

**SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO DE ALCANTARILLADO,
CONJUNTO CERRADO ALTOS DE TULCÁN EN LA CIUDAD DE POPAYÁN.**

JESÚS ORLANDO VÁSQUEZ
Código 04002002



UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
POPAYÁN
2010

**SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO DE ALCANTARILLADO,
CONJUNTO CERRADO ALTOS DE TULCÁN EN LA CIUDAD DE POPAYÁN.**

**JESÚS ORLANDO VÁSQUEZ
CODIGO: 04002002**

**Arq. GUSTAVO ANGEL
Jefe de Departamento Construcción**

**Ing. GUILLERMO CHAUX
Director de Pasantía**

**Trabajo de grado en la modalidad de pasantía para optar al título de
Ingeniero Civil.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
PROGRAMA INGENIERIA CIVIL
POPAYÁN
2010**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Asesor

Jurado

Jurado

Popayán, 05 de mayo de 2010.

DEDICATORIA

Dedico mi triunfo a Dios por haberme permitido vivir para realizar mi sueño. A mi familia, en especial a mi madre, tía Doris y abuela Herlinda por su apoyo incondicional durante todo el proceso de formación.

A mi hija y a mi esposa por haber estado conmigo compartiendo momentos felices y apoyándome en momentos difíciles en los cuales se necesita de comprensión y amor para seguir adelante en una carrera tan bonita y a la vez tan difícil.

A mi padre que aunque no esta conmigo desde hace mucho tiempo, lo recuerdo y desearía que hiciera parte de esta inmensa alegría de culminar una meta más, de las muchas que me he propuesto.

Espero ser un excelente profesional y dejar en alto el nombre de la Universidad del Cauca, lugar que me acogió y en el cual pase un largo transcurrir de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Expreso agradecimientos a:

Los docentes de Ingeniería Civil de la universidad del Cauca, por todas las enseñanzas y conocimientos transmitidos en este tiempo de estudio, los cuales han sido los que me han permitido desenvolverme en mi vida laboral como auxiliar de obra.

Un agradecimiento especial al director de pasantía Ing. Guillermo Chaux Figueroa, por colaborar con mi trabajo de grado, y por fortalecer mis conocimientos para el mejoramiento personal y profesional.

Agradezco a la Constructora Geko Ltda. Por brindarme la oportunidad de desempeñarme en el cargo como auxiliar de residencia y por facilitarme material técnico para cumplir con los objetivos propuestos en mi trabajo de grado.

Y por último agradezco a todos aquellos que tuvieron de una u otra manera que ver conmigo en este proceso formativo que fue convertirse en Ingeniero Civil de la Universidad del Cauca.....Muchas gracias!

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	15
OBJETIVOS	16
1. TÍTULO DE LA PASANTÍA.....	17
2. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	18
2.1 EMPRESA EJECUTORA	19
3.ALCANCE	20
4. ALGUNOS TRÁMITES REALIZADOS PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.....	21
5. TRABAJOS EJECUTADOS AL INICIO DE LA OBRA.....	22
6. LOCALIZACIÓN TOPOGRÁFICA DEL PROYECTO ALTOS DE TULCÁN.	24
7. EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYÁN.....	27
7.1 VIABILIDAD DE SERVICIOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO.	27
7.3 CONSTRUCCIÓN E INTERVENTORÍA.....	30
7.4 ENTREGA DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO.	31
8. INFORME DE DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO.....	32
9. DEFINICIÓN TÉRMINOS USADOS EN SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL.....	33
10. LOCALIZACIÓN DEL ALCANTARILLADO SANITARIO.....	37

10.1 SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	39
10.2 MATERIALES USADOS EN CONSTRUCCIÓN ALCANTARILLADO SANITARIO.....	39
10.3 ALMACENAMIENTO TUBERÍA.....	43
10.4 TRANSPORTE.....	45
10.5 INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA.....	45
10.6 LOCALIZACIÓN CÁMARAS DE INSPECCIÓN SANITARIAS.....	50
10.7 LOCALIZACIÓN DE TUBERÍA ALCANTARILLADO SANITARIO.....	51
10.8 INSTALACIÓN TUBERÍA ALCANTARILLADO SANITARIO.....	52
10.9 ENCOFRADO CILINDROS CÁMARAS DE INSPECCIÓN.....	55
11. BROCALES O CORONAS.....	58
11.1 ENCOFRADO BROCALES.....	59
11.2 FUNDICIÓN BROCALES.....	60
12. TAPAS DE CÁMARAS DE INSPECCIÓN.....	62
12.1 CAÑUELAS CÁMARAS DE INSPECCIÓN.....	63
13. EMPALME AL COLECTOR PRINCIPAL.....	65
14. REVISIÓN DE OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO PARA EJECUTAR EMPALMES.....	66
15. DOMICILIARIAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	68
16. PASE ALCANTARILLADO SANITARIO VÍA DIAMANTE.....	72
17. SISTEMA DE FILTROS.....	75
17.1 MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE FILTROS.....	76
17.2 CONSTRUCCIÓN DE FILTROS.....	77

