

**AUXILIAR DE INGENIERÍA COMO APOYO A LA SUBGERENCIA TECNICA  
OPERATIVA DE LA SOCIEDAD ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE  
POPAYAN - S.A E.S.P”**



**POR:**

**SAUL ARANDA**

**CODIGO 04031225**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA  
POPAYÁN OCTUBRE DE 2017**

**INFORME FINAL**

**CONSTRUCCIÓN OBRAS DE AMPLIACION Y/O REPOSICION DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO TRANSVERSAL 9ª NORTE ENTRE CARRERA 9ª Y LA VARIANTE PANAMERICANA MUNICIPIO DE POPAYÁN.**



**PRESENTADO POR:**

**SAUL ARANDA  
CODIGO 04031225**

**PRÁCTICA PROFESIONAL – PASANTIA**

**PRESENTADO ANTE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA COMO REQUISITO  
PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**DIRECTOR**

**M.Sc. CARLOS ARMANDO GALLARDO BARRERA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
DEPARTAMENTO DE HIDRAULICA  
POPAYÁN- OCTUBRE DE 2017**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

**JURADO-1**

---

**JURADO-2**

---

**Vo. Bo. DIRECTOR PASANTÍA**

## DEDICATORIA

A Dios por conservarme el don de la vida y el beneficio de la salud, lo cual permite culminar mis estudios, acompañando mis días con su eterno amor y bondad; por ser mi fiel amigo, mi fortaleza y mi guía.

A mi Madre por su ejemplo de persistencia, sus palabras de aliento, motivación y fuerza para seguir siempre adelante y no desfallecer.

A mi Esposa por su apoyo incondicional, su tenacidad y paciencia para impulsarme siempre a seguir adelante en los momentos difíciles.

A los verdaderos amigos con los que siempre compartí buenos momentos, en largas y agotadoras jornadas de estudio que hoy son el fruto de este, mi mejor logro.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Ingeniero CARLOS ARMANDO GALLARDO BARRERA, por el apoyo y orientación prestada como director de pasantía.

A la Empresa Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. -E.S.P.- por permitirme la oportunidad de adelantar mi práctica profesional.

Al grupo de ingenieros y funcionarios de la Empresa Acueducto y Alcantarillado de Popayán por su colaboración y por estar siempre dispuestos a enseñar.

A mis profesores de la Facultad de Ingeniería Civil quienes a través de la noble labor de enseñar de manera integral y transmitir su conocimiento, fueron parte fundamental en mi formación profesional.

A mis compañeros de Facultad por acompañarme y compartir conmigo a lo largo de estos años de formación académica.

<b>Contenido</b>	<b>Pagina</b>
1. INTRODUCCION .....	9
2. OBJETIVOS.....	10
2.1    OBJETIVO GENERAL .....	10
2.2    OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	10
3. JUSTIFICACIÓN .....	11
4. EMPRESA RECEPTORA.....	12
4.1    MISIÓN.....	12
4.2    VISIÓN.....	12
4.2.1 Subgerencia Técnico Operativa.....	13
4.2.2 División Alcantarillado.....	13
5. ESTRUCTURA INTERNA DE LA EMPRESA.....	14
6. MARCO TEORICO .....	15
6.1    DEFINICIONES.....	15
6.1.2    Aguas lluvias.....	15
6.1.3    Aguas residuales o servidas.....	15
6.1.4    Alcantarillado.....	15
6.1.5    Acueducto .....	15
6.2    SISTEMAS DE ALCANTARILLADO: .....	16
6.2.1    Alcantarillado sanitario.....	16
6.2.2    Alcantarillado pluvial.....	16
6.2.3    Alcantarillado combinado .....	16
6.3    ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS DE ALCANTARILLADO.....	16
6.3.1    Instalaciones internas de Alcantarillado de un inmueble .....	16
6.3.2    Caja de inspección domiciliaria .....	16
6.3.3    Conexión domiciliaria o acometida de alcantarillado.....	16
6.3.4    Tramos iniciales: .....	16
6.3.5    Tramos secundarios.....	16
6.3.6    Colectores principales.....	16
6.3.7    Caja de paso.....	17
6.3.8    Cañuela: .....	17
6.3.9    Pozo o cámara de inspección.....	17
6.3.10    Sumideros.....	17

6.4	PARÁMETROS DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO ...	17
6.4.1	Caudal de aguas residuales domesticas: .....	17
6.4.2	Caudal de aguas de infiltración:.....	17
6.4.3	Caudal de conexiones erradas:.....	17
6.4.4	Velocidad mínima: .....	18
6.4.5	Diámetro mínimo: .....	18
6.5	PARÁMETROS DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL .....	18
6.5.1	Diámetro mínimo.....	19
6.5.2	Velocidad mínima: .....	19
6.5.3	Velocidad máxima: .....	19
7.	PARAMETROS DE DISEÑO DE UNA RED DE CONDUCCION DE AGUA POTABLE – ACUEDUCTO.....	20
7.1	Caudal de diseño. ....	20
7.2	Presiones en la red de distribución.....	20
7.2.1	Presiones mínimas en la red.....	20
7.2.2	Presiones máximas en la red menor de distribución:.....	20
7.3	Diámetros comunes comerciales para las tuberías de una red de distribución.....	21
7.3.1	Diámetros para el cálculo hidráulico de la red.....	21
7.4	Hidrantes.....	22
7.4.1	Aspectos generales.....	22
7.4.2	Capacidad de los hidrantes .....	22
7.4.3	Número de hidrantes y distancia entre hidrantes .....	22
7.4.4	Localización de los hidrantes.....	22
7.4.5	Color del hidrante.....	23
7.4.6	Presión en los hidrantes .....	23
8.	ANCLAJES.....	23
9.	OTRAS CONSIDERACIONES .....	24
9.1	Pendientes de las tuberías de la red de distribución .....	24
9.2	Profundidades de las tuberías .....	24
9.2.1	Profundidad mínima.....	24
9.2.2	Profundidad máxima.....	25
10.	ACCESORIOS.....	25
10.1	Aspectos generales de las válvulas en redes de distribución .....	25

11.	METODOLOGIA.....	27
12.	ASESORÍA Y SUPERVISIÓN.....	28
12.1.	Por parte de la Universidad del Cauca.....	28
12.2.	Por parte de la Entidad receptora.....	28
13.	DESARROLLO DE LA PASANTIA .....	29
13.1	PRIMERA FASE .....	29
13.1.1	Fase administrativa .....	29
13.2	SEGUNDA FASE .....	32
13.2.1	Fase de administración y/o interventoría.....	32
14.	SOCIALIZACIÓN DE LA OBRA .....	34
15.	VERIFICACION DE DIRECCIONES E IDENTIFICACION DE PREDIOS.....	35
16.	INICIO DE TRABAJOS REPOSICION DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO TRANSVERSAL 9ª NORTE ENTRE CARRERA 9ª Y LA VARIANTE PANAMERICANA TRAMO - 1 .....	40
17.	CORTE DE CARPETA ASFALTICA CON MAQUINA DEMOLICIÓN Y RETIRO DE MATERIAL SOBRENTE.....	41
18.	EXCAVACIONES.....	43
18.1	Retiro de Tuberías Existentes.....	45
19.	CIMENTACION TUBERIAS, RELLENOS Y CARPETA ASFALTICA.....	46
20.	INSTALACION DE TUBERIAS PVC UNION MECANICA ALCANTARILLADO PLUVIAL TRAMO 1.....	48
21.	INSTALACION DE TUBERIAS Y ACCESORIOS PVC UNION MECANICA ALCANTARILLADO SANITARIO TRAMO 1.....	50
22.	INSTALACION DE TUBERIAS Y ACCESORIOS PVC UNION MECANICA RED DE DISTRIBUCIÓN ACUEDUCTO AGUA POTABLE .....	53
23.	RELLENOS.....	56
24.	EXTENDIDO Y COMPACTACION DE MATERIAL DE BASE GRANULAR.....	58
25.	RESUMEN FINAL LABOR DE INTERVENTORÍA Y DIRECCIÓN DE OBRA.....	60
26.	CRONOGRAMA DE TRABAJO.....	63
27.	PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO .....	63
28.	CONCLUSIONES .....	634
29.	ANEXOS.....	65
30.	BIBLIOGRAFIA.....	67



## 1. INTRODUCCION

El consejo de facultad de ingeniería civil de la Universidad del Cauca, según acuerdo número 051 de 2001 del Concejo Superior Universitario y la resolución número 820 de 2014, establece las modalidades de trabajo de grado como requisito parcial para la obtención del título profesional en los programas académicos de pregrado; dentro de estas modalidades se contempla la práctica profesional o pasantía en cooperación académica con una entidad o empresa, que en cumplimiento de sus fines sociales permita al estudiante desarrollar actividades de tipo práctico para complementar la parte teórica inducida por la universidad.

En atención a esta normatividad mi participación como personal de apoyo a la Subgerencia Técnica de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán, me permitió poner en práctica el conocimiento adquirido durante la etapa de formación como Ingeniero Civil de la Universidad del Cauca; así como la adquisición de experiencia fundamentada en la realización de trabajos reales y prácticos en el campo ingenieril.

El trabajo adelantado directamente en obra fue una experiencia bastante práctica por cuanto se aplicaron los conocimientos aprendidos en el campo de la topografía, hidráulica, suelos y pavimentos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

Realizar el trabajo de grado modalidad pasantía como auxiliar de ingeniería y apoyo a la Subgerencia Técnica Operativa de la Sociedad Acueducto y Alcantarillado de Popayán “S.A - E.S.P”

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 2.2.1 Revisión de convenios interadministrativos que llegan a la Sub-Gerencia Técnico Operativa de la Empresa Acueducto y Alcantarillado de Popayán.
- 2.2.2 Acompañar y apoyar a los funcionarios que coordinan y vigilan procesos de ejecución de obras.
- 2.2.3 Aportar posibles soluciones en problemas que surgen en el desarrollo de la pasantía, fundamentadas en la formación académica.

### 3. JUSTIFICACIÓN

Es importante destacar que en el ejercicio profesional, el éxito de un proyecto de ingeniería civil no recae únicamente en la ejecución técnica, sino también en el papel primordial que juega la actuación administrativa que generalmente los ingenieros recién egresados no manejan, siendo este contexto administrativo una herramienta de planeación, seguimiento y control imprescindible para el alcance de las metas en un proyecto; en este aspecto la experiencia obtenida en este campo me permite tener un conocimiento más amplio y desempeñarme de manera eficiente en lo relacionado con la celebración de convenios de tipo interadministrativo, la destinación, ejecución seguimiento y liquidación de los recursos públicos.

Este trabajo se convierte además en un aporte de la Universidad a la sociedad, en el sentido que las funciones que se realizaron, redundarán en beneficio de la ciudadanía con obras de infraestructura representadas en saneamiento básico, suministro de agua potable de calidad, y vías que contribuirán a una mejor movilidad, pues se contará con espacios más amplios y entornos más amables al peatón contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los habitantes de este importante sector de la ciudad.

## 4. EMPRESA RECEPTORA

La Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. E.S.P, es una Sociedad Anónima Colombiana clasificada legalmente como empresa de servicios públicos mixta, ya que el servicio pertenece al orden municipal, sociedad en la que el Estado posee más del 90% de su capital social y que está sometida a las disposiciones constitucionales, al Régimen General de las Empresas de servicios públicos y demás normas concordantes.

El objeto social de la Empresa lo constituye la prestación del servicio público de acueducto y alcantarillado, consistente en la distribución municipal de agua apta para el consumo humano, incluida su conexión y medición y en las actividades complementarias, tales como captación de agua, procesamiento, tratamiento, almacenamiento, conducción y transporte de ésta. El servicio público de alcantarillado se refiere a la recolección municipal de residuos principalmente líquidos por medio de tuberías y conductos a las actividades complementarias de transporte, tratamiento y disposición final de tales residuos.

El marco empresarial de la entidad está dado por su misión y visión institucional; las cuales consideran que se garantiza calidad, cantidad y continuidad a la totalidad de la población que demande el servicio.

