el control del material y luego la cantidad total de arena utilizada en todo el periodo que duró la obra.

KARDEX		DESCRIPCION ARENA GRUESA		COD-PRODUCTO		U. MEDIDA M3		PRESENTACION M3	
TEM	FECHA	PLACA	PROVEEDOR	DOCUMENTO	INGRESO	SALIDA	STOCK	OBS	
							0.00		
2	01/03/12	BGE-924(10)	LA&NI CONTRATISTAS GENERALES	NT 000201	10.00		10.00		
3	02/03/12	ADL-814(10)	LA&NI CONTRATISTAS GENERALES	NT 000204	10.00		20.00		
4	03/03/12	BGE-924(10)	LA&NI CONTRATISTAS GENERALES	GR 000103	10.00		30.00		
5	03/03/12	AON-890(10)	LA&NI CONTRATISTAS GENERALES	GR 000101	10.00		40.00		
6	03/03/12	V4R-895(10)	LA&NI CONTRATISTAS GENERALES	GR 000102	10.00		50.00		
7	08/03/12	WQ-8747(9.10)	LA&NI CONTRATISTAS GENERALES	GR 000113	9.10		59.10		
8	08/03/12	V4R-895(10)	LA&NI CONTRATISTAS GENERALES	GR 000115	10.00		69.10		
9	08/03/12	C1Y-906(10)	LA&NI CONTRATISTAS GENERALES	GR 000104	10.00		79.10		
10	08/03/12	V4R-895(10)	LA&NI CONTRATISTAS GENERALES	GR 000114	10.00		89.10		
11	09/03/12	WQ-8747(9.10)	LA&NI CONTRATISTAS GENERALES	GR 000120	9.10		98.20		
12	09/03/12	B3Q-440(10)	LA&NI CONTRATISTAS GENERALES	GR 000116	10.00		108.20		
13	09/03/12	XQ-4640(20)	LA&NI CONTRATISTAS GENERALES	GR 000118	20.00		128.20		
14	09/03/12	WCD-102(18)	LA&NI CONTRATISTAS GENERALES	GR 000117	18.00		146.20		

Cuadro N° 10: cuadro de control de material (arena gruesa)

Luego de realizar los controles del material presentado se obtuvo al final de la obra el total de material empleado para la instalación de tuberías de agua potable.

Para la arena se obtuvo una cantidad de **25938.49 m³** el cual se comparará con el material pensado a utilizar al comienzo de obra.

Afirmado

Este material fue utilizado como ya se explicó para la última capa de relleno de 20 cm y dejarlo listo (debidamente compactado) para la reposición de pavimento. Dicho material fue suministrado por un proveedor, el cual nos abastecía en periodos de tiempo más o menos prolongados, dependiendo de la demanda de tendido de tuberías en las diferentes cuadrillas de trabajo.

Para este material también se controló las cantidades puestas en obra para luego poder compararlo con los pensados al inicio de obra.

A continuación, se presenta el modelo del formato utilizado para el control del material y luego la cantidad total de afirmado utilizado en todo el periodo que duró la obra.

KARDEX								
DESCRIPCION AFIRMADO					COD-PRODUCTO			
TRASPORTES TIBURON S.R.L					U. MEDIDA M3			
					PRESENTACION M3			
ITEM	FECHA	PLACA	PROVEEDOR	DOCUMENTO	INGRESO	SALIDA	STOCK	OBS
1			INVENTARIO				0.00	
2	02/03/12	XI-5087	TRASPORTES TIBURON S.R.L	GR 037728	17.00		17.00	
3	02/03/12	XI-5087	TRASPORTES TIBURON S.R.L	GR 037751	17.00		34.00	
4	02/03/12	XI-3525	TRASPORTES TIBURON S.R.L	GR 037726	17.00		51.00	
5	03/03/12	XI-5087	TRASPORTES TIBURON S.R.L	GR 037732	17.00		68.00	
6	03/03/12	XI-3525	TRASPORTES TIBURON S.R.L	GR 037730	17.00		85.00	
7	03/03/12	XI-3525	TRASPORTES TIBURON S.R.L	GR 037729	17.00		102.00	
8	05/03/12	XI-5087	TRASPORTES TIBURON S.R.L	GR 037738	17.00		119.00	
9	05/03/12	XI-5087	TRASPORTES TIBURON S.R.L	GR 037735	17.00		136.00	
10	05/03/12	XI-5091	TRASPORTES TIBURON S.R.L	GR 037734	17.00		153.00	
11	06/03/12	XI-5091	TRASPORTES TIBURON S.R.L	GR 037743	17.00		170.00	
12	06/03/12	XI-5091	TRASPORTES TIBURON S.R.L	GR 037740	17.00		187.00	
13	06/03/12	XI-3525	TRASPORTES TIBURON S.R.L	GR 037744	17.00		204.00	
14	06/03/12	XI-5091	TRASPORTES TIBURON S.R.L	GR 037742	17.00		221.00	

Cuadro N° 11: cuadro de control de material (afirmado)

Luego de realizar los controles del material presentado se obtuvo al final de la obra el total de material empleado para la instalación de tuberías de agua potable.

Para el afirmado se obtuvo una cantidad de **8290.3 m³** el cual se comparará con el material pensado a utilizar al comienzo de obra.

Asfalto

Este material fue utilizado como ya se explicó para reponer la rotura de pavimentos la cual, como ya mencioné en los procedimientos, consistió de una capa de 5 cm que correspondía al pavimento flexible presentado en el proyecto. Dicho material fue suministrado por un proveedor, el cual nos abastecía en periodos de tiempo

prolongados, dependiendo de los tramos ya rellenados, compactados, perfilados e imprimados listos para colocar la capa asfáltica.

Para este material también se controló las cantidades puestas en obra para luego poder compararlo con los pensados al inicio de obra.

A continuación, se presenta el modelo del formato utilizado para el control del material y luego la cantidad total de asfalto utilizado en todo el periodo que duró la obra.

SERVICIO DE ASFALTO						
No.	DETALLE	UND.	CANTID.	P.U.	SUBTOTAL	TOTAL
1.00	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2" , 3" Y 4"	M3	147	510.00	74,970.00	74,970.00
2.00	IMPRIMACION ASFALTICA MC-30	M2	1362	3.50	4,767.00	4,767.00
ZONA DE TRABAJO						
CALLE LOS CIPRESES ALT . AV. BELAUNDE / TUPAC AMARU						
AV. UNIVERSITARIA C/ AV. LOS ANGELES						
AV. SINCHI ROCA CON AV. SANGARARA						
INCLUYE: EQUIPO, MATERIALES, MANO DE OBRA Y DIRECCION TECNICA						
FORMA DE PAGO : A 10 DIAS PREVIA PRESENTACION						
DE LA FACTURA Y GUIA DE REMISION C/ CONFORMIDAD DE G.OBRA						

Cuadro N° 12: cuadro de control del Asfalto

Luego de realizar los controles del material presentado se obtuvo al final de la obra el total de material empleado para la instalación de tuberías de agua potable.