18. INFORME DE DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO.....	80
18.1 ESPECIFICACIONES GENERALES	80
18.2 ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN	81
18.3 ESPECIFICACIONES SANITARIAS	81
18.4 VALORES UNITARIOS SANITARIOS.	81
18.5 PRESUPUESTO ALCANTARILLADO SANITARIO	81
19. ALCANTARILLADO PLUVIAL	82
19.1 LOCALIZACIÓN ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	82
19.2 MATERIALES CONSTRUCCIÓN ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	83
19.3 CANALIZACIÓN CAÑO.....	83
20. CONSTRUCCIÓN ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	86
20.1 INSTALACIÓN TUBERÍA RIB STEEL	86
20.2 SUMIDEROS	90
20.2.1. Tapas sumideros.	93
20.2.2 Tapas ciegas.....	93
20.2.3 Rejilla sumideros.....	94
21. INFORME DISEÑO DE REDES ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	94
21.1 PRESUPUESTO ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	95
22. RENDIMIENTO MATERIALES CONSTRUCCIÓN ALCANTARILLADO SANITARIO.....	97
22.1 DOMICILIARIA	97
22.2 COLECTORES.....	97
22.3 CILINDROS CAMARAS DE INSPECCIÓN.....	98
22.4 BROCALES.....	98
22.5 CAÑUELAS.....	98
22.6 TAPAS CAMARAS DE INSPECCIÓN.....	99

23. RENDIMIENTO MATERIALES ALCANTARILLADO PLUVIAL:.....	100
23.1 COLECTORES.....	100
24. COSTO ALCANTARILLADO SANITARIO	101
25. COSTO ALCANTARILLADO PLUVIAL.....	102
26. COSTO FILTRO	104
27. COSTO OBRAS ADICIONALES.....	105
28. CONCLUSIONES	106
29. RECOMENDACIONES.....	107
BIBLIOGRAFÍA.....	108

LISTA DE TABLAS

Tabla1. Distancias mínimas de instalación permitidas entre el sistema de acueducto y otras redes (ras 2000)	46
Tabla 2. Cimentación	47
Tabla 3. Profundidades de instalación de tuberías de alcantarillado corrugado	48
Tabla 4. Características de materiales de relleno	49
Tabla 5. Ancho de zanjas para tuberías de alcantarillado	55
Tabla 6. Presupuesto alcantarillado sanitario.	81
Tabla 7. Presupuesto alcantarillado sanitario.	95
Tabla 8. Rendimiento material domiciliario	97
Tabla 9. Rendimiento material colector 8”	97
Tabla 10. Rendimiento material cámara	98
Tabla 11. Rendimiento material brocal.	98
Tabla 12. Rendimiento cañuela	98
Tabla 13. Rendimiento material tapas cámaras	99
Tabla 14. Rendimiento material colectores pluviales	100
Tabla 15. Costo alcantarillado sanitario.	101
Tabla 16. Costo alcantarillado pluvial.	102
Tabla 17. Costo filtro.	104
Tabla 18. Costo obras adicionales	105

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proyecto altos de tulcán.....	17
Figura 2. Asfalto envejecido.....	22
Figura 3. Descapote del lote.	22
Figura 4. Canal para bajar nivel freático.	23
Figura 5. Estacas de punto	24
Figura 6. Nivelación del terreno	24
Figura 7. Cajeo de la vía principal.....	25
Figura 8. Chequeo de cajeo de vía.	25
Figura 9. Estacas para corte de vías.	25
Figura 10. Excavación alcantarillado.	37
Figura 11. Tubería de acueducto	37
Figura 12. Alcantarillado sanitario.....	38
Figura 13. Excavación alcantarillado sanitario	38
Figura 14. Chequeo de niveles	39
Figura 15. Bm para chequeo de cotas	39
Figura 16. Tubo alcantarillado pvc	42
Figura 17. Silla pvc 6 x 8”	42
Figura 18. Alambre galvanizado # 16	42
Figura 19. Hidro sello de 8”	42
Figura 20. Sikaflex 221	43
Figura 21. Hidrosello de 6”	43
Figura 22. Lubricante	43
Figura 23. Descargue tubería	44
Figura 24. Almacenamiento tubería	44
Figura 25. Excavación cámaras.....	51
Figura 26. Excavación cámaras.....	51
Figura 27. Sector diamante.....	52