### 4.1 MISIÓN.

La misión del Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. -E.S.P.- es la de satisfacer oportuna y eficientemente las necesidades básicas de provisión de agua potable y disposición de aguas servidas, mediante la prestación directa de estos servicios, garantizando la calidad, cantidad y continuidad a la totalidad de la población que lo demande.

### 4.2 VISIÓN.

la sociedad Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. E.S.P., sustentada en la filosofía de calidad y mejoramiento continuo, dirigirá a todas sus acciones a satisfacer las expectativas de la población que lo demande, en lo que se

FILOSOFIA ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYAN S.A E.S.P. [online]. [Popayán, Cauca]: [Citado 27 de septiembre 2017]. Disponible desde Internet:URL:<http://www.acueductopopayan.com.co/institucional/filosofia/>

Refiere a la prestación de servicios de acueducto y alcantarillado, fundamentada en los procesos de contaminación ambiental.

La División de Alcantarillado pertenece a la Subgerencia Técnica Operativa y sus funciones son las siguientes:

#### **4.2.1 Subgerencia Técnico Operativa.**

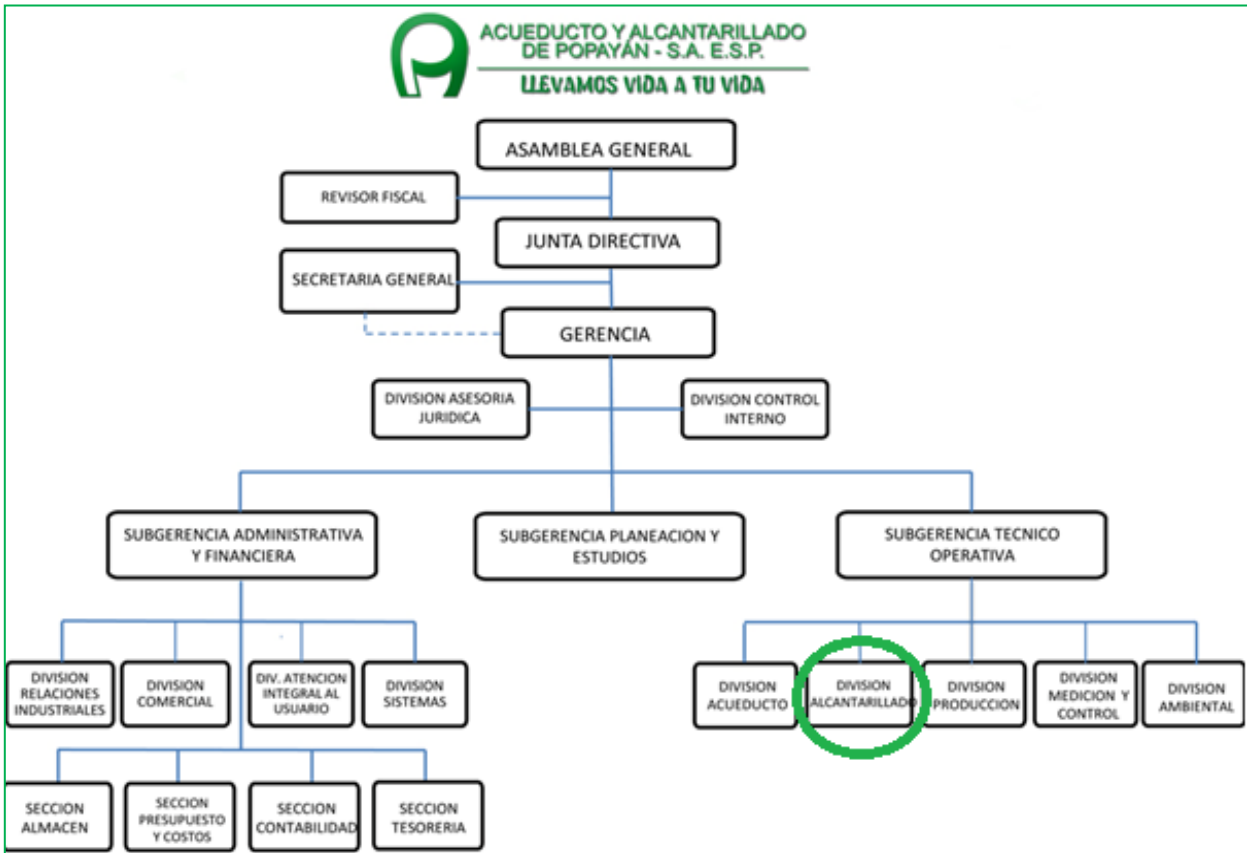
Aplicar las políticas y estrategias que formule la dirección de la Empresa, cumpliendo con los lineamientos técnicos y administrativos acordes a la normatividad legal vigente, garantizando calidad, continuidad y oportunidad en los servicios de Acueducto y Alcantarillado. Además también, dentro de sus funciones, está la de dirigir y coordinar las actividades relacionadas con el proceso de planeación operativa de la Empresa.

#### **4.2.2 División Alcantarillado.**

Dirigir y coordinar las actividades del proceso recolección y transporte de agua residual, relacionadas con el planeamiento, control, evaluación y seguimiento de los sistemas de alcantarillado y de la gestión ambiental.

## 5. ESTRUCTURA INTERNA DE LA EMPRESA

A continuación se presenta el esquema organizativo de la empresa, según cargos y funciones correspondientes.



Fuente. Página web empresa Acueducto y alcantarillado de Popayán S.A – E.S.P

## 6. MARCO TEORICO

Para realizar las actividades asignadas por el supervisor de la práctica en la Empresa de ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYAN S.A E.S.P, previamente se analizaron y comprendieron temas específicos de los cuales se hace mención a continuación; temas fundamentales que sirvieron para ejecutar dichas actividades de manera apropiada y pertinente. En general se desarrollaron conceptos básicos de diseño de redes de acueducto y alcantarillado sanitario y pluvial y sus convenciones, aspectos generales acerca de la norma técnica de calidad.

El diseño revisión y aprobación de proyectos es requisito previo para la ejecución y seguimiento de obras de acueducto y alcantarillado en cada una de las áreas en que la empresa suministra estos servicios.

### 6.1 DEFINICIONES

A continuación se definirán algunos términos generales que sirvieron de base para la realización de varias actividades desarrolladas en la pasantía; además se recordó y aplico la información y los conceptos recibidos en la etapa de formación académica en las áreas de hidráulica, alcantarillados y acueductos.

#### 6.1.2 Aguas Iluvias

Son las aguas producto de la lluvia o precipitación que escurren sobre la superficie del terreno.

#### 6.1.3 Aguas residuales o servidas.

Desechos líquidos provenientes de residencias, edificios, Zonas comerciales, institucionales e industriales.

#### 6.1.4 Alcantarillado

Se denomina alcantarillado o red de alcantarillado al sistema de estructuras y tuberías usadas para el transporte de aguas residuales o servidas (alcantarillado sanitario), o aguas de lluvia, (alcantarillado pluvial) desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten al cauce o se tratan.

#### 6.1.5 Acueducto

Conjunto de elementos y estructuras cuya función es el transporte, almacenamiento y entrega al usuario final, de agua con unos requerimientos mínimos de calidad, cantidad y presión.

## **6.2 SISTEMAS DE ALCANTARILLADO:**

Los sistemas de alcantarillado se clasifican según el tipo de agua que transporten, así:

### **6.2.1 Alcantarillado sanitario.**

Sistema de recolección diseñado especialmente para llevar aguas residuales domésticas e industriales.

### **6.2.2 Alcantarillado pluvial**

Sistema de recolección diseñado únicamente para transportar aguas lluvias.

### **6.2.3 Alcantarillado combinado**

Alcantarillado que conduce paralelamente las aguas residuales (domésticas e industriales) y las aguas lluvias.

## **6.3 ESTRUCTURAS COMPLEMENTARIAS DE ALCANTARILLADO**

### **6.3.1 Instalaciones internas de Alcantarillado de un inmueble**

Sistema formado por las redes internas de desagüe de alcantarillado del inmueble hasta la caja de inspección domiciliaria.

### **6.3.2 Caja de inspección domiciliaria**

Cámara localizada en el límite de la red pública y privada, la cual recoge los desagües internos sanitarios, pluviales o combinados de una comunidad.

### **6.3.3 Conexión domiciliaria o acometida de alcantarillado.**

Conducto que recoge y transporta las aguas negras y lluvias o combinadas, desde la caja de inspección domiciliaria hasta la red local de alcantarillado que la recibe.

### **6.3.4 Tramos iniciales:**

Corresponde a los tramos que dan comienzo al sistema de alcantarillado.

### **6.3.5 Tramos secundarios.**

Reciben caudales de aporte de uno o más tramos iniciales.

### **6.3.6 Colectores principales.**

Reciben los caudales de los anteriores, pero siguiendo líneas directas de evacuación por un sector.



### **6.3.7 Caja de paso:**

Cámara sin acceso, localizada en puntos singulares por necesidad constructiva.

### **6.3.8 Cañuela:**

Parte interior inferior de una estructura de conexión o pozo de inspección, cuya forma orienta el flujo.

### **6.3.9 Pozo o cámara de inspección:**

Estructura de ladrillo o concreto, de forma usualmente cilíndrica, que remata generalmente en su parte superior en forma tronco-cónica, y con tapa removible para permitir la ventilación, el acceso y el mantenimiento de los colectores.

### **6.3.10 Sumideros:**

Son estructuras diseñadas para la captación de aguas lluvias o escorrentía superficial, las cuales pueden estar localizadas en forma lateral o transversal en las vías, para conducir las y entregarlas posteriormente a los sistemas de alcantarillado o pozos de inspección.

## **6.4 PARÁMETROS DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO**

### **6.4.1 Caudal de aguas residuales domesticas:**

Punto de partida para la cuantificación de este aporte es el caudal medio diario el cual se define como la contribución durante un periodo de 24 horas, obtenida como el promedio durante un año.

### **6.4.2 Caudal de aguas de infiltración:**

Este aporte adicional se estima con base en las características de permeabilidad del suelo en el que se ha de construir el alcantarillado sanitario. Este aporte puede expresarse por metro de tubería o por su equivalente en hectáreas de área drenada.

### **6.4.3 Caudal de conexiones erradas:**

Este aporte proviene principalmente de las conexiones que equivocadamente se hacen de las aguas lluvias domiciliarias y de conexiones clandestinas.

#### **6.4.4 Velocidad mínima:**

Los alcantarillados sanitarios que transportan aguas residuales domesticas deben tener una velocidad mínima de 0.6 m/Seg a tubo lleno cuando las aguas residuales sean típicamente industriales, se debe aumentar la velocidad mínima para evitar la formación de sulfuros y la consiguiente corrección de la tubería Velocidad máxima, Cualquiera que sea el material de la tubería la velocidad máxima no debe sobrepasar el límite de 5 m/Seg, para evitar la abrasión de la tubería.

#### **6.4.5 Diámetro mínimo:**

El diámetro mínimo para la red de colectores debe ser 8 pulgadas. El diámetro mínimo para las conexiones domiciliarias es de 6 pulgadas, aunque este puede ser reducido a 4 pulgadas en casos en que la conexión domiciliaria se realice con tubería PVC. Diámetro de diseño, Bajo la hipótesis de flujo uniforme para la selección del diámetro se acostumbra utilizar la ecuación de Manning, se debe asegurar un borde libre que permita la adecuada ventilación de la tubería por la razón de la alta peligrosidad de los gases que en ella se forman. El diámetro se selecciona tomando como máximo la relación entre caudal de diseño y caudal a tubo lleno. El diámetro mínimo para las conexiones domiciliarias es de 6 pulgadas, aunque este puede ser reducido a 4 pulgadas en casos en que la conexión domiciliaria se realice con tubería PVC.