SERVICIO DE ASFALTO							
No.	DETALLE	UND.	CANTID.	P.U.	SUBTOTAL	TOTAL	
2.00	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2" , 3" Y 4"	M3	175.00	525.00	525.00	91875.00	
2.00	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2" , 3" Y 4"	M3	130.00	525.00	525.00	68250.00	
2.00	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2" , 3" Y 4"	M3	240.00	510.00	122400.00	122400.00	
2.00	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2" , 3" Y 4"	M3	88.00	510.00	44,880.00	44,880.00	
2.00	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2" , 3" Y 4"	M3	140.00	510.00	71,400.00	71,400.00	
1.00	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2" , 3" Y 4"	M3	92.00	510.00	46,920.00	46,920.00	
1.00	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2" , 3" Y 4"	M3	140	510.00	71,400.00	71,400.00	
1.00	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2" , 3" Y 4"	M3	104	510.00	53,040.00	53,040.00	
1.00	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2" , 3" Y 4"	M3	147	510.00	74,970.00	74,970.00	
1.00	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2" , 3" Y 4"	M3	150	510.00	76,500.00	76,500.00	
1.00	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2" , 3" Y 4"	M3	60	510.00	30,600.00	30,600.00	
1.01	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2" , 3" Y 4"	M3	25.00	510.00	12,750.00	12,750.00	
2.01	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2" , 3" Y 4"	M3	46.00	510.00	23,460.00	23,460.00	
1.00	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2" , 3" Y 4"	M3	58	510.00	29,580.00	29,580.00	
1.00	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2" , 3" Y 4"	M3	9	510.00	4,590.00	4,590.00	
1.00	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2" , 3" Y 4"	M3	76	510.00	38,760.00	38,760.00	
1.00	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2" , 3" Y 4"	M3	50	510.00	25,500.00	25,500.00	
1.00	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE E= 2" , 3" Y 4"	M3	70	510.00	35,700.00	35,700.00	
		total	1800.00				

Cuadro N° 13: Resumen del total de asfalto utilizado

Para el asfalto se obtuvo una cantidad de **1800 m³** el cual se comparará con el material pensado a utilizar al comienzo de obra.

Agua

Este material no fue presentado explícitamente en los procedimientos constructivos; sin embargo, si esta presente en varias actividades como por ejemplo:

- En la excavación de la zanja, ya que el agua es usada para no generar tanto polvo que es perjudicial para las personas alrededor de la obra,
- El agua es usada en la compactación de las capas de relleno ya mencionadas,
- El agua es usada en el curado del concreto de los anclajes, etc.

En fin, el agua es necesaria para múltiples funciones; sin embargo, no se pensó en un inicio que fuera tanta su influencia sobretodo en costo. Ello lo podemos sustentar con el control que se tuvo de este material el cual se proporcionaba a cada cuadrilla en una cisterna instalada en cada campamento de cada cuadrilla.

Luego de realizar los controles del material presentado se obtuvo al final de la obra el total de material empleado para la instalación de tuberías de agua potable.

Item	Descripción	unidad	cantidad	Parcial (s/.)
1	Agua para levantamiento de polvo	m3	1742	13936
2	Instalación de tubería y accesorios	m3	6767	54136
3	Abastecimiento de agua potable - cisterna	m3	2989	23912
		Total	11498	91984

Cuadro N° 14: Resumen de Control de material (agua)

Para el agua se obtuvo una cantidad de **11498 m³** el cual se comparará con el material pensado a utilizar al comienzo de obra.

Autorizaciones

Esta actividad fue una de la más representativa en costos en comparación con lo pensado inicialmente, el cual se tenía en el presupuesto contractual; y es que cada tramo de trabajo requería diferentes pagos como por ejemplo a municipalidades, entidades de transporte, etc. los cuales no fueron tan tomados en cuenta en la realización del presupuesto contractual.

Para tener una idea de los pagos realizados para la obtención de las autorizaciones, se presenta a continuación una tabla resumen que indica el monto por tramo de trabajo solicitado.

CODIGO	CONCEPTO	IMPORTE
8811	Interferencia de Vías	S/. 68.69 por c/vía
8812	Inspección Ocular	S/ .103.09
8001	Trámite documentario	S/ .2.31

Cuadro N° 15: control de pagos por tramo de trabajo

Para cuantificar todos los tramos que requirieron autorizaciones de trabajos, se presenta en el anexo una relación de todos ellos; además a continuación se presenta un resumen de todos los pagos realizados referentes a la solicitud de autorizaciones.

Relación de Pagos	Importe (S/.)
A la GTU para poder presentar el expediente de la Av. Universitaria.	500
Pagos para la autorización de ejecución de obra en Área de uso Público (MUNICIPALIDAD DE LIMA)	23242.34
A la GTU para poder presentar el expediente correspondientes a las calles: Jr. Progreso, Pasaje San Martín, Ca. Cahuide, Ca. Casanave, Ca. Mirlos, Ca. Ciro Alegría.	1250
A la GTU en relación a la Ampliación de plazo de la Av. 3 de Octubre.	1210
A la GTU para poder presentar el expediente en relación a la Av. Puno.	1210
A la GTU para poder presentar el expediente correspondiente a la vía auxiliar de la Av. Universitaria tramo: Av. Belaunde-Av. Jamaica	1035
A la GTU para poder presentar el expediente correspondiente a la vía auxiliar de la Av. Universitaria en el tramo Jr. Aldana -Av. Mexico a la GTU.	280
A la GTU para presentar el expediente de la ampliación de la Av. 3 de Octubre.	310
A la GTU para presentar 4 expedientes	1080
A la GTU para presentar expedientes con relación a la av. 3 de Octubre y Av. Túpac Amaru.	800
A la GTU para presentar el expediente de la ampliación del Jr. Progreso y Ca. San Martín.	500
A la GTU para presentar el expediente en relación a la Av. Universitaria y la Av. Metropolitana	490
A la GTU para presentar expedientes de Av. Collique-Miraflores-Cpases-Aldana.	2700
A la GTU para presentar expediente con relación a la Av. Túpac Amaru desde Av. Cáceres hasta Av. Belaunde.	1050
A la GTU para presentar el expediente de la ampliación de la Av. Universitaria	660
A la GTU para presentar expediente de ampliación	520
A la GTU para presentar 5 expedientes de las ampliaciones de la Av. Túpac Amaru, Jr. Santa Rosa, Jr. Trinidad, Cámara de cierre C-1, Cámara Reductora de Presión P-3, Cámara que se encuentra en la Av. Collique.	1420
A la GTU para presentar el expediente referente a los trabajos en la Av. Jamaica	490
A la GTU para presentar el expediente de ampliación de la Av. Universitaria	525
A la GTU para presentar el expediente de ampliación de la Av. Universitaria desde Micaela Bastidas hasta Jamaica.	800
A la GTU para presentar el expediente en relación a los trabajos de Probongación Los Angeles.	730
A la GTU para presentar el expediente en relación a los trabajos en la Av. Sinchi Roca	560
A la GTU para presentar 2 expedientes	340
A la GTU para presentar el expediente de ampliación de plazo en la Túpac Amaru por la instalación de válvula de aire	180
A la GTU para presentar el expediente para la ampliación de la Cámara C-1	180
A la GTU para presentar expedientes (Av. Sangarara, Av. Belaunde, Cruce Av. Túpac Amaru)	700
A la GTU para presentar expedientes (Cámaras CRP-2 y CC-2) y Ampliación Av. Túpac Amaru desde Cáceres hasta Belaunde.	1080
A la GTU para presentar expediente de ampliación de la Av. Jamaica	660
A la GTU para presentar expediente solicitando la Autorización de la Av. Túpac Amaru desde Av. Belaunde hasta la Calle San Martín	420
A la GTU para pago al Municipio de San Martín de Porres para ingresar expediente referente a las Obras en San Diego	75
A la GTU para presentar expediente por ampliación de plazo de cámaras de válvulas	173
A la GTU para solicitar la ampliación de la Autorización de la Cámara C-1.	172
A la GTU para presentar el expediente de la Cámara 344.	172
A la GTU para presentar expediente correspondiente al cruce de la Av. Universitaria altura de la Calle Quñones.	70
A la GTU para presentar expediente con respecto a la Cámara de Cierre C-6.	172
A la GTU para ingresar el expediente correspondiente a los trabajos de la Av. Túpac Amaru desde la Ca. San Martín hasta la Av. Puno.	620
A la GTU para ingresar expediente en relación a las obras de alcantarillado en la Av. Alfonso Ugarte	241
A la GTU para ingresar el expediente referente a los trabajos en la Av. Miraflores.	516
A la GTU para ingresar el expediente de ampliación de la Cámara C-2.	241
A la GTU para ingresar expediente en relación al cruce de la Av. Túpac Amaru altura de la Calle Miguel Grau.	70
A la GTU para ingresar expediente (ampliación de la Av. Túpac Amaru , y permiso en la Av. Santa María Reyna en San Martín de Porres y Cámara CRP-5.	1168
Pago por derecho de trámite de Autorización de Ejecución de Obras para efectuar el pago al Municipio de San Martín de Porres .	148.8
A la GTU para presentar el expediente en relación al cruce de la Av. Belaunde a la altura de la Calle Danubio.	68.69
Pago para ingresar el expediente al Municipio de Comas donde solicitamos Autorización para la instalación de 4 postes de telecomunicaciones.	1520
A la GTU para ingresar expediente referente a los trabajos en la Calle Miguel Grau.	240.5
A la GTU para presentar el expediente de la Calle Fray Martín de Porres y el cruce de la Av. Belaunde	310
A la GTU para presentar el expediente con respecto a la ampliación de los trabajos en la Cámara CRP-5 en San Diego.	172
A la GTU para presentar el expediente con respecto a los trabajos en la Av. Túpac Amaru desde Ca. Morales hasta Ca. Montero.	69
A la GTU para presentar el expediente en relación a la ampliación de los trabajos en la Av. Túpac Amaru desde la Ca. Santa Rosa hasta la Av. Túpac Amaru.	516
A la GTU para presentar expediente con relación a la ampliación Av. Túpac Amaru	103
A la GTU para ingresar expediente para solicitar la ampliación de fecha para la Cámara 344 ABC.	172
A la GTU para ingresar el expediente correspondiente a la ampliación de la Cámara CRP-5 en San Diego.	172
A la GTU para presentar el expediente en relación a la ampliación de los trabajos en la Av. Túpac Amaru desde la Ca. Santa Rosa hasta la Av. Túpac Amaru.	516
A la GTU para presentar expediente por la ampliación de plazo de la Cámara 344ABC	172
A la GTU para presentar expediente solicitando ampliación de plazo de las Calles Cahuide, Casanave, Los Mirlos, Ciro Alegría	859
TOTAL	53651.33