Figura 28. Descenso tubería.....	52
Figura 29. Capa de arena	53
Figura 30. Capa de grava	53
Figura 31. Chequeo alineamiento	53
Figura 32. Chequeo pendiente.....	53
Figura 33. Estacas para pasar niveles.....	54
Figura 34. Tramo alcantarillado en excavación.....	54
Figura 35. Encofrado cilindros 1.	55
Figura 36. Encofrado cilindros 2.	55
Figura 37. Chequeo cota tapa cámara.....	56
Figura 38. Uso de formaleta brocal.....	56
Figura 39. Fundición cilindros cámaras	57
Figura 40. Compactación concreto cilindros	57
Figura 41. Refuerzo transversal.....	58
Figura 42. Refuerzo principal	58
Figura 43. Amarre refuerzo brocales	59
Figura 44. Soldadura brocales	59
Figura 45. Encofrado brocales 1	59
Figura 46. Encofrado brocales 2.....	59
Figura 47. Encofrado brocales 3.....	60
Figura 48. Encofrado brocales 4.....	60
Figura 49. Fundición brocales.....	61
Figura 50. Terminado brocales	61
Figura 51. Fundición tapas cámaras.....	62
Figura 52. Colocación manija para levantar tapa.....	62
Figura 53. Corte de tubo de 10”	63
Figura 54. Colocación de capa de piedra	63
Figura 55. Fundición piso cañuela	64
Figura 56. Cañuela.	64
Figura 57. Empalme al colector principal	65
Figura 59. Corte de tubo de 6”	68

Figura 60. Agujero abierto para calzar silla.....	68
Figura 61. Utilización de sikaflex 221.....	69
Figura 62. Empalme de la silla altubo de 8”.....	69
Figura 63. Utilización alambre galvanizado.....	70
Figura 64. Colocación de empaque al tubo de 6”.....	70
Figura 65. Compactación relleno.....	71
Figura 66. Empuje tubo domiciliaria.....	71
Figura 67. Corte vía para pase.....	72
Figura 68. Cortes realizados.....	72
Figura 69. Utilización de retroexcavadora.....	73
Figura 70. Tipo de suelo encontrado.....	73
Figura 71. Descenso tubería.....	73
Figura 72. Alineamiento tubería.....	73
Figura 73. Relleno tramo vía.....	74
Figura 74. Arreglo temporal vía.....	74
Figura 75. Zona nivel freático alto.....	75
Figura 76. Excavación alcantarillado.....	75
Figura 77. Material para filtro.....	76
Figura 78. Almacenamiento material.....	76
Figura 79. Tubería cordrenaje.....	76
Figura 80. Agujeros tubería cordrenaje.....	76
Figura 81. Sistema espina de pescado.....	77
Figura 82. Tubería filtro instalada.....	77
Figura 83. Filtro en espina de pescado.....	78
Figura 84. Cocido de geotextil nt.....	78
Figura 85. Ensamble tubería 27”.....	84
Figura 86. Transporte tubería 27”.....	84
Figura 87. Unión con soldadura.....	85
Figura 88. Descenso tubería fondo caño.....	85
Figura 89. Excavación inestable 1.....	86
Figura 90. Excavación inestable 2.....	86

Figura 91. Entibada excavación.....	87
Figura 92. Utilización retro en terreno inestable.....	87
Figura 93. Transporte tubería rib-loc.....	88
Figura 94. Descenso tubería con manila	88
Figura 95. Utilización guías.....	89
Figura 96. Soldando tubos 27”.....	89
Figura 97. Obrero en el interior tubo.....	89
Figura 99. Excavación sumideros	90
Figura 100. Encofrado sumideros.....	90
Figura 101. Encofrado sumideros	91
Figura 102. Chequeo de dimensiones.....	91
Figura 103. Viga de hierro usada.....	92
Figura 104. Encofrado tabique divisorio.....	92
Figura 105. Colocación viga de refuerzo	93
Figura 106. Cajón sumidero fundido.....	93
Figura 107. Reja para sumidero.....	98
Figura 108. Recibidor para reja.....	98

INTRODUCCIÓN

La construcción de un proyecto de vivienda unifamiliar involucra una serie de actividades que en conjunto y bien ejecutadas, garantizan un correcto funcionamiento del proyecto como un todo a través del tiempo.

Una de esas labores es la construcción del sistema de alcantarillado, el cual brindará a las familias que habiten un determinado sector, condiciones ideales de salubridad y limpieza. Por ello es de suma importancia, velar porque los materiales empleados cumplan con los mínimos requerimientos de calidad, y además porque las obras se ejecuten por personal capacitado y que se cumpla con los parámetros de diseño. Debe existir un control en los procesos constructivos del sistema de alcantarillado, para no tener a futuro, problemas cuyas soluciones resulten más costosas que la inversión inicial o que puedan causar contratiempos para las personas que habiten una unidad residencial.

Mediante esta modalidad de trabajo de grado pude involucrarme directamente con cada una de las actividades que involucra la construcción de un sistema de alcantarillado, y además pude colaborar con mis conocimientos para que todo se hiciera de la manera más técnica posible.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Aplicar los conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad del Cauca para actuar como auxiliar de obra en el conjunto cerrado Altos de Tulcán.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Hacer un seguimiento a los procesos constructivos de alcantarillado sanitario y alcantarillado pluvial en el conjunto cerrado altos de Tulcán.
- Adquirir experiencia en el manejo de personal.
- Obtener un rendimiento de materiales involucrados en la construcción del sistema de alcantarillado.
- Ejecutar