### **6.5 PARÁMETROS DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL**

Los sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias pueden proyectarse cuando las condiciones propias de drenaje de la localidad requieran una solución a la evacuación de la escorrentía pluvial. No necesariamente toda población o sector requiere un sistema pluvial. Dependiendo de las condiciones topográficas, tamaño de la población, las características de las vías, la estructura y desarrollo urbano, entre otras, la evacuación de la escorrentía podría lograrse satisfactoriamente a través de las cunetas de las calles. Donde sea necesario, estos sistemas pueden abarcar la totalidad de la población o solamente los sectores con problemas de inundaciones. Los sistemas de recolección y evacuación de aguas pluviales pueden ser proyectados y construidos para:

- Permitir una rápida evacuación de la escorrentía pluvial de las vías públicas.
- Evitar la generación de caudales excesivos en las calzadas.
- Evitar la invasión de aguas pluviales a propiedades públicas y privadas.
- Evitar la acumulación de aguas en vías de tránsito.

- Evitar la paralización del tráfico vehicular y peatonal durante un evento fuerte de precipitación.
- Evitar las conexiones erradas del sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.
- Mitigar efectos nocivos a cuerpos de agua receptores por contaminación de escorrentía pluvial urbana.

#### **6.5.1 Diámetro mínimo**

En las redes de recolección y evacuación de aguas lluvias, y principalmente en los primeros tramos, la sección circular es la más usual para los colectores. El diámetro nominal mínimo permitido en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias es 250 mm. Sin embargo, en casos especiales, en particular para niveles de complejidad del sistema bajo y medio, y con plena justificación por parte del diseñador, puede reducirse en los tramos iniciales a 200 mm.

#### **6.5.2 Velocidad mínima:**

Las aguas lluvias transportan sólidos que pueden depositarse en los colectores si el flujo tiene velocidades reducidas. Por lo tanto, debe disponerse de una velocidad suficiente para lavar los sólidos depositados durante periodos de caudal bajo. Para esto se establece la velocidad mínima como criterio de diseño. La velocidad mínima real permitida en el colector es 0,75 m/s para el caudal de diseño.

#### **6.5.3 Velocidad máxima:**

Los valores máximos permisibles para la velocidad media en los colectores dependen del material, en función de su sensibilidad a la abrasión. Los valores adoptados deben estar plenamente justificados por el diseñador en términos de la resistencia a la abrasión del material, de las características abrasivas de las aguas lluvias, de la turbulencia del flujo y de los empotramientos de los colectores. Valores típicos de velocidad máxima permisible para algunos materiales se presentan en la tabla 1. Valores superiores requieren una justificación técnica y aprobación de la empresa prestadora del servicio

REPÚBLICA DE COLOMBIA MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico ras – 2000, Título D. Bogotá D.C., Noviembre de 2000. Pág. 33

## 7. PARAMETROS DE DISEÑO DE UNA RED DE CONDUCCION DE AGUA POTABLE – ACUEDUCTO

### 7.1 Caudal de diseño.

El caudal de diseño depende del nivel de confiabilidad del sistema, tal como se discrimina a continuación:

1. Para el **nivel bajo de complejidad**, el caudal de diseño será el caudal máximo horario (QMH).
2. Para los **niveles medio y medio alto de complejidad**, el caudal de diseño debe ser el caudal máximo horario (QMH) o el caudal medio diario (Qmd) más el caudal de incendio, el que resulte mayor de cualquiera de los dos.
3. Para el **nivel alto de complejidad**, el caudal de diseño debe ser el caudal máximo horario (QMH).

### 7.2 Presiones en la red de distribución

#### 7.2.1 Presiones mínimas en la red

La presión mínima en la red depende del nivel de complejidad del sistema, tal como se especifica a continuación:

#### 7.2.2 Presiones máximas en la red menor de distribución:

El valor de la presión máxima tenida en cuenta para el diseño de las redes menores de distribución, para todos los **niveles de complejidad del sistema**, debe ser de **588.6 kPa (60 mca)**.

La presión máxima establecida en este literal corresponde a los niveles estáticos, es decir, cuando no haya flujo en movimiento a través de la red de distribución pero sobre ésta esté actuando la máxima cabeza producida por los tanques de abastecimiento o por estaciones elevadoras de presión.

### 7.3 Diámetros comunes comerciales para la red de distribución.

En la tabla B.7.7 se establecen los diámetros que pueden ser utilizados para el diseño y/o la construcción de una red de distribución.

Diámetros comunes comerciales para las tuberías de una red de distribución

**TABLA B.7.7**

<b>Milímetros</b>	<b>Pulgadas</b>
38.1	1.5
50.0	2
63.5	2.5
75.0	3
100	4
150	6
200	8
250	10
300	12
350	14
400	16
450	18
500	20
550	22
600	24
675	27
700	28
750	30
900	36
1000	40
1050	42
1200	48
1500	60

Fuente. Capitulo B Normas RAS-2000 sistemas de acueducto

#### 7.3.1 Diámetros para el cálculo hidráulico de la red

La lista de diámetros dada en el literal anterior corresponde a los diámetros nominales de las tuberías comerciales que pueden ser admitidas para el diseño o la construcción de un sistema de distribución de agua potable. Sin embargo, los cálculos hidráulicos de la red de distribución deben hacerse con los diámetros reales internos de las tuberías y materiales escogidos.

## 7.4 Hidrantes

### 7.4.1 Aspectos generales

Los hidrantes deben instalarse en tuberías con un diámetro mínimo de 75 mm (3 pulgadas) y a una distancia máxima entre ellos de 300 m. Cada hidrante llevará su propia válvula para aislarlo de la red. Se ubicarán de preferencia en las esquinas, en las intersecciones de dos calles y sobre la acera, para un mejor acceso.

### 7.4.2 Capacidad de los hidrantes

En áreas comerciales, industriales o residenciales con una densidad superior a 200 habitantes por hectárea, los hidrantes deben tener una capacidad mínima de 20 L/s. Para el área restante del municipio la capacidad mínima debe ser de 5 L/s.

### 7.4.3 Número de hidrantes y distancia entre hidrantes

Para los niveles **bajo y medio de complejidad** o para los barrios de estrato 1 y 2 en los niveles **medio alto y alto de complejidad** el número de hidrantes depende de la protección exigida por los edificios públicos, las escuelas, los colegios, etc. En caso de no existir este tipo de edificios, la empresa prestadora del servicio en el municipio debe definir la cantidad y la ubicación de los hidrantes.

Para los niveles **medio alto y alto de complejidad**, en los barrios de estratos 3, 4, 5 y 6 debe colocarse un hidrante por lo menos cada 200 m. En las zonas con bloques multifamiliares debe colocarse un hidrante por lo menos cada 150 m.

En las zonas industriales y comerciales de alto valor debe ponerse un hidrante en cada bocacalle y a una distancia no mayor que 100 m.

### 7.4.4 Localización de los hidrantes

La localización de hidrantes debe cumplir los siguientes requisitos:

1. Los hidrantes deben instalarse en el límite de dos predios, aproximadamente a 10 m de la intersección de los paramentos y en una zona verde o en el andén.
2. Cuando se coloquen en el andén no deben instalarse a una distancia mayor que 0.5 m del borde exterior hacia adentro.
3. Cuando se instalen sobre la zona verde, no deben ponerse a una distancia menor que 0.5 m del borde exterior del cordón.
4. Los hidrantes deben instalarse alejados de obstáculos que impidan su correcto uso.
5. No deben localizarse en las calzadas de las vías ni contiguos a postes u otros obstáculos que no permitan su correcto uso en caso de incendio.
6. Las bocas de los hidrantes deben quedar hacia la calle.

7. En la colocación del hidrante deben colocarse tantas extensiones sean necesarias para que el hidrante quede saliente en su totalidad por encima del nivel del terreno.

8. Antes de colocar el hidrante debe comprobarse si su funcionamiento es correcto.

#### **7.4.5 Color del hidrante**

La parte superior del hidrante debe pintarse de acuerdo con su caudal y siguiendo normas internacionales, tal como se establece a continuación.

Rojo: Caudales hasta 32 L/s

Amarillo: Caudales entre 32 y 63 L/s

Verde: Caudales superiores a 63 L/s.

#### **7.4.6 Presión en los hidrantes**

Para los niveles **bajo y medio de complejidad**, la presión mínima en los hidrantes debe ser la correspondiente a 29.43 kPa (3 mca). En estos casos, la presión requerida para combatir el incendio podrá ser suministrada por el equipo de bombeo propio de los carros del cuerpo de bomberos.

Para los niveles **medio alto y alto de complejidad**, para zonas residenciales la presión mínima en los hidrantes debe ser de 98.1 kPa (10 mca) y para las zonas comerciales e industriales o zonas residenciales con edificios multifamiliares, la presión mínima debe ser de 196 kPa (20 mca).

La presión mínima de trabajo de los hidrantes debe ser de 980 kPa (100 mca) y deben soportar una presión de prueba de 1960 kPa (200 m de columna de agua)

### **8.0 Anclajes**

Los anclajes son necesarios para garantizar la estabilidad de las tuberías en los sitios en donde ocurran cambios de dirección, disminución de diámetros, aumento de diámetros, división de caudales, etc. en un sitio en el cual la tubería no cuente con mecanismos para soportar esfuerzos.

Los codos, las tees, las cruces, los tapones, las válvulas, los hidrantes, etc., deben anclarse utilizando macizos de concreto o uniones rígidas capaces de soportar los esfuerzos producidos.

Para los anclajes deben tenerse en cuenta los siguientes requerimientos:

1. El macizo de anclaje de los accesorios debe sobresalir un mínimo de 0.1 m sobre la clave del accesorio.
2. En los anclajes, las juntas de los accesorios con la tubería deben permanecer libres para casos de reparación.
3. Los anclajes deben fundirse sobre terreno firme y no removido.
4. El área de apoyo del anclaje se calcula de acuerdo con el procedimiento constructivo que se escoja, ya sea que el anclaje trabaje por gravedad o por fricción.

## 9. OTRAS CONSIDERACIONES

### 9.1 Pendientes de las tuberías de la red de distribución

Con el objeto de permitir la acumulación del aire en los puntos altos y su eliminación por las válvulas colocadas con este fin y para facilitar el arrastre de los sedimentos hacia los puntos bajos y acelerar el desagüe de las tuberías, éstas no deben colocarse horizontalmente.

Las pendientes mínimas recomendadas son:

- Cuando el aire circula en el sentido del flujo del agua, la pendiente mínima debe ser 0.04%.
- Cuando el aire circula en sentido contrario al flujo del agua, la pendiente mínima deberá estar entre 0.1 y 0.15%.

En este último caso, la pendiente no debe ser menor que la pendiente de la línea piezométrica o línea de gradiente hidráulico de ese tramo de la red de distribución. Cuando sea necesario uniformizar pendientes a costa de una mayor excavación, con el fin de evitar un gran número de ventosas y válvulas de purga, debe realizarse una comparación económica de ambas posibilidades.

### 9.2 Profundidades de las tuberías

Las tuberías que conforman la red de distribución de agua potable deben colocarse teniendo en cuenta los siguientes requisitos sobre profundidades:

#### 9.2.1 Profundidad mínima

La profundidad mínima a la cual deben colocarse las tuberías de la red de distribución no debe ser menor que 1.0 m medidos desde la clave de la tubería hasta la superficie del terreno.

Para los casos críticos de construcción donde sea necesario colocar la clave de la tubería entre 0.60 m y 1.0m de profundidad debe hacerse un análisis estructural teniendo en cuenta las cargas exteriores debidas al peso de tierras, cargas vivas, impacto y otras que puedan presentarse durante el proceso de construcción. Se exceptúan las zonas en donde se garantice que no habrá flujo vehicular, previa aprobación por parte de la oficina de planeación del municipio o de la empresa prestadora del servicio de agua potable.



### 9.2.2 Profundidad máxima

La profundidad de las tuberías que conforman la red de distribución, en términos generales, no debe exceder de 1.50 m; los casos especiales deben consultarse con la oficina de planeación del municipio o con la Entidad prestadora del servicio de acueducto.