Cuadro N° 16: cuadro de pagos efectuados por tramos de trabajo

Luego de realizar los controles de los tramos que requerían autorizaciones se obtuvo al final de la obra que el costo en autorizaciones ascendía a: **S/. 53651.33**.

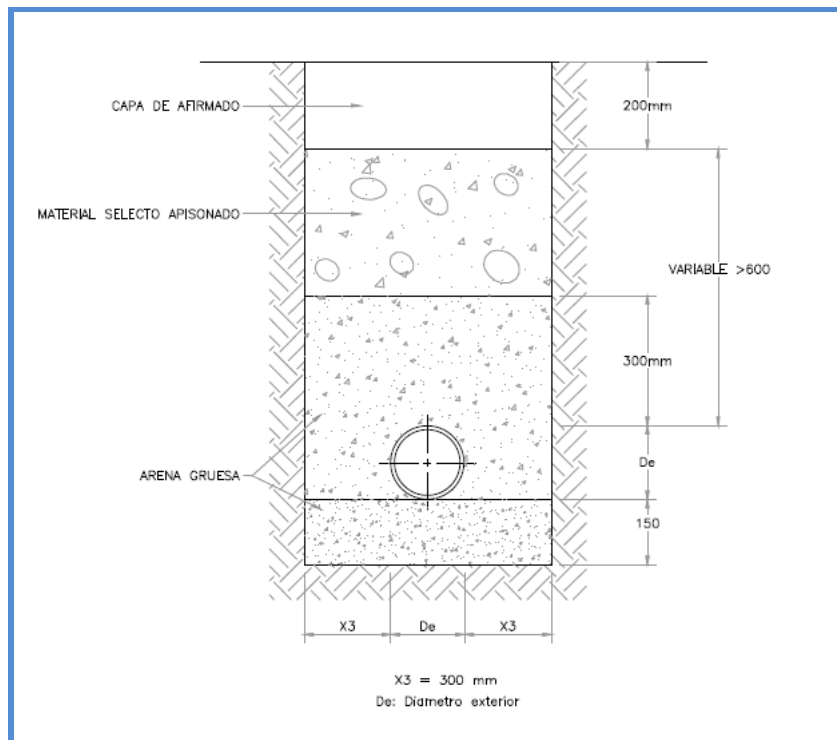
Este valor real se comparará líneas abajo con lo establecido en el presupuesto contractual.

5.2. Comparación de Valores Reales y Teóricos

A continuación se presenta una comparación hecha entre las cantidades de los principales materiales que influenciaron en los costos con referencia a los planteados al inicio de obra, los cuales ya se nombró anteriormente, además presentaré los cálculos establecidos para hallar la cantidad de material estimado y de acuerdo a esta comparación tendremos valores específicos que nos ayudará a ver mejor la diferencia.

Arena

Para este material se obtuvo la cantidad total antes del inicio de obra de la siguiente manera:



Cuadro N° 17: Gráfico de capas de relleno

Del gráfico obtenemos que la capa de arena está conformada por:

- Cama de arena: 0.15m
- Relleno lateral de tubería: D_e (Diámetro exterior de tubería)
- Relleno superior de tubería: 0.30m

Ahora el ancho de la zanja está conformada por:

- Espesor entre paredes y la tubería (recomendado): 0.30m
- Diámetro de tubería: D_e (Diámetro exterior de tubería)

Con estos datos se aplica las siguientes fórmulas:

Ancho de zanja

$$l \text{ (m)} = D + 0.30$$

Altura de Capa de Arena

$$H \text{ (m)} = 0.15 + D + 0.30$$

$$\text{Área de Arena total} = l \times H$$

Área de sección de tubería

$$A \text{ (m}^2\text{)} = \pi \times (D/2)^2$$

Área de sección de capa de arena

$$a \text{ (m}^2\text{)} = \text{Área de Arena} - \text{Área de sección de tubería}$$

Además:

D (m) = diámetro de tubería

L (m) = metrado de tubería del Proyecto

Por último, se obtiene el volumen:

$$V \text{ (m}^3\text{)} = a \times L$$

Con estas operaciones y conociendo los diámetro a utilizar y las longitudes de cada una de estas se obtuvo el siguiente cuadro, el cual nos dio un valor estimado del material a utilizar al inicio de obra.

Cantidad de Arena

D (mm)	D (m)	L (m)	l (m)	H (m)	lxH	A (m2)	a (m2)	V (m3)
1000	1	3383.6	1.6	1.45	2.32	0.785	1.535	5193.826
800	0.8	1322.4	1.4	1.25	1.75	0.5024	1.2476	1649.82624
700	0.7	1500.2	1.3	1.15	1.495	0.38465	1.11035	1665.74707
600	0.6	673.4	1.2	1.05	1.26	0.2826	0.9774	658.18116
500	0.5	1914.5	1.1	0.95	1.045	0.19625	0.84875	1624.93188
400	0.4	1279.9	1.0	0.85	0.85	0.1256	0.7244	927.15956
350	0.35	1643.97	1.0	0.8	0.76	0.0961625	0.6638375	1091.32893
300	0.3	8354.88	0.9	0.75	0.675	0.07065	0.60435	5049.27173
250	0.25	406.08	0.9	0.7	0.595	0.0490625	0.5459375	221.6943
200	0.2	1457.81	0.8	0.65	0.52	0.0314	0.4886	712.285966
150	0.15	772.97	0.8	0.6	0.45	0.0176625	0.4323375	334.183917
100	0.1	30	0.7	0.55	0.385	0.00785	0.37715	11.3145
							total	19139.75

Cuadro N° 18: cantidad de arena (m³)

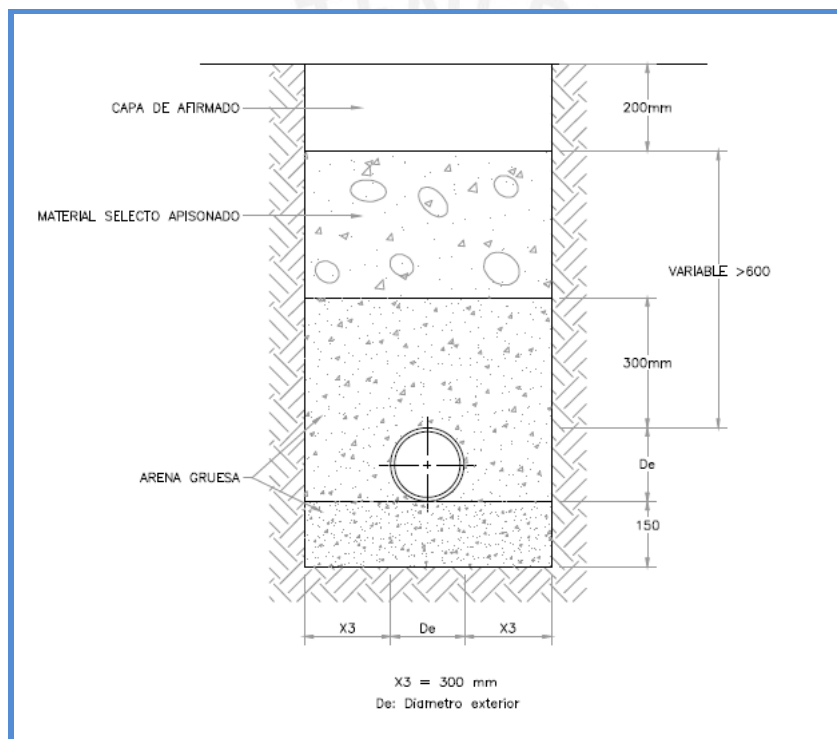
Sin embargo, como ya lo mencioné luego de realizar los controles del material presentado se obtuvo al final de la obra el total de material empleado para la instalación de tuberías de agua potable.

Para la arena se obtuvo una cantidad total de **25938.49 m³**, entonces se puede ver relativamente un exceso del material utilizado con respecto al pensado, este valor asciende a un 36% que no es nada despreciable para temas de costos y por los volúmenes los cuales representa.

Se puede añadir que durante el transcurso del tiempo que duró la ejecución de la obra también los precios de los materiales ascendieron en pequeñas escalas pero para los volúmenes utilizados si son motivos a tomar en cuenta, por ende siempre se buscó proveedores con precios bajos y relativamente uniformes durante todo el periodo de trabajos.

Afirmado

Para este material se obtuvo la cantidad total antes del inicio de obra de la siguiente manera:



Cuadro N° 19: Gráfico de capas de relleno

Del gráfico obtenemos que la capa de afirmado está conformada por:

- Capa de afirmado: 0.20m

Ahora el ancho de la zanja está conformada por:

- Espesor entre paredes y la tubería (recomendado): 0.30m
- Diámetro de tubería: De (Diámetro exterior de tubería)

Con estos datos se aplica las siguientes fórmulas:

Ancho de zanja

$$l (m) = D + 0.30$$

Altura de Capa de Afirmado

$$h (m) = 0.15 + 0.20$$

Además:

D (m) = diámetro de tubería

L (m) = metrado de tubería del Proyecto

Por último, se obtiene el volumen:

$$V (m^3) = l \times h \times L$$

Con estas operaciones y conociendo los diámetro a utilizar y las longitudes de cada una de estas se obtuvo el siguiente cuadro, el cual nos dio un valor estimado del material a utilizar al inicio de obra.

Cantidad de afirmado					
D (mm)	D (m)	L (m)	l (m)	h (m)	V (m3)
1000	1	3383.6	1.6	0.2	1082.752
800	0.8	1322.4	1.4	0.2	370.272
700	0.7	1500.2	1.3	0.2	390.052
600	0.6	673.4	1.2	0.2	161.616
500	0.5	1914.5	1.1	0.2	421.19
400	0.4	1279.9	1	0.2	255.98
350	0.35	1643.97	1	0.2	328.794
300	0.3	8354.88	0.9	0.2	1503.8784
250	0.25	406.08	0.9	0.2	73.0944
200	0.2	1457.81	0.8	0.2	233.2496
150	0.15	772.97	0.8	0.2	123.6752
100	0.1	30	0.7	0.2	4.2
total					4948.7536

Cuadro N° 20: cantidad de afirmado (m³)

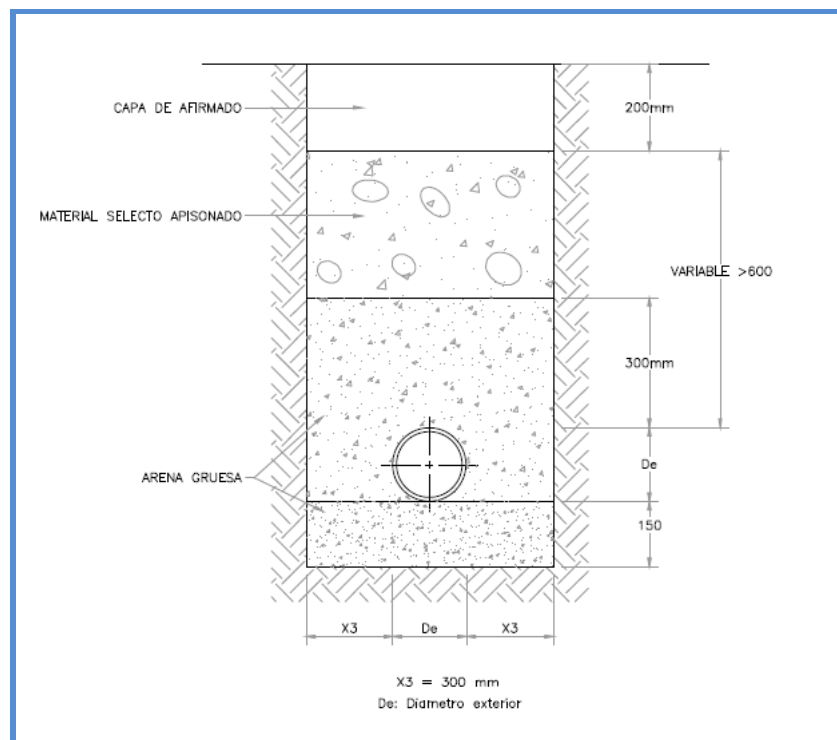
Sin embargo, como ya lo mencioné luego de realizar los controles del material presentado se obtuvo al final de la obra el total de material empleado para la instalación de tuberías de agua potable.

Para el afirmado se obtuvo una cantidad total de **8290.3 m³**, entonces se puede ver un exceso del material utilizado con respecto al pensado, este valor asciende a un 68% el cual fue una cifra alarmante para temas de costos y por los volúmenes los cuales representa.

En el caso de este material no se pudo hacer mucho, ya que una de las posibles causas de incremento de material se dio por la excesiva compactación que se le dio a esta última capa, la cual tenía que pasar por rigurosas pruebas de compactación, además, cabe resaltar que debido al daño del pavimento aledaño a la zanja muchas veces había que repararlo empezando desde su base el cual fue la capa de afirmado para luego colocar la capa asfáltica.