## 10 ACCESORIOS

Los accesorios son elementos complementarios para la instalación de las tuberías, e incluyen uniones, codos, reducciones, tees, válvulas, anclajes, etc.

Las tuberías y los accesorios deben ser compatibles entre sí, con respecto a presiones de trabajo, dimensiones (diámetros, espesores, sistemas de unión) y a estabilidad electroquímica si se trata de materiales diferentes.

En relación con las especificaciones técnicas de los accesorios que van a utilizarse en la red de distribución, éstos deben cumplir con los requerimientos de las Normas técnicas Colombianas vigentes, o de las normas técnicas internacionales de la AWWA, DIN ASTM, o de cualquier otra norma internacional equivalente.

### 10.1 Aspectos generales de las válvulas en redes de distribución

La red de distribución debe proveerse de válvulas de compuerta o mariposa ubicadas de modo que cumplan los siguientes requisitos:

1. En las tuberías principales deben disponerse de las válvulas necesarias que permitan aislar un sector o zona de servicio.
2. Si se aísla parte del sistema, debe mantenerse el servicio del agua en el resto de la población. Únicamente se hará excepción a esta regla para el **nivel bajo de complejidad**.
3. Para el **nivel bajo de complejidad** será suficiente prever una única válvula en la tubería que alimenta toda la red de distribución de agua potable.
4. El empalme de todo ramal de derivación importante con la red de distribución debe tener una válvula de derivación o corte.
5. Todas las conexiones de tuberías secundarias con las tuberías principales deben tener una válvula de derivación o corte.
6. Debe analizarse y sustentarse la disposición de las válvulas teniendo en cuenta la flexibilidad de operación del sistema y la economía en el diseño para reducirlas a un mínimo al aislar un sector o zona de servicio.
7. En caso de que la red de distribución de agua potable de un municipio se encuentre dividida en zonas de servicio atendidas por diferentes operadores, las diferentes zonas deberán estar conectadas entre sí y aisladas a través de una válvula de mariposa o de compuerta de cierre permanente. Se recomienda que el tapa válvula de este accesorio este pintado con un color

llamativo con el fin de facilitar su identificación o que tenga definida su ubicación y su sistema de operación, de manera que se garantice la interconexión de las zonas.

## 11.METODOLOGIA

La práctica profesional modalidad pasantía se desarrolló en las instalaciones de la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. - E.S.P. directamente en la oficina de División de Alcantarillado, bajo la supervisión y dirección del Ingeniero **Germán Darío Londoño Caicedo**, jefe de esta dependencia.

Las función delegada a mi cargo como pasante consistió en la revisión de actas de contratos, ordenes de servicio, órdenes de compra y suministro de materiales y equipos, de igual manera se procedió a la liquidación de convenios interadministrativos correspondientes a las vigencias de 2013,2014,2015,2016, celebrados entre la alcaldía de Popayán y la Empresa de acueducto y alcantarillado.

La metodología con la que se trabajó estuvo ligada técnicamente a especificaciones de supervisión de obras civiles donde se revisaron actas del contrato 016 de 2016 cuyo objeto es la ampliación y/o reposición de redes de acueducto y alcantarillado transversal 9ª Norte entre carrera 9ª y la variante panamericana Municipio de Popayán se realizaron las diferentes visitas de interventoría de la obra asignada para la realización de la pasantía, donde inicialmente se realizó una inducción por parte del Ingeniero Germán Darío Londoño , sobre el apoyo a la División de alcantarillado y sobre el funcionamiento de la empresa y su parte operacional.

La interventoría se llevó a cabo realizando visitas periódicas al lugar de la obra, se llevó un registro fotográfico para dejar constancia del avance, tiempo de ejecución y calidad de la obra, también se hicieron diferentes observaciones a cada una de las obras, verificando el cumplimiento de las especificaciones técnicas; todo esto con el fin de garantizar cumplimiento en los plazos establecidos por el contrato y la correcta ejecución de la obra.

En el trabajo de oficina se revisaron las fechas de actas de inicio, parciales, modificación, suspensión, reinicio, liquidación y transacción, por medio de un formato Microsoft Excel diseñado por funcionarios de la empresa; los datos consignados reposan en la oficina de archivo de la empresa.

Las funciones de la interventoría tienen el propósito de hacer cumplir las especificaciones técnicas de las actividades y componentes a ejecutar, con el fin de garantizar el excelente funcionamiento y desarrollo de la obra civil, entre las actividades que se desarrollaron están las siguientes:

- Verificar localización y replanteo de la obra.
- Realizar mediciones en los cortes del pavimento y excavaciones.
- Constatar volúmenes de relleno de la excavación.
- Revisar el material utilizado en la cimentación de tuberías.
- Verificar el grado de compactación de los materiales de relleno.
- Medir y calcular la cantidad de retiro de sobrantes.
- Verificar dimensiones y ubicación de cámaras de inspección.
- verificar dimensiones de cajillas para instalaciones domiciliarias.
- Verificar longitudes y diámetros de las tuberías a instalar.
- Verificar los gradientes de las redes de acuerdo a los diseños.
- Inspeccionar pendiente mínima de conexión a los colectores para garantizar la perfecta evacuación de las aguas lluvias y servidas.
- Garantizar la calidad de los materiales utilizados en obra.
- Garantizar la correcta implementación del plan de manejo de tráfico.

## 12. ASESORÍA Y SUPERVISIÓN

### 12.1. Por parte de la Universidad del Cauca

La Universidad del Cauca y específicamente el concejo de Facultad de Ingeniería Civil asignó como director de pasantía al ingeniero **CARLOS ARMANDO GALLARDO BARRERA** quien desempeñó entre otras funciones la de asesorar, supervisar, revisar y evaluar mediante informes el avance y desarrollo del presente trabajo de grado.

### 12.2. Por parte de la Entidad receptora

De igual manera la entidad receptora asignó como Director de pasantía al ingeniero **GERMÁN DARÍO LONDOÑO CAICEDO**, el cual desempeñó entre otras funciones la de jefe y supervisor directo, además brindó la inducción y asesoría necesaria para poder adelantar una eficiente práctica profesional.

## 13. DESARROLLO DE LA PASANTIA

El trabajo se desarrolló en dos fases, con campo de acción diferente las cuales me permito exponer a continuación:

### 13.1 PRIMERA FASE

#### 13.1.1 Fase administrativa

Durante los **3 primeros meses** de la presente práctica profesional se me encomendó la labor de liquidar convenios interadministrativos suscritos entre la Alcaldía Municipal y la Empresa Acueducto y Alcantarillado de Popayán; con el propósito de consolidar la información necesaria que permita conocer la situación real y actual, en lo relacionado a ejecución de contratos de obra, ordenes de trabajo y convenios de suministro de materiales y equipos.

Con base a la información requerida se procedió a la liquidación final de los convenios de vigencias anteriores, así como también hacer devolución de los recursos no ejecutados a la Alcaldía Municipal, o disponer de los mismos para ser invertidos en suplir las necesidades en cuanto a construcción de infraestructura de agua potable y saneamiento básico que requieren las comunidades del área urbana y rural del municipio.

Para cumplir con dicha labor fue necesario una labor previa de inducción de **15 días** por parte de la ingeniera **LUCY LLANTEN**, profesional calificada en contratación estatal; en adelante, se contó con la colaboración de diferentes dependencias de la empresa como son; el archivo central, división de acueducto, división de alcantarillado, presupuesto y contabilidad, con el propósito de obtener la información necesaria para tal fin.

A fecha 31 de agosto de 2017 se lograron liquidar 5 convenios correspondientes a vigencias de los años 2013, 2014, 2015, 2016 los convenios correspondientes a la vigencia 2017 aún están en fase de ejecución.

A continuación, solo relacionara de manera detallada la información correspondiente a la vigencia anterior (2016), por ser estos convenios de los cuales se tiene una información más precisa y actual.

LIQUIDACION CONVENIO INTERADMINISTRATIVO 20161800004407 CELEBRADO ENTRE EL MUNICIPIO DE POPAYAN Y LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYAN S.A - E.S.P DE MARZO DE 2016							
	VALOR CONVENIO	\$ 839,630,459					
	VALOR NO EJECUTADO DEL CONVENIO	\$ 61,222,529					
NUMERO	ACTIVIDAD	RECURSOS CONVENIO	VALOR CONTRACTUAL	VALOR LIQUIDACION	DIFERENCIA	SALDO RECURSOS CONVENIO	ESTADO
OT-232	REPOSICION DE REDES DE ACUEDUCTO CALLE 4, CARRERA 7 HACIA LA CARRERA 9 BARRIO CENTRO	\$ 13,124,851					
OT-232	REPOSICION DE REDES DE ACUEDUCTO CALLE 4, CARRERA 7 HACIA LA CARRERA 9 BARRIO CENTRO	\$ 6,559,850					
OT-232	REPOSICION DE REDES DE ACUEDUCTO CALLE 4, CARRERA 7 HACIA LA CARRERA 9 BARRIO CENTRO	\$ 24,150,723					
OT-232	REPOSICION COLECTOR COMBINADO CARRERA 6, CALLE 10N HACIA LA 14N BARRIO BOLIVAR	\$ 91,740,919					
<b>TOTAL OT - 232</b>		<b>\$ 161,850,315</b>	<b>\$ 159,027,936</b>	<b>\$ 159,027,936</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 2,822,379</b>	<b>TERMINADO Y LIQUIDADO</b>
CONTRATO - 012	REPOSICIÓN RED DE ALCANTARILLADO CALLE 18N ENTRE CARREAS 9 Y 6 CONTIGUO BARRIO EL RECUERDO	\$ 141,329,690					
CONTRATO - 012	REPOSICIÓN RED DE ALCANTARILLADO CALLE 18N ENTRE CARREAS 6 Y 9 CONTIGUO BARRIO CIUDAD JARDIN	\$ 186,875,149					
<b>TOTAL CONT.- 012</b>		<b>\$ 328,204,839</b>	<b>\$ 321,633,680</b>	<b>\$ 321,598,288</b>	<b>\$ 35,392</b>	<b>\$ 6,571,159</b>	<b>TERMINADO Y LIQUIDADO</b>
CONTRATO - 010	REPOSICION COLECTOR COMBINADO CARRERA 6 CALLE 1N HACIA LA 9N, BARRIO BOLIVAR	\$ 300,000,000					
CONTRATO - 010	REPOSICION COLECTOR COMBINADO CARRERA 6, CALLE 1N HACIA LA 9N BARRIO BOLIVAR	\$ 35,170,542					
CONTRATO - 010	REPOSICION COLECTOR COMBINADO CALLE 7N CARRERA 6, HACIA LA 5, BARRIO BOLIVAR	\$ 40,678,735					
<b>TOTAL CONT.- 010</b>		<b>\$ 375,849,277</b>	<b>\$ 368,328,485</b>	<b>\$ 324,055,678</b>	<b>\$ 44,272,807</b>	<b>\$ 7,520,792</b>	<b>TERMINADO Y LIQUIDADO</b>
	<b>SUB TOTALES</b>	<b>\$ 865,904,431</b>	<b>\$ 848,990,101</b>	<b>\$ 804,681,902</b>	<b>\$ 44,308,199</b>	<b>\$ 16,914,330</b>	