Asfalto

Para este material se obtuvo la cantidad total antes del inicio de obra de la siguiente manera:



Cuadro N° 21: Gráfico de capas de relleno

ESPEORES MÍNIMOS DE CAPAS (m)

Tipo de pavimento seleccionado	Base	Capa de rodadura
Pavimento rígido (concreto)	0.30	0.20
Pavimento flexible (asfalto)	0.20	0.055
Pavimento mixto (concreto +asfalto)	0.20	0.15+0.055

Cuadro N° 22: espesores de pavimentación

Del gráfico y de la tabla mostrada obtenemos que la capa de asfalto está conformada por:

- Capa de rodadura (asfalto): 0.05m

Ahora el ancho de la zanja está conformada por:

- Espesor entre paredes y la tubería (recomendado): 0.30m
- Diámetro de tubería: De (Diámetro exterior de tubería)

Con estos datos se aplica las siguientes fórmulas:

Ancho de zanja

$$l \text{ (m)} = D + 0.30$$

Altura de Capa de Asfalto

$$h \text{ (m)} = 0.05$$

Además:

D (m) = diámetro de tubería

L (m) = metrado de tubería del Proyecto

Por último, se obtiene el volumen:

$$V \text{ (m}^3\text{)} = l \times h \times L$$

Con estas operaciones y conociendo los diámetro a utilizar y las longitudes de cada una de estas se obtuvo el siguiente cuadro, el cual nos dio un valor estimado del material a utilizar al inicio de obra.

Cantidad de asfalto						
D (mm)	D (m)	L (m)	l (m)	h (m)	V (m3)	
1000	1	3383.6	1.6	0.05	270.688	
800	0.8	1322.4	1.4	0.05	92.568	
700	0.7	1500.2	1.3	0.05	97.513	
600	0.6	673.4	1.2	0.05	40.404	
500	0.5	1914.5	1.1	0.05	105.2975	
400	0.4	1279.9	1	0.05	63.995	
350	0.35	1643.97	1	0.05	82.1985	
300	0.3	8354.88	0.9	0.05	375.9696	
250	0.25	406.08	0.9	0.05	18.2736	
200	0.2	1457.81	0.8	0.05	58.3124	
150	0.15	772.97	0.8	0.05	30.9188	
100	0.1	30	0.7	0.05	1.05	
				total	1237.1884	

Cuadro N° 23: cantidad de material (asfalto)

Sin embargo, como ya lo mencioné luego de realizar los controles del material presentado se obtuvo al final de la obra el total de material empleado para la instalación de tuberías de agua potable.

Para el asfalto se obtuvo una cantidad total de **1800 m³**, entonces se puede ver un exceso del material utilizado con respecto al pensado, este valor asciende a un 45.5% el cual fue una cifra considerable para temas de costos y por los volúmenes los cuales representa.

Agua

El agua es un material, como ya lo mencioné, que estuvo presente en varias actividades de la instalación de tuberías de agua potable; sin embargo, para obtener los valores teóricos para la comparación con el real se tuvo que examinar y hacer uso de los APU (análisis de precios unitarios) hechos para el presupuesto contractual.

Por esta razón se realizó el siguiente procedimiento para calcular el valor teórico del material en discusión.

1. Identificación de Partidas de instalación de tuberías de agua potable por diámetro en presupuesto contractual

Ejemplo: Tubería de Diámetro 300 mm

ITEM	Descripcion	Und	Metrado
02.03.03.12	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TSR Ø 300 MM	m	912.91
02.03.03.18	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 3.00<H<=4.00 - TSR Ø 300 MM	m	153.03
02.03.03.23	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - H<=2.00 - TR Ø 300 MM	m	409.47
02.03.03.27	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TR Ø 300 MM	m	1,277.48
02.03.03.31	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 3.00<H<=4.00 - TR Ø 300 MM	m	76.56
03.03.03.02	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - H<=2.00 - TN Ø 300 MM	m	1,688.22
03.03.03.06	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TN Ø 300 MM	m	3,255.94
03.03.03.16	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TN SAT. - Ø 300 MM	m	255.02
03.03.03.17	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 3.00<H<=4.00 - TN SAT. - Ø 300 MM	m	284.85
03.03.03.20	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - H<=2.00 - TR Ø 300 MM	m	63.41
03.03.03.21	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TR Ø 300 MM	m	3.85

2. APU de cada partida e identificación de actividades donde hay uso del material agua

Ejemplo: APU de partida 02.03.03.12

Partida	02.03.03.12 INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TSR Ø 300 MM					
Rendimiento	m/DIA	MO. 100.0000	EQ. 100.0000	Costo unitario directo por : m	449.56	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Subpartidas						
0201010101	ACARREO DE MATERIAL PROPIO C/ EQUIPO	m3		1.2610	21.17	26.70
0201010102	ANCLAJE DE ACCESORIOS Ø 300 MM	und		0.0227	543.42	12.34
0201010141	INSTALACIÓN DE TUBERIA DE HFD Ø 300 MM	m		1.0000	25.82	25.82
0201010170	COLOCACIÓN DE MANGAS DE POLIETILENO Ø 300 MM	m		1.0000	6.12	6.12
0201010208	ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE	m3		2.6010	20.83	54.18
0201010218	ENTIBADO DE ZANJA	m2		2.9000	8.30	24.07
0201010245	LIMPIEZA INTERNA DE TUBERIA Ø 300 MM	m		1.0000	1.79	1.79
0201010270	PREPARADO, MEZCLADO Y CARGIO DE MATERIAL	m3		1.2610	5.54	6.99
0201010276	PRUEBA HIDRAULICA DE AP. Ø 300 MM	m		1.0000	5.53	5.53
0201010288	REFINE Y NIVELACIÓN EN TERRENO SEMI ROCOSO	m2		0.8000	3.21	2.57
0201010290	RELLENO COMPACTADO C/ARENA (CAMA)	m3		0.1040	42.16	4.38
0201010294	RELLENO COMPACTADO C/MATERIAL PROPIO	m3		1.2610	23.89	30.13
0201010308	REPARACIONES DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO	und		0.0124	700.44	8.69
0201010309	ASEGURAMIENTO DE TUBERIAS EXISTENTES	und		0.0004	1,171.71	0.47
0201010322	TRANSPORTE DE TUBERIA	kg		61.0000	0.08	4.88
0201010338	RELLENO COMPACTADO C/MATERIAL SELECTO	m3		0.4240	45.53	19.30
0201010343	EXCAVACIÓN C/EQUIPO EN TERRENO SEM ROCOSO	m3		2.3800	90.59	215.60
						449.56

3. Obtención de cantidad de material (agua) por cada actividad para todo los tipos de terreno:

- TSR: Terreno Semi-rocoso
- TR: Terreno rocoso
- TN: Terreno normal
- TN (SAT): Terreno normal saturado

Ejemplo: actividades de partida 02.03.03.12

		agua en 1 m3 de relleno(m3)	relleno en 1m de tubería 300 mm	Agua en 1m de tubería de 300mm
12	TSR			
		(020101010290) RELLENO COMPACTADO C/ARENA (CAMA)	0.2	0.1040
		(020101010294) RELLENO COMPACTADO C/MATERIAL PROPIO	0.07	1.2610
		(020101010338) RELLENO COMPACTADO C/MATERIAL SELECTO	0.1876	0.4240
				0.0208
				0.08827
				0.0795424
			total	0.1886124
23	TR			
		(010103010281) RELLENO COMPACTADO C/MATERIAL DE PRESTAMO	0.07	0.476
		(020101010290) RELLENO COMPACTADO C/ARENA (CAMA)	0.2	0.091
		(020101010338) RELLENO COMPACTADO C/MATERIAL SELECTO	0.1876	0.361
				0.03332
				0.0182
				0.0677236
			total	0.1192436
2	TN			
		(020101010284) REFINE Y NIVELACIÓN DE TERRENO	0.005	0.8
		(020101010290) RELLENO COMPACTADO C/ARENA (CAMA)	0.2	0.104
		(020101010294) RELLENO COMPACTADO C/MATERIAL PROPIO	0.07	0.74
		(020101010338) RELLENO COMPACTADO C/MATERIAL SELECTO	0.1876	0.424
				0.004
				0.0208
				0.0518
				0.0795424
			total	0.1561424
16	TN(SAT)			
		(020101010284) REFINE Y NIVELACIÓN DE TERRENO	0.005	0.8
		(020101010294) RELLENO COMPACTADO C/MATERIAL PROPIO	0.07	1.236
				0.004
				0.08652
			total	0.09052

4. Obtención de cantidad de material para cada diámetro de tubería instalado en obra.

Ejemplo: Tubería de Diámetro 300 mm

ITEM	Descripcion	Und	Metrado	Agua en 1m de tubería de 300mm	(m3)
02.03.03.12	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TSR Ø 300 MM	m	912.91	0.1886124	172.186146
02.03.03.18	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 3.00<H<=4.00 - TSR Ø 300 MM	m	153.03	0.2453824	37.5508687
02.03.03.23	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - H<=2.00 - TR Ø 300 MM	m	409.47	0.1192436	48.8266769
02.03.03.27	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TR Ø 300 MM	m	1,277.48	0.1528436	195.254642
02.03.03.31	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 3.00<H<=4.00 - TR Ø 300 MM	m	76.56	0.2674324	20.4746245
03.03.03.02	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - H<=2.00 - TN Ø 300 MM	m	1,688.22	0.1561424	263.602723
03.03.03.06	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TN Ø 300 MM	m	3,255.94	0.2075224	675.680483
03.03.03.16	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TN SAT. - Ø 300 MM	m	255.02	0.09052	23.0844104
03.03.03.17	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 3.00<H<=4.00 - TN SAT. - Ø 300 MM	m	284.85	0.17109	48.7349865
03.03.03.20	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - H<=2.00 - TR Ø 300 MM	m	63.41	0.1192436	7.56123668
03.03.03.21	INSTALACION DE TUBERIA DE AP - HFD - 2.00<H<=3.00 - TR Ø 300 MM	m	3.85	0.1528436	0.58844786
				total	1493.54525

Con el procedimiento anterior se repite para cada uno de los diámetros establecidos en la propuesta económica y se obtiene la cantidad total del agua como se presenta a continuación en una tabla resumen por diámetro de tubería a instalarse.

DN	(m3)
1000	1510.311164
800	481.5585792
700	442.4164599
600	189.6950377
500	536.5211105
400	266.4402692
350	372.9980732
300	1493.545245
250	74.76228733
200	203.024239
150	86.4007899
Total	5657.67

Cuadro N° 24: Cantidad Teórica de agua a utilizarse

Luego de realizar los controles del material presentado se obtuvo al final de la obra el total de material empleado para la instalación de tuberías de agua potable.

Item	Descripción	unidad	cantidad	Parcial (s/.)
1	Agua para levantamiento de polvo	m3	1742	13936
2	Instalación de tubería y accesorios	m3	6767	54136
3	Abastecimiento de agua potable - cisterna	m3	2989	23912
	Total		11498	91984

Cuadro N° 25: Resumen de Control de material

Para el agua se obtuvo una cantidad de **11498 m³** el cual representa el 103.2% de más lo cual es una cantidad excesiva para los volúmenes presentados.

Autorizaciones:

Para establecer un valor teórico dentro de un presupuesto correspondiente a las solicitudes de autorizaciones de trabajos en la vía pública y a todos los gastos los cuales influye, no es ciencia cierta más bien es una consecuencia de la experiencia de obras anteriores de los cuales nos dan parámetros para obtener un valor aproximado.

Para obtener el valor teórico nos centramos en la siguiente sub partida correspondiente a la partida Obras preliminares y provisionales, el cual es Mantenimiento de Transito.

Item	Descripción	Un	Metra	P. Unit	Parcial
01	OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES				4,089,323.19
01.01	CAMPAMENTO PROVISIONAL DE OBRA	glb	1.00	1,566,182.96	1,566,182.96
01.02	CARTELES DE IDENTIFICACION DE OBRA				21,372.16
01.02.01	CARTEL DE IDENTIFICACION DE 7.20 X 3.60 MT	und	2.00	5,901.54	11,803.08
01.02.02	CARTEL DE IDENTIFICACION DE 3.60 X 2.40 MT	und	4.00	2,392.27	9,569.08
01.03	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	364,440.00	364,440.00
01.04	TRAZO Y REPLANTEO DE OBRA	glb	1.00	1,136,452.55	1,136,452.55
01.05	MANTENIMIENTO DE TRANSITO	glb	1.00	681,438.02	681,438.02
01.06	SUMINISTROS DE AGUA POTABLE A LA POBLACION	cist-vje	1,250.00	255.55	319,437.50

A su vez, haciendo un analisis de la sub partida de mantenimiento de transito se obtiene el valor considerado para la gestion de solicitudes de autorizaciones para los trabajos, el cual se muestra en el cuadro siguiente.

Partida	01.05 MANTENIMIENTO DE TRANSITO					
Rendimiento	gib/DIA	MO.	EQ.	Costo unitario directo por : gib		681,438.02
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010004	OPERARIO	hh		4,320.0000	14.58	62,985.60
0101010008	PEON	hh		17,280.0000	11.59	200,275.20
Materiales						
0211010010	MANTENIMIENTO DE TRANSITO - MATERIAL CONSUMIBLE	mes		18.0000	300.00	5,400.00
Equipos						
0302070001	BANDERIN	und		72.0000	12.00	864.00
0302070003	CINTA AMARILLA SEÑALIZADORA	kg		2,000.0000	3.59	7,180.00
0302070005	CINTAS REFLECTIVAS 4"	m		1,000.0000	8.40	8,400.00
0302070006	CIRCULINAS	und		20.0000	160.00	3,200.00
0302070013	MALLA DE SEGURIDAD PEAD	rlf		360.0000	30.19	10,868.40
0302070015	PARANTE	und		3,600.0000	10.00	36,000.00
0302070016	PLANCHA ACERO 1.22M X 2.40M X 25MM	pln		24.0000	2,250.00	54,000.00
0302070017	PUENTE PEATONAL - METALICO	uso		36.0000	1,200.00	43,200.00
0302070025	TRANQUERA DE MADERA	und		72.0000	58.50	4,212.00
0303020004	CAMION GRUA	hm		260.0000	151.75	39,455.00
0303020012	CAMION BARANDA	mes		13.0000	6,600.00	85,800.00
0304010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000%	263,260.80	7,897.82
Subcontratos						
405030009	S.C. ELABORACION DE ESTUDIO DE TRANSITO	gib		1.0000	25,000.00	25,000.00
0405030010	S.C. SEÑALES PREVENTIVAS	und		100.0000	387.00	38,700.00
0405030011	S.C. SEPARADOR DE CONCRETO 1.20 X 0.60 MT	und		200.0000	240.00	48,000.00
						111,700.00

Como se me indicó el valor tomado para los gastos de solicitud de autorización de trabajos es el correspondiente a la elaboración de estudio de transito que se resalta en el cuadro anterior, de ahí vemos que la suma asciende al valor de **25000 soles**.

Ahora bien, comparándolo con el valor real de la obra que se obtuvo: **S/. 53651.33** vemos que existe un exceso del 114.6 % lo cual resulta excesivo.