Imagen 1 Liquidación convenio 4407 Marzo de 2016

LIQUIDACION CONVENIO INTERADMINISTRATIVO 20161800010727 CELEBRADO ENTRE EL MUNICIPIO DE POPAYAN Y LA EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYAN S.A - E.S.P DE AGOSTO DE 2016							
	VALOR CONVENIO	\$ 2,371,510,943					
	VALOR NO EJECUTADO DEL CONVENIO	\$ 369,133,829					
NUMERO	ACTIVIDAD	RECURSOS CONVENIO	VALOR CONTRACTUAL	VALOR LIQUIDACION	DIFERENCIA	SALDO RECURSOS CONVENIO	ESTADO
CONTRATO 016	AMPLIACION Y/O REPOSICION DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO TRANSVERSAL 9N ENTRE CARRERA 9 Y LA VARIANTE	\$ 80,000,000					
CONTRATO 016	AMPLIACION Y/O REPOSICION DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO TRANSVERSAL 9N ENTRE CARRERA 9 Y LA VARIANTE	\$ 1,180,369,541					
CONTRATO 016	AMPLIACION Y/O REPOSICION DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO TRANSVERSAL 9N ENTRE CARRERA 9 Y LA VARIANTE	\$ 539,630,459					
<b>TOTAL CONTRATO 016</b>		<b>\$ 1,800,000,000</b>	<b>\$ 1,800,000,000</b>	<b>\$ 1,626,944,000</b>	<b>\$ 173,056,000</b>	<b>\$ 173,056,205</b>	<b>EN EJECUCION</b>
OT-351	REPOSICIÓN COLECTOR SANITARIO CRA 33B, CALLE 17A HACIA LA TRANSVERSAL 33C, BARRIO 31 DE MARZO	\$ 46,378,716					
OT-351	REPOSICIÓN COLECTOR SANITARIO CRA 33B, CALLE 17A HACIA LA TRANSVERSAL 33C, BARRIO 31 DE MARZO	\$ 20,481,759					
OT-351	REPOSICIÓN COLECTOR SANITARIO CRA 33B, CALLE 17A HACIA LA TRANSVERSAL 33C, BARRIO 31 DE MARZO	\$ 6,343,496					
<b>TOTAL OT-351</b>		<b>\$ 73,203,971</b>	<b>\$ 72,659,592</b>	<b>\$ 69,813,240</b>	<b>\$ 2,846,352</b>	<b>\$ 3,390,731</b>	<b>TERMINADO Y LIQUIDADO</b>
OT-383	REPOSICIÓN COLECTOR SANITARIO CALLE28BIS CARRERA 88 HACIA LA CARRERA 8, BARRIO NUEVO JAPON	\$ 55,148,615	\$ 54,682,602	\$ 51,213,245	\$ 3,469,357	\$ 3,935,370	TERMINADO NO LIQUIDADO
CONTRATO - 015	REPOSICION REDES DE ACUEDUCTO CALLE 13 ENTRE CARRERAS 6 HACIA	\$ 24,999,148					
CONTRATO - 015	REPOSICION REDES DE ACUEDUCTO CALLE 13 ENTRE CARRERAS 6 HACIA	\$ 164,806,072					
<b>TOTAL CONTRATO - 015</b>		<b>\$ 189,805,220</b>	<b>\$ 187,685,710</b>	<b>\$ 187,679,777</b>	<b>\$ 5,933</b>	<b>\$ 2,125,443</b>	<b>LIQUIDADO</b>
OT-352	REPOSICION COLECTOR SANITARIO CARRERA 11 CALLE2 HACIA CALLE 4 BARRIO EL CADILLAL	\$ 149,838,951	\$ 147,546,918	\$ 147,540,946	\$ 5,972	\$ 2,298,005	TERMINADO Y LIQUIDADO
OT-362	REPOSICION DE REDES ACUEDUCTO CARRERA 11 ENTRE CALLE 2 HACIA LA CALLE 5, BARRIO EL CADILLAL.	\$ 76,508,048	\$ 75,541,991	\$ 73,682,345	\$ 1,859,646	\$ 2,825,703	TERMINADO NO LIQUIDADO
OT-393	REPOSICION COLECTOR CARRERA 8 ENTRE CALLE30A Y 30B BARRIO LA PAZ SUR	\$ 27,006,138	\$ 26,747,026	\$ 26,747,026	\$ -	\$ 259,112	TERMINADO NO LIQUIDADO
	<b>SUB TOTALES</b>	<b>\$ 2,371,510,943</b>	<b>\$ 2,364,863,839</b>	<b>\$ 2,183,620,579</b>	<b>\$ 181,243,260</b>	<b>\$ 187,890,569</b>	

Imagen 2 Liquidación convenio 0727 Agosto de 2016

## **13.2 SEGUNDA FASE**

### **13.2.1 Fase de administración y/o interventoría.**

La segunda fase del trabajo de grado modalidad pasantía consistió en apoyo o dirección de obra e interventoría a las cuadrillas de obreros que adelantan trabajos de ampliación y reposición de redes de acueducto y alcantarillado que se vienen adelantando en la zona urbana del Municipio de Popayán, más específicamente sobre la transversal 9ª Norte entre carrera 9ª y la variante panamericana Municipio de Popayán.

Este trabajo de campo es una experiencia que complementa en gran medida la práctica profesional que es en últimas el objetivo que se busca en el trabajo de grado de esta modalidad.

Se participó de manera activa en la labor de dirección de obra e interventoría del contrato número 016 de 2016 cuyo objeto es la ampliación y/o reposición de redes de acueducto y alcantarillado transversal 9ª Norte entre carrera 9ª y la variante panamericana Municipio de Popayán.

La ejecución de estas obras sobre la transversal 9ª Norte entre carrera 9ª y la variante panamericana, procuran mejorar la demanda de servicios públicos en cuanto a suministro de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial, necesarios en este sector de amplio crecimiento poblacional por cuanto se constituye como una de las áreas de expansión de la ciudad en la cual se vienen adelantando varios proyectos de tipo comercial y construcción de viviendas unifamiliares, a la vez se constituye en la fase inicial de las obras de pavimentación que pretenden darle una mejor dinámica en lo relacionado con la construcción de nuevas vías objetivo propuesto dentro de la primera etapa del plan estratégico de transporte público que se viene implementando en la ciudad.

Las redes de distribución de agua potable con las que contaba este sector de la ciudad, eran tuberías y accesorios en concreto y asbesto cemento. Las redes fueron instaladas hacia el año 1977 con lo cual cumplen un periodo de servicio de aproximadamente 40 años.

Las obras ejecutadas permitieron que la tubería existente en la transversal 9ª, fuera reemplazada por tubería en PVC unión mecánica para suministro de agua potable, alcantarillado sanitario y pluvial con accesorios y válvulas en HD (hierro dúctil) y HF (hierro fundido).



Antes de la iniciación de los trabajos previstos sobre la transversal 9ª Norte; se llevó a cabo un trabajo previo de socialización, en el cual personal de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán, adelantó un censo de la población asentada en el sector de influencia de la obra; con el propósito de aclarar y dar solución a las inquietudes planteadas por la comunidad, de igual forma se hizo un consolidado del número e identificación de predios a intervenir en las márgenes de la vía, a fin de iniciar procesos de tipo legal y compra de predios para la ampliación de la calzada a intervenir.

En esta segunda fase, en general se desarrollaron conceptos básicos de diseño de redes de acueducto, alcantarillado sanitario y pluvial, interpretación de planos en oficina y en obra y sus convenciones, además de estudiar aspectos generales acerca de la norma técnica de calidad.

14. SOCIALIZACIÓN DE LA OBRA



Imagen 3 – 4, Socializacion de la obra

15. VERIFICACION DE DIRECCIONES E IDENTIFICACION DE PREDIOS



Imagen 5-6, Verificación de direcciones

Durante el tiempo de desarrollo de los trabajos se viene implementando en cooperación con la Secretaria de Tránsito Municipal, un **plan de manejo de tráfico** sobre la transversal 9ª Norte que pretende dar orden al tráfico tanto peatonal como vehicular con el propósito que las obras se desarrollen de manera normal, sin causar traumatismos ni obstaculizar de manera significativa la movilidad del sector.

Para el inicio de las actividades se procede a realizar trabajos de demarcación de la vía y se divide el trabajo en tramos con diferentes frentes de trabajo con el propósito de agilizar la obra.



Imagen 7 -8 Señalización Plan de Manejo de Trafico

Conjuntamente con la interventoría se decide dividir la intervención de la vía en dos tramos así:

- **Tramo uno.** Desde la variante panamericana, hasta la intersección semaforizada ubicada en la carrera 61 Norte en una extensión de **1000ML**
- **Tramo 2.** Desde la intersección semaforizada ubicada en la carrera 61 Norte hasta la carrera novena o autopista Norte; en una extensión de **430ML**

Por lo anterior se procede a implementar un **Plan de Manejo de Trafico** que contempla la división de los dos carriles de la vía con fibra o malla color azul, y cinta reflectiva de alta intensidad, demarcación de los accesos vehiculares a las urbanizaciones y conjuntos, así como la adecuación y señalización de pasos y senderos peatonales; adicionalmente se exige la disposición de personal (paleteros) para coordinar el tráfico vehicular y peatonal.

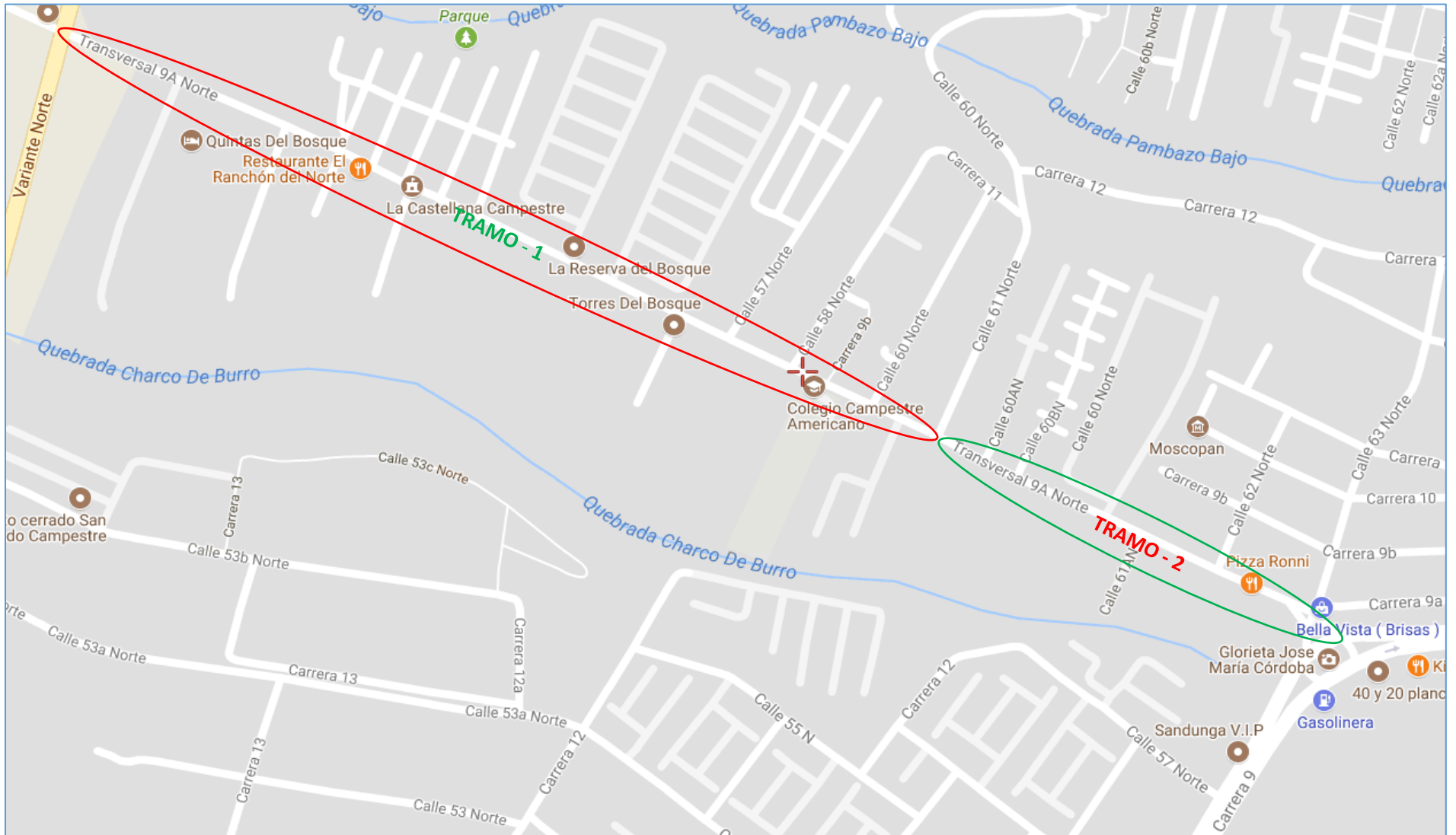
Por último se decide que la transversal 9ª Norte, vía objeto de la intervención quede en un solo sentido de oriente a occidente, para lo cual se habilita un retorno a la altura del conjunto claros del bosque y se desvía el tráfico proveniente de la variante Norte por la carrera 17, hasta conectar nuevamente con la calle 61 Norte hacia la carrera 9ª o autopista Norte.

Para llevar a cabo el **P.M.T**, se hizo concertación y acuerdo previo con la Secretaria de Tránsito Municipal a fin de que se autorizara por parte de esta dependencia el cierre temporal y/o definitivo de la vía en caso de ser necesario.



### LOCALIZACION PROYECTO

Fuente. Foto satelital - Google Earth



**LOCALIZACION PROYECTO**  
Fuente. Mapa Urbano Popayán - Google Earth

## 16. INICIO DE TRABAJOS REPOSICION DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO TRANSVERSAL 9ª NORTE ENTRE CARRERA 9ª Y LA VARIANTE PANAMERICANA TRAMO - 1



Imagen 9 - Valla de información contrato 016-2016

Los trabajos se inician con el levantamiento topográfico, localización y replanteo de las líneas de distribución existentes, se localizaron e inspeccionaron cámaras, hidrantes, sumideros de aguas lluvias y cajas de inspección; en los sitios donde no fue posible identificar plenamente la ubicación de las redes, se procedió a realizar apiques que permitieron conocer la ubicación de las diferentes líneas de tuberías que existían en el tramo.





Imagen 10 Nivelación topográfica

### **17. CORTE DE CARPETA ASFALTICA CON MAQUINA DEMOLICIÓN Y RETIRO DE MATERIAL SOBRENTE.**

La transversal 9ª Norte en su totalidad es una vía que presenta pavimento flexible, lo cual facilito en gran medida el corte de la carpeta asfáltica, su posterior demolición y retiro del material sobrante.

Adicionalmente a esta actividad fue necesario hacer demolición de losas en concreto hidráulico dispuestas en las intersecciones o puntos de acceso a conjuntos residenciales, así como andenes peatonales, cunetas y sumideros existentes dispuestos para el manejo de aguas lluvias superficiales.



Imagen 11 Corte y demolición pavimento flexible



Imagen 12 - 13 Retiro de material sobrante

## 18. EXCAVACIONES

Las excavaciones se hicieron sobre material común y conglomerado hasta una profundidad promedio de 2.50 metros de profundidad; durante los trabajos de excavación se presentaron adicionalmente perforaciones en líneas telefónicas y de gas domiciliario, esto permitió identificar su ubicación, para inicialmente realizar las reparaciones necesarias y posteriormente proceder a su reubicación de manera articulada con cada una de las empresas involucradas en la obra.

Gracias a la temporada seca que se ha presentado durante el desarrollo de la obra, los trabajos de excavación se han ejecutado de manera ágil, además de permitir el uso de maquinaria amarilla (retroexcavadora), las medidas adicionales de apuntalado y/o entibado de excavaciones solo se han realizado en los sitios en los cuales las excavaciones son en material común y han superado los 2.50 metros de profundidad.



Imagen 14 - 15 Excavacion en material comun y conglomerado con maquinaria.



Imagen 16 - 17 Excavación en material común a mano

### 18.1 Retiro de Tuberías Existentes

Una vez terminadas la excavación del tramo a reemplazar, se procede al retiro de las tuberías existentes.



Imagen 18 -19 Demolición y retiro tubería en concreto existente

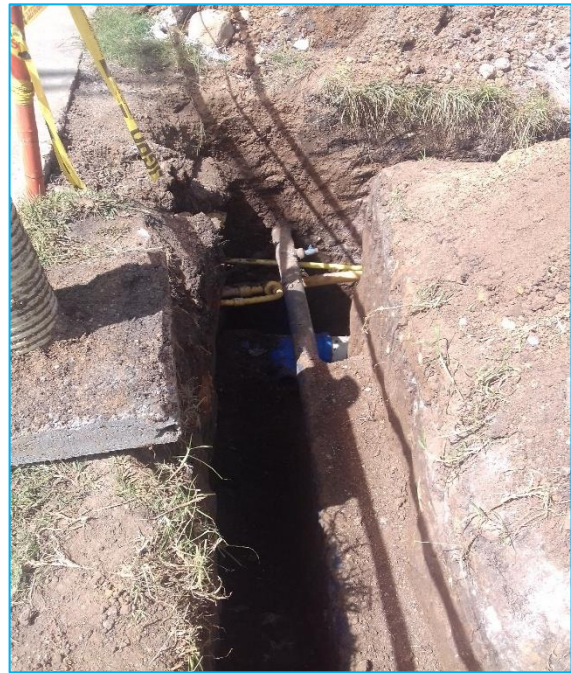


Imagen 20 - 21 Retiro tubería en PVC existente

### 19. CIMENTACION TUBERIAS, RELLENOS Y CARPETA ASFALTICA

Para el proceso de cimentación de las tuberías se utilizó material granular (gravilla) con el cual se construyó un colchón de relleno que garantiza la integridad de la tubería impidiendo que la misma sufra deformaciones y/o fracturas durante la compactación del material, debido a la presencia de rocas con sobre tamaños y formas angulares presentes al fondo de las excavaciones.

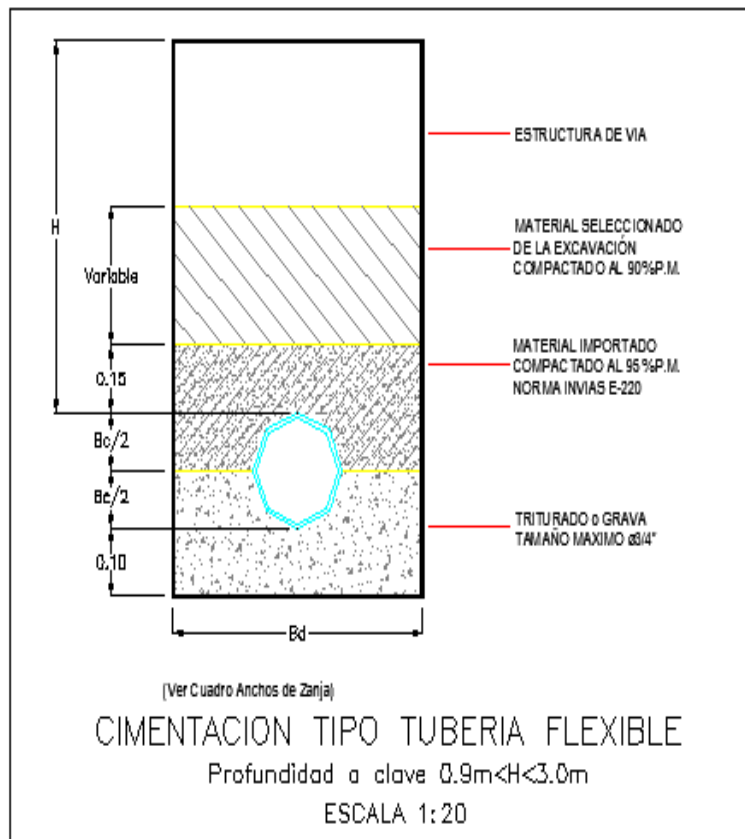


Imagen 22 Detalle cimentación tubería flexible



Imagen 23 - 24 Cimentación tubería flexible

## 20. INSTALACION DE TUBERIAS PVC UNION MECANICA ALCANTARILLADO PLUVIAL TRAMO 1

La construcción de la red de alcantarillado pluvial, se realizó sobre la margen izquierda de la vía, en sentido oriente occidente, se utilizaron diámetros de tubería de 10-14"-16"-18"-20"-24", se construyeron **22 cámaras** de inspección distribuidas a una distancia promedio de **70 ml**, se construyeron **70 cajillas** con tapa en concreto para instalaciones domiciliarias, la conducción superficial de las aguas se hará a través de berma cunetas hasta sumideros tipo **A.A.P.S.A** horizontales y mixtos con rejilla, ubicados en líneas de 4 unidades sobre las dos calzadas y a una distancia promedio de 80 ml; la conexión entre sumideros se hará en tubería PVC de 8", la pendiente promedio de la tubería de acuerdo al diseño es del 2.4%.

La disposición final de las aguas lluvias se hará a través de un cabezal en concreto hasta la fuente de disposición final, que es la Quebrada Quita Calzón.



Imagen 25 – 26 Instalación tuberías diámetro 20" Alcantarillado pluvial





Imagen 27 - 28 Construcción cámaras de inspección Alcantarillado pluvial

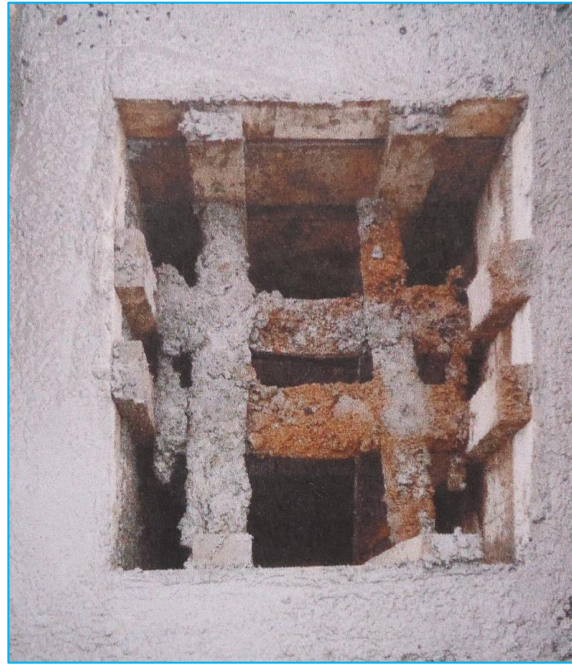
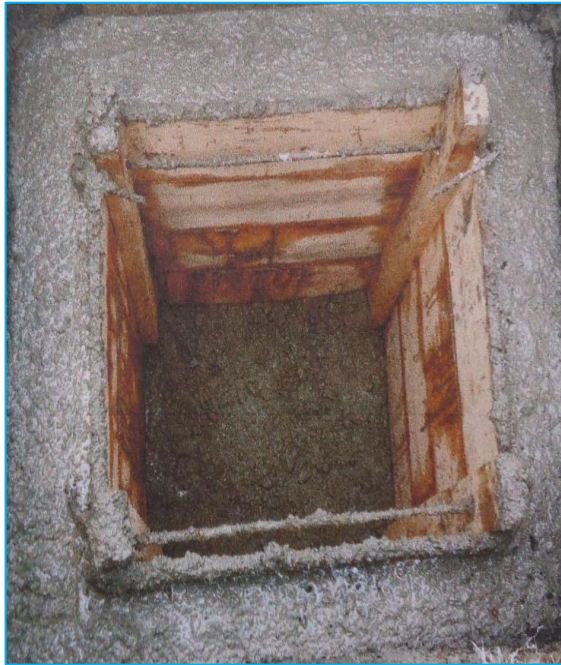


Imagen 29 - 30 Construcción cajillas - instalaciones domiciliarias Alcantarillado pluvial

## 21. INSTALACION DE TUBERIAS Y ACCESORIOS PVC UNION MECANICA ALCANTARILLADO SANITARIO TRAMO 1

La construcción de la red de alcantarillado sanitario, se realizó sobre el eje del primer carril proyectado - calzada derecha de la vía, en sentido oriente occidente en una longitud total de **1471ml**; se construyeron **25 cámaras** de inspección distribuidas cada **60m** aproximadamente, la disposición final de las aguas residuales servidas se hizo por tramos a dos colectores existentes, así:

- El primer tramo se descarga al colector ubicado sobre la intersección con la variante panamericana, que a su vez realiza su disposición final sobre la **Quebrada Garrochal**.
- El segundo tramo, y parte del primer tramo se descarga al colector ubicado en la **Calle 58 Norte**, que a su vez realiza su disposición final sobre la quebrada **Quita calzón**.