Factores que afectan y mejoran los costos en la instalación de tubería de HFD

5.3. Factores que afectan los costos en la instalación de tubería de HFD

Luego del análisis realizado anteriormente, se puede distinguir factores que generan un mayor costo que el pensado al inicio de obra y estos nos ayudan a tener más experiencia para tener precaución en las futuras propuestas económicas de obras de tendido de tuberías y abastecimiento de agua potable.

Tiempo

El principal factor que influye en los costos es el tiempo perdido ya que dentro de la planificación de la obra, existen recursos que si no generan producción generan pérdidas. Por ejemplo dentro de estos recursos tenemos la mano de obra, las máquinas y equipos que si no son empleados para los trabajos estos generan gastos innecesarios.

Esto se pudo apreciar, sobre todo cuando hubo paralización de trabajos en un tramo determinado debido a la falta de tuberías, accesorios o simplemente no contar con las autorizaciones pertinentes; sin embargo, se trató de buscar actividades durante la paralización para justificar los trabajos de los trabajadores.

En consecuencia todas las actividades ya analizadas en las cuales se evidencian los tiempos prolongados generan un mayor costo ya que involucra a las horas trabajadas de los trabajadores y a las horas máquinas de los equipos y maquinarias empleados.

Trabajos adicionales

Los trabajos adicionales se refieren a las actividades no correspondientes al contrato original sino que se dan durante el proceso constructivo de la instalación de tuberías.

Dentro de los trabajos adicionales se pueden mencionar:

Reparaciones de estructuras existentes:

Como su nombre lo dice, se refiere a las actividades que involucran la reparación de estructuras existentes que fueron dañadas sin intención, por falta de cuidado o por no tener información en los planos; al hablar de estructuras existentes nos referimos a las tuberías existentes de agua o desagüe, también a los ductos de cables como teléfonos, etc. Los cuales en alguna oportunidad fueron dañados generando así un trabajo de reparación que involucra horas de trabajo y paralización de la excavación.

Estas reparaciones a su vez generan un costo adicional que involucra materiales, mano de obra, máquina y equipos.

Reparaciones para habilitaciones de planes de desvío

Como se explicó en la parte de la solicitud de autorizaciones para los tramos de trabajo, uno de los requisitos para la autorización es precisamente el elaborar los planes de desvíos los cuales son plasmados en planos y luego ejecutados en campo durante los trabajos de instalación de tuberías de agua potable.

Sin embargo, estos desvíos en algunas oportunidades eran favorecidos más que nada al transporte público como es el metropolitano, por ende se generó trabajos de habilitación de desvíos como por ejemplo parchado de huecos en pavimentos, pintado

de señalizaciones en pistas y veredas, habilitación de paraderos provisionales durante los desvíos, construcción de accesos de vías auxiliares a vías principales para un mejor desplazamiento de estas unidades públicas.

Todas estas actividades mencionadas involucraron tiempo y costos adicionales, volviéndose un proceso cotidiano al momento de pedir las autorizaciones.

Excavación

Una de las actividades influyentes para los costos fue la excavación ya que dependiendo del tipo de terreno significó muchas veces un prolongado tiempo para esta actividad que como ya mencionamos genera gastos; además, la excavación como ya vimos involucra muchas veces un mayor uso de materiales de relleno como ya lo analizamos anteriormente.

Como se mencionó, se trató de controlar los materiales de relleno utilizando cucharas para las excavadoras de longitudes pertinentes para cada ancho de excavación; sin embargo, vimos un gasto innecesario al tratar de conseguir las diversas medidas de cucharas que en parte eran para tramos pequeños y que además después de observar los procedimientos vimos que era imposible controlar el ancho de zanja debido a que las condiciones de terreno predominaban sobre todo en los terrenos rocosos y semirocosos donde era inevitable el desprendimiento de las paredes verticales de la zanja.

Relleno y Compactación

Esta actividad involucra todo el material utilizado como la arena y el afirmado que fueron proporcionados por proveedores durante todo el tiempo que duro la obra; es lógico decir que a causa de los continuos problemas de control de los anchos de zanja, se obtuvo que incrementar el uso de los materiales mencionados, generando así un mayor costo del que se pensó antes del inicio de obra.

Sin embargo, sin un oportuno control de materiales pudo incrementarse aún más estas cifras dando costos que tal vez generen perdidas en las partidas de instalación de tuberías; por ende es importante supervisar los procesos constructivos y llevar un control del uso del material.

5.4. Factores que mejoran los costos en la instalación de tubería de HFD

Al referirme a factores que mejoran los costos en la instalación de tubería de HFD, me centro en la actividades que reducen los costos dando un ahorro importante ya sea en material, tiempo de trabajo, etc.

Replanteo de planos

Con el replanteo de planos que ya se explicó anteriormente se realizó nuevos trazos para evitar las tuberías existentes u obstáculos que interferían con el tendido de tuberías del proyecto, esto a su vez nos ayudó a reducir el trazo del tendido de tuberías respecto al proyecto original como se muestra en el anexo.

Por consiguiente, al reducir el trazo esto influye reducir material (tuberías y accesorios), reducir horas trabajadas y horas pagadas por maquinaria; con los cuales se obtiene un ahorro importante.

CAPITULO 6: RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

El aumento de población a gran escala en los alrededores de Lima Metropolitana, en los últimos años, causa muchas veces que dichos ciudadanos vivan en zonas alejadas y que, además, no cuenten con los servicios básicos como son el agua potable y alcantarillado. Sin embargo, estos últimos años se ha puesto énfasis en muchas obras de abastecimiento de agua potable y alcantarillado, las cuales son propuestas por SEDAPAL. De ahí que se concluye la relevancia e importancia del tema de Tesis aquí tratado, el que desarrolla temas de construcción a partir de un Proyecto de interés social.

Después de desarrollar este tema de tesis podemos concluir que los Proyectos de abastecimiento de agua potable y alcantarillado propuestos por SEDAPAL, para abastecer las zonas alejadas, son puestos a concursos públicos tanto para empresas nacionales e internacionales; estas presentan sus propuestas económicas de acuerdo a las experiencias de cada empresa en este rubro de la construcción; sin embargo, muchas veces no existe una visión real de los obstáculos o puntos críticos presentados en este tema de Tesis que puedan servir como guía para la elaboración de la propuesta económica y no tener pérdidas que perjudiquen a la empresa a la hora de ejecutar las obras.

Es importante señalar, gracias a la continua participación en concursos de proyectos similares al tema de Tesis, que las propuestas económicas son presentadas muchas veces sin tener criterios reales y solo se basan en programas de software, los cuales no son tan confiables; esto se pudo apreciar en los resultados para la realización de un nuevo proyecto en el cual las propuestas económicas se diferenciaban unas de otras entre las empresas participantes; la diferencia muchas veces fue extensa, pero para propósitos de SEDAPAL se escogía las más económicas lo cual favorecía a las empresas que proponían un menor costo. Sin embargo, muchas veces por el afán de ganar una licitación se ajusta todo los gastos y muchas veces no se toman en consideración las actividades más influyentes que fueron presentados en este Tema de Tesis que a la larga del proyecto termina ocasionando perdidas a la empresa ejecutora del proyecto y hasta tal punto de incumplir con el periodo propuesto al inicio o simplemente dejando inconcluso los proyectos.

Con relación al proyecto ejecutado, al tratarse de un Contrato “a precios unitarios”, si fue posible crear nuevas partidas o eliminar partidas existentes; pero siempre fue

indispensable la sustentación de estas adiciones o deducciones, las cuales se basaron en la experiencia de campo para poder re-estructurar partidas. Este tipo de contrato se basa en el precio de una serie de unidades (presentadas en el presupuesto) de obra, y que no se asegura la ejecución del total de cantidad de cada unidad, ni siquiera la ejecución de todas las unidades del Contrato. Por ende se debe realizar los cálculos de costo de cada unidad independientemente y evaluar aproximadamente el valor global de las obras, para repartir gastos proporcionales al volumen de la obra.