La instalación de tuberías y accesorios en PVC y HD se realizó por tramos, teniendo especial cuidado en la manipulación de las mismas, para evitar que se presentaran daños como fracturas y/o fisuras, la unión mecánica se hizo de acuerdo a los protocolos establecidos utilizando el lubricante y los anillos o empaques de seguridad, todo esto con el objeto de evitar fugas al momento de someter las tuberías a condiciones de servicio; de igual forma se conservaron los gradientes establecidos en el diseño (1.8 – 2 %) y chequeados mediante nivelación topográfica en la obra.

Los diámetros de tuberías y accesorios utilizados en la red de alcantarillado sanitario fueron de 10"-12"-14"-16"-18"-20" teniendo en cuenta las variación en las descargas y las pendientes a lo largo de la totalidad del tramo; se construyeron 72 cajillas en concreto con tapa para instalaciones domiciliarias; **las sillas Y** utilizadas para las conexiones domiciliarias fueron de los mismos diámetros de las tuberías con reducción a 6".



Imagen 31 - 32 instalación sillas Y - instalaciones domiciliarias Alcantarillado sanitario



Imagen 33 – 34 Instalación sillas Y - instalaciones domiciliarias Alcantarillado sanitario



Imagen 35 - 36 Construcción cámaras de inspección Alcantarillado sanitario



Imagen 37 - 38 Construcción cajillas - instalaciones domiciliarias Alcantarillado sanitario

## 22. INSTALACION DE TUBERIAS Y ACCESORIOS PVC UNION MECANICA RED DE DISTRIBUCIÓN ACUEDUCTO AGUA POTABLE

La construcción de la red principal de distribución de acueducto de agua potable se realizó sobre las dos márgenes de la vía, sentido oriente occidente, en una longitud total de **2.869 ML**, se utilizaron diámetros de tubería de 3",4",6",8", los accesorios utilizados son en HD y HF; se realizaron **110 conexiones domiciliarias** teniendo en cuenta predios o lotes de terreno sin construir, reservados a futuras construcciones.



Imagen 39 - 40 Instalación tubería PVC unión mecánica red distribución acueducto

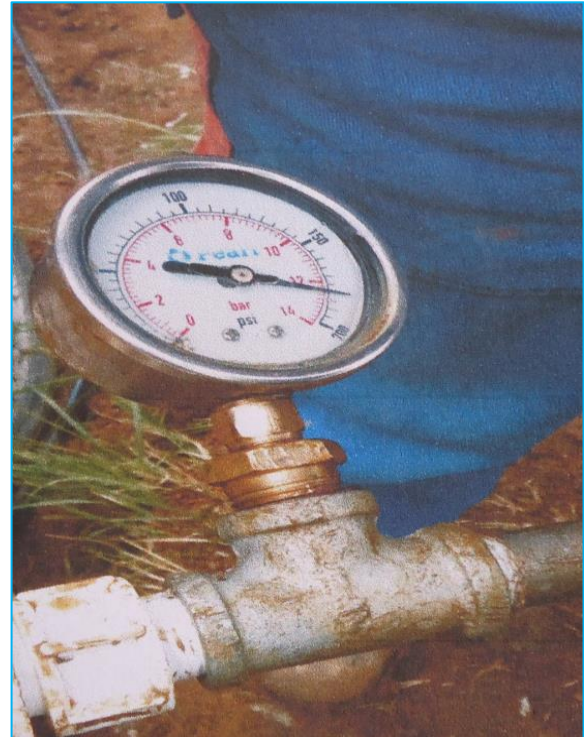


Imágenes 41 – 47 accesorios varios en HF y/o HD Red distribución acueducto.

**NOTA.** Los accesorios utilizados en la red de distribución de agua potable o acueducto son en HF y/o HD, para garantizar las condiciones de servicio debido a las altas presiones que se manejan.



Imágenes 48 – 49 Conexiones domiciliarias manguera PF+UAD



Imágenes 50 - 51 Prueba de presión manométrica

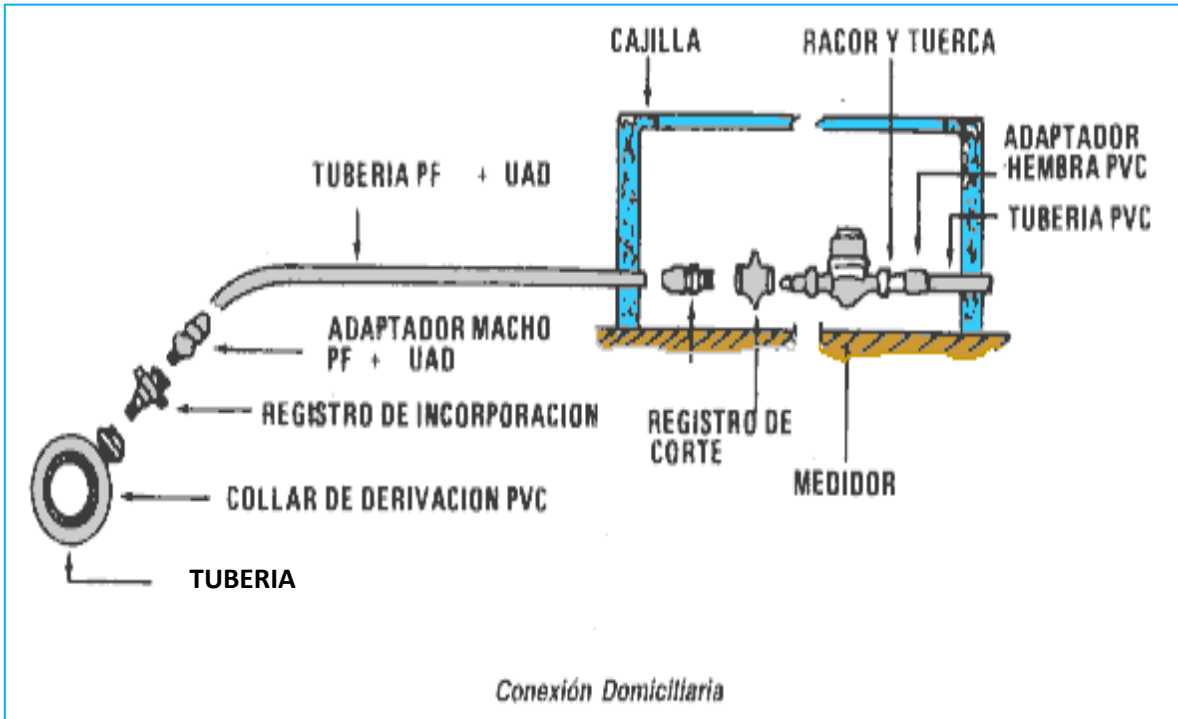


Imagen 52 Detalle conexión domiciliaria acueducto  
Fuente normas de diseño sistemas de acueducto **E.P. M**

Las Tuberías PF + UAD de PAVCO son tuberías de Polietileno flexible + aluminio dúctil especificadas para uso en domiciliarias de Acueducto.

### 23. RELLENOS.

Los rellenos utilizados se clasifican así:

- **Relleno tipo 1.** Realizado con material de la excavación, compactado con equipo mecánico de bajo peso.
- **Relleno tipo 2.** Realizado con material limo arcilloso importado compactado con equipo mecánico convencional.





Imagen 53 – 54 Compactación con equipo mecánico de bajo peso.

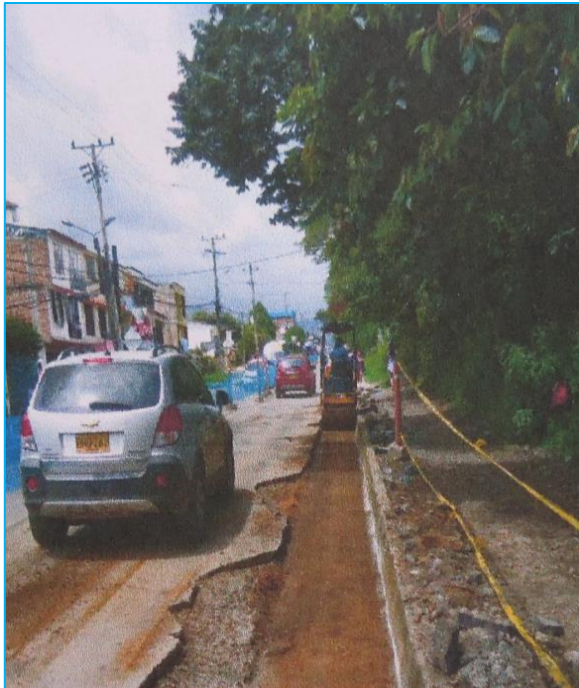


Imagen 55 - 56 Compactación con equipo mecánico convencional.

#### 24. EXTENDIDO Y COMPACTACION DE MATERIAL DE BASE GRANULAR

El extendido y compactación de material de base granular se hizo teniendo en cuenta las condiciones geotécnicas de cada tramo, y se compactaron al 90 y 95% respectivamente del ensayo proctor modificado según especificaciones técnicas.



Imagen 57- 58 Ensayo grado de compactación método cono y arena.

**NOTA.** Una vez concluida la actividad, de compactación de la base, se dará la vía existente nuevamente al servicio, cabe anotar que la carpeta asfáltica removida para los trabajos de construcción y reposición de redes de acueducto sanitario, pluvial y redes de distribución de acueducto, **NO** será reemplazada, lo anterior obedece a que la carpeta existente será retirada en su totalidad para dar paso a los trabajos de construcción y ampliación de la nueva vía que será construida en pavimento rígido.

En los sitios donde se ubicaron las cámaras y válvulas se realizó la construcción de brocales y cajas en concreto de 4000 psi, para protección, mantenimiento y acceso a estos elementos cuando se requieran.



Imagen 59- 60 Construcción de brocales y cajas.

Para reposición de andenes, cunetas, y construcción de anclajes de accesorios se utilizaron concretos de 2500 psi.

Todas las labores desarrolladas se ejecutaron bajo la supervisión de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A-E.S.P y la interventoría externa a cargo del ingeniero Andrés Fernando Duque Sanclemente.

## 25. RESUMEN FINAL LABOR DE INTERVENTORÍA Y DIRECCIÓN DE OBRA

A fecha 31 de agosto de 2017, día en que termino mi labor como pasante en la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán, aun no se han concluido los trabajos proyectados para un plazo de inicial de cuatro (4) meses de ejecución.

Esta situación ocasiono continuos requerimientos y llamados de atención al contratista por parte de la comunidad del sector y la interventoría, debido a que la obra presenta un atraso significativo del 15% lo cual obedece a diferentes factores como son:

- Condiciones climáticas adversas.
- Demora en el suministro de material granular de base, necesario en la cimentación de las tuberías.
- Incumplimiento por parte del contratista en la asignación de suficiente personal maquinaria y equipo para adelantar los trabajos acorde al cronograma de obra previsto.
- Incumplimiento de obligaciones en sistema de riesgos laborales y salud ocupacional.
- Demora en la entrega de planillas de pago del personal a cargo del contratista
- deficiencia falta de planeamiento e improvisación en la ejecución de prácticas constructivas
- Demora en la evacuación y disposición final de material sobrante de excavación y escombros de demolición.
- Falta de implementación de un plan de contingencia.
- Deficiencias presentadas en el **PMT**, lo cual ocasiono un accidente de tránsito leve.

Debido a todas las inconsistencias presentadas y a los continuos incumplimientos por parte del contratista pese a los requerimientos y llamados de atención de la interventoría, se tomó la decisión de liquidar el contrato **de común acuerdo entre las partes**, con el propósito de no dilatar el proceso ni suspender la obra por tiempo indefinido.

Para agilizar este trámite, se reunieron las partes involucradas entidad contratante, contratista e interventoría, y se concertó suspensión de obra con fecha de corte 09 de julio de 2017.

Durante la semana del 10 al 15 de julio de 2017, se procedió a retirar el personal, materiales maquinaria y equipo por parte del contratista.

A partir del día lunes 17 de julio, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán, asumió directamente la ejecución de las obras para lo cual se reajusto el

cronograma de obra previsto inicialmente, y se procedió a reiniciar las obras en dos frentes de trabajo con personal, maquinaria y equipo de la empresa.


Durante mi permanencia como pasante en la empresa, a fecha 31 de julio se ejecutó el 80% de las obras previstas para el **tramo 1**.

Las obras de redes de acueducto y alcantarillado pluvial se encuentran ejecutadas en un 71% en los dos tramos.

Queda pendiente la construcción de la red de alcantarillado sanitario en la totalidad del **tramo 2**, obras que según el cronograma de obra están previstas iniciar el día 25 de septiembre de 2017.

Toda la información aquí consignada, se encuentra debidamente soportada por documentación escrita que reposa en el archivo central de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán.

ACTA DE AVANCE DE OBRA 06 DONDE SE EVIDENCIA EL ESTADO DEL CONTRATO

		<b>ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYÁN S.A. E.S.P.</b>		
		NIT 891.500.117-1 NUIR 1-19001000-1 SSPD		
<b>AVANCE DE OBRA 06</b>				
<b>FECHA DE CORTE 09 DE JULIO DE 2017</b>				
Costo Directo por mano de obra		\$ 1.085.848.569	\$ 491.456.372,00	\$ 53.436.176,00
Costo Directo por materiales		\$ 797.022.661	\$ 779.596.811,00	\$ 12.285.504
Administración	24%	\$ 260.603.657	\$ 117.949.529,00	\$ 12.824.682
Imprevistos	1%	\$ 10.858.486	\$ 4.914.564,00	\$ 534.362
Utilidad	5%	\$ 54.292.428	\$ 24.572.819,00	\$ 2.671.809
I.V.A. 16% Sobre materiales	16%	\$ 127.523.626	\$ 124.735.490,00	\$ 1.965.681
<b>VALOR TOTAL PROPUESTA / EJECUTADO</b>		<b>\$ 2.336.149.429</b>	<b>\$ 1.543.225.585</b>	<b>\$ 83.718.214</b>
PORCENTAJE DE AVANCE EJECUCION DE OBRA	50,18%	AVANCE SEGÚN PLANIFICACION CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES		85,11%
AVANCE SUMINISTRO DE MATERIAL	99,36%			
TOTAL AVANCE	71,00%	TOTAL ATRASO		14,11%

Realizo:

Andrés Fernando Duque Sanclemente  
CC 10.300.535  
Interventor de obra

Fuente informe de interventoría contrato 06 de 2016

## 26. CRONOGRAMA DE TRABAJO

Las actividades se realizaron en un periodo de **25** semanas, cada semana se trabajó tres días en tiempo completo, el mes de julio se trabajó tres semanas en jornada completa. Cumpliendo así el tiempo requerido de **576** horas.

### CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PASANTÍA

MES	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	junio	Julio	Total
SEMANA	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas	Horas
1	24	24	24	24	24	32	
2	24	24	24	24	24	40	
3	24	24	24	24	24	24	
4	24	24	24	24	24	-	
<b>TOTAL</b>	96	96	96	96	96	96	<b>576</b>

## 27. PRESUPUESTO Y FINANCIAMIENTO

ITEM	DESCRIPCION	VALOR SEIS MESES(\$)	GASTO ASUMIDO POR:
<b>Implementos</b>	Papelería, Impresiones, fotocopias.	180.000	Pasante
<b>Transporte</b>	Global	600.000	Pasante
<b>Honorarios Director (UNICAUCA)</b>	Profesor	1.920.000	Unicauca
	<b>TOTAL</b>	<b>\$2.700.000</b>	

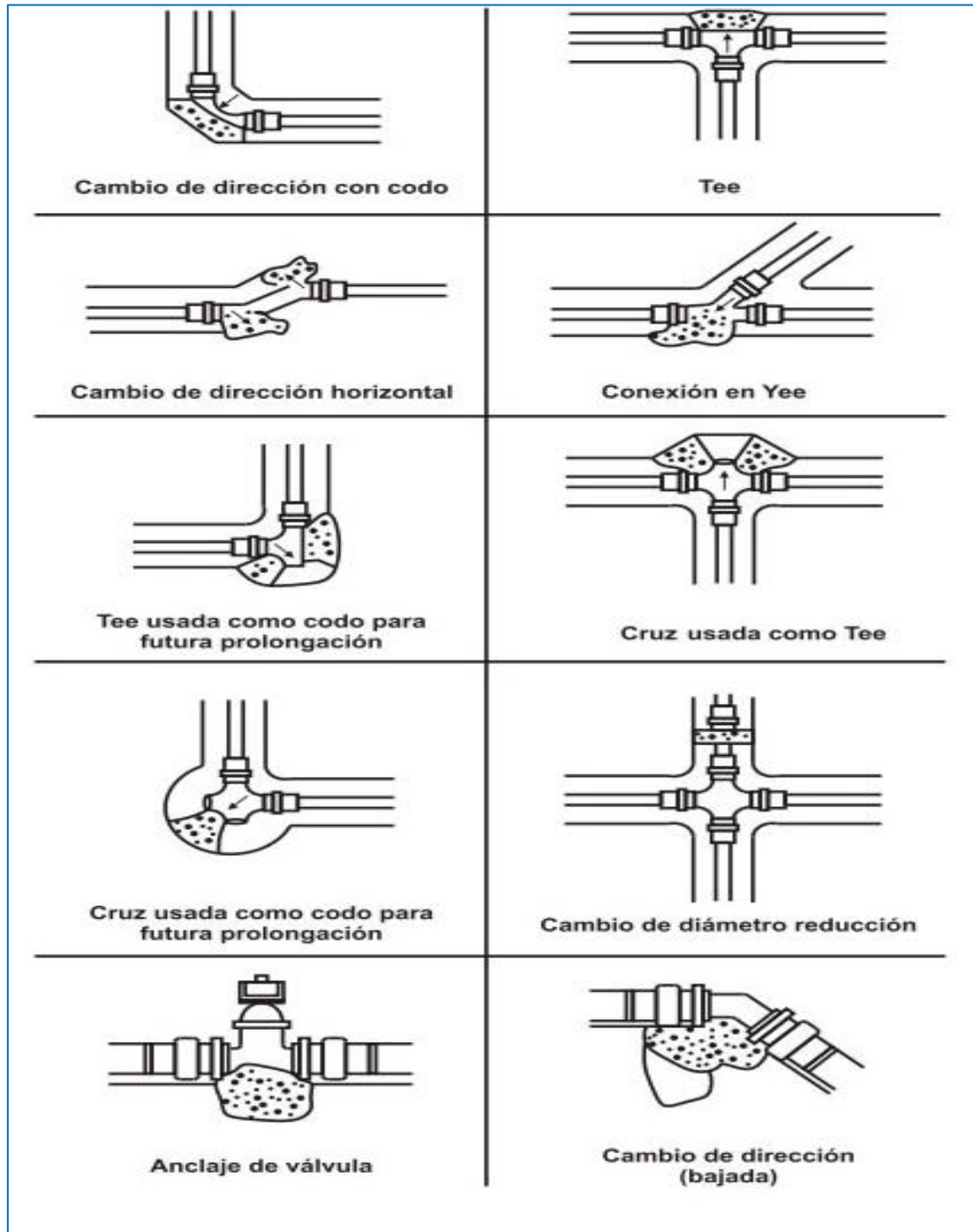
## 28. CONCLUSIONES

- La realización de esta práctica profesional como requisito para optar al título de Ingeniero civil me permitió afianzar y fortalecer todos los conocimientos adquiridos en mi formación académica, involucrándome en el medio laboral, experiencia de gran ayuda para mi crecimiento tanto personal como profesional.
- Se logró coordinar y ejecutar las actividades diarias programadas en los tramos 1 y 2 en lo relacionado con construcción de redes de acueducto y alcantarillado sanitario y pluvial; estas planificaciones fueron realizadas de manera conjunta por las dependencias de acueducto y alcantarillado de la empresa.
- La información recopilada en campo y depurada en oficina permitió cumplir con la entrega de informes para control de obra, en donde se expresaron los avances realizados y cantidades ejecutadas.
- Dentro de las actividades realizadas en esta pasantía, la interventoría jugó un papel muy importante en la ejecución y adecuado desarrollo de todas las obras en las que participe, cumpliendo todas las funciones técnicas y administrativas requeridas.
- El participar de manera activa en la dirección de obra y apoyo a la interventoría me permitió aportar soluciones a problemas que surgieron durante el proceso constructivo en los diferentes frentes de trabajo, lo cual me permitió participar en la toma de decisiones y brindar salidas a problemas reales.
- Las labores ejecutadas en los tramos 1 y 2 de la transversal 9ª Norte con variante panamericana permitirán que este importante sector de la ciudad pueda proveerse de servicios públicos de agua potable y alcantarillado sanitario y pluvial durante un periodo de 50 años.
- La implementación de nuevas redes de acueducto y de sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial son de gran importancia, ya que con ellos, se genera una nueva dinámica en el campo de la construcción en otros sectores y áreas de expansión de la ciudad.



## 29. ANEXOS

### Anclajes para tuberías PVC - Unión mecánica



Fuente <https://www.traxco.es/blog/pivotes-de-riego/bloques-de-anclaje>

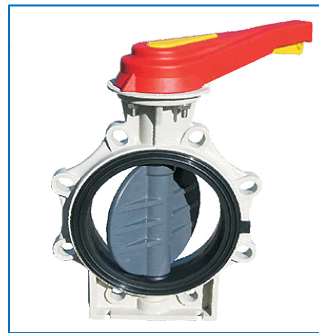
### Tipos de válvulas HD/HF presión

Anexo gráfico A) Válvula tipo Bola, B) Válvula tipo Mariposa.

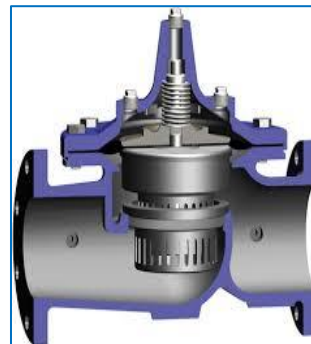
(A)



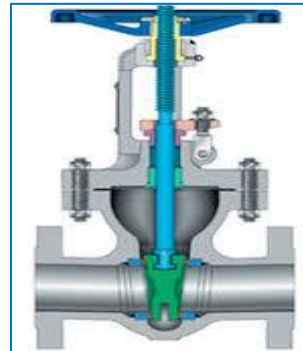
(B)



Anexo gráfico (C) Válvula tipo Globo y esquema Interno.



Anexo gráfico (D): Válvula tipo Compuerta y esquema Interno.



Fuente [campusvirtual.edu.uy/.../CURSO%20DE%20HIDRAULICA/Hidráulica](http://campusvirtual.edu.uy/.../CURSO%20DE%20HIDRAULICA/Hidráulica)

### 30. BIBLIOGRAFIA

- Acueducto y Alcantarillado de Popayán (<https://www.acueductopopayan.com.co>)
- Recolección de aguas residuales/Napoleón Zambrano Alfonso. Docente Universidad del Cauca, Lemoine editores 2015.
- Normas de diseño sistemas de acueducto Empresas Públicas de Medellín.
- Apuntes realizados en cada salida técnica de interventoría.
- FILOSOFIA ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYAN S.A-E.S.P. [online Popayán, Cauca]: [Citado 27 de septiembre 2017].
- URL:<http://www.acueductopopayan.com.co/institucional/filosofia/>
- OBANDO, Geovanny. División de Planeación Acueducto y Alcantarillado de Popayán. MANUAL DE INTERVENTORIAS
- EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYÁN S.A.E.S.P. Manual para construcción de redes de Acueducto y Alcantarillado en el Municipio de Popayán.