De acuerdo a las experiencias vividas durante la realización de todo el Proyecto presentado en este Tema de Tesis, se recomienda no solo tener un dominio en el uso de software como son el S10 u el MS Project, sino más bien relacionarlos con los datos reales (de campo) que ayudan a optimizar el uso de estos programas para llevar un mejor control de obras futuras.

Con la secuencia de procedimientos constructivos para la instalación de tuberías de agua potable (HFD) desarrollada en el Capítulo 3, podemos obtener una visión real y familiarizarnos con este tipo de proyectos, que muchas veces es ajeno a nuestro conocimiento ya que como ingenieros civiles nos centramos, a veces, en obras de edificación.

Después de conocer las actividades que involucran los procedimientos constructivos, y con base en la experiencia de los profesionales a cargo del proyecto, se hizo un análisis de las principales actividades que generan obstáculos o puntos críticos que influyen en la obtención de una productividad mayor de trabajo y la disminución de costos para lograr mayores utilidades para la empresa constructora.

No es el propósito del presente Trabajo de Tesis dar soluciones a los obstáculos o puntos críticos evaluados que influyen en una productividad mayor de trabajo y la disminución de costos para lograr mayores utilidades; esto se debe a que cada proyecto puede tener similitudes pero nunca son iguales; por tanto no siempre, en un proyecto se logra observar todas las eventualidades que pueden pasar; sin embargo, se trató de abarcar gran parte de todas las actividades involucradas en el proceso constructivo y así tener una idea general y dar recomendaciones o actividades que nos sirvieron para poder superar o controlar los factores que influyen negativamente en el proyecto.

Es el propósito del presente Tema de Tesis que el análisis y la evaluación hecho a las actividades involucradas dentro del proceso constructivo sirvan de referencias futuras

para obras similares a todo nivel (personas con ninguna, poca o mucha experiencia en obras de abastecimiento de agua potable); a su vez, para estos análisis se consideró dos aspectos importantes dentro de la ejecución de una obra, como son, el hecho de tener mayor producción y reducir los costos.

En el Capítulo 4: Productividad, luego de definir el concepto de esta palabra se hizo énfasis en datos reales de la obra ejecutada para poder sustentar el análisis que se dio en el capítulo anterior, además, se explicó cómo llevar un control de los trabajos realizados dentro del campo que se ven reflejados en la producción ya sea diaria, semanal o mensual. Cabe mencionar que estos rendimientos pueden ser utilizados en nuevos proyectos donde las características de entorno sean similares a las vistas en el proyecto ejecutado.

En este mismo capítulo se presentan, a manera de resumen, los factores que influyen negativamente en la producción de trabajos, siendo las más enfatizadas las actividades que nos retrasaron el cronograma establecido al principio de obra, como fueron la falta de accesorios y tuberías para la instalación de las mismas; además, la obtención de las autorizaciones de trabajos en la vía pública también fue un factor importante en el retraso; sin embargo, estos dos factores fueron, en cierta parte, ajenos a nuestra responsabilidad ya que los proveedores de los materiales a instalar tuvieron problemas logísticos de importación de material y en el caso de las autorizaciones se dependía de las instituciones pertinentes, las cuales gestionaban y tenían sus propias políticas de tiempo de aprobación de trabajos en la vía pública.

A diferencia de lo descrito anteriormente, fue de nuestra responsabilidad tratar de mejorar los sistemas de trabajos para generar una mayor producción en todas las actividades que comprometían algunos pequeños retrasos; por ende, en este capítulo también se mencionan acciones que se tomaron en campo para mejorar la producción, lo que puede ser tomado a manera de recomendaciones.

En el Capítulo 5: Costos, se incluyó la medición de los materiales más influyentes dentro del proceso constructivo como son: arena, afirmado, asfalto y agua; además de los pagos hechos por derecho a las autorizaciones de los tramos de trabajo porque se pensó que estos costos se diferenciaban de los valores teóricos pensados al inicio de obra; y que sino hubiesen sido controlados, hubieron causado pérdidas para la empresa. Los resultados aquí obtenidos se consideran un aporte importante para el área de construcción por la seriedad empleada en la ejecución de esta tarea y es el propósito del presente Trabajo de Tesis que estos valores sirvan de referencias futuras

en obras de instalación de tuberías de agua potable que tengan condiciones similares a las de esta obra.

Algunos de los objetivos comunes que se buscan al término de una obra son haberla concluido en plazo menor al contractual y a un costo menor. De ahí que surge la importancia de fijar y utilizar herramientas de control de obra que nos permitan la consecución de estas condicionantes. Cabe resaltar que de acuerdo al control hecho para un determinado mes, se trataba de mejorar al siguiente mes; por ende, no debe perderse la perspectiva original que estas herramientas miden el comportamiento de la obra a través de un avance y costos “proyectado” y se comparan contra uno “real”, actualizándose únicamente los valores del presente mes y volviendo a proyectarse los valores de los meses siguientes.

Luego del planeamiento de obra que se estableció al inicio de los trabajos, junto con el proceso constructivo seguido y el control de obra llevado a cabo con una periodicidad mensual, llegamos a la conclusión que la aplicación de todos estos pasos nos asegurará, de no mediar agentes extremos perjudiciales, como es el caso de las paralizaciones de obra, el término de los trabajos en el plazo establecido y dentro de los costos fijados en el Plan Técnico, documento que representa el compromiso del equipo de obra con la Gerencia de la Empresa.

Por último, a manera de recomendación, para futuras obras en general debe haber una participación integrada de los distintos profesionales participantes en un proyecto desde su inicio, ya que genera trabajo en equipo, trayendo como consecuencia un respeto mutuo de las distintas especialidades y un mayor conocimiento de las actividades de las partes.

A esto podemos mencionar la constructibilidad del proyecto como el uso óptimo del conocimiento y experiencia de construcción en la planificación, diseño, adquisiciones y manejo de operaciones de construcción.

BIBLIOGRAFIA

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones, Título III, 1ra Edición, 2005, Perú.

Presidencia del Consejo de Ministros, Reglamento de Habilitación y Construcción Urbana Especial, Decreto Supremo N° 053-98-PCM, 1998, Perú.

Presidencia del Consejo de Ministros, Reglamento de la Ley de Contrataciones y Adquisiciones del Estado, Decreto Supremo N° 084-2004-PCM, Artículo 258, 2004, Perú.

Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI), X Censo Nacional de Población y V de Vivienda, 2005, Perú. Disponible en la Web en: www.inei.gob.pe

GHIO CASTILLO, Virgilio, Productividad en Obras de Construcción Diagnóstico, Crítica y Propuesta, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2000, Perú. 193 páginas.

Especificaciones técnicas para la ejecución de obras de SEDAPAL – 1999.

Fuente propia; experiencia y fotos de obra de trabajos realizados en el Proyecto de Optimización del Suministro de Agua Potable y Alcantarillado Lima Norte (I) – LOTE 1, OBRAS GENERALES DE AGUA POTABLE (82 millones de nuevos soles).

Grillo, Alejandro. “Proyecto Calibre 21: Medición de productividad en tiempo real”. Revista BIT, N°29, 2003.

Majluf, Viviana. “Aumentos de producción en la construcción: muere el mito, triunfa la realidad”. Revista BIT, N°27, 2002.

Martínez, L. & Serpell, A. “Recomendaciones para aumentar la productividad en la construcción” Revista Ingeniería de Construcción, N°8, pp. 1-14, 1990.

Serpell, Alfredo. “Productividad en la construcción”. Revista Ingeniería de Construcción N°1, pp. 53-59, 1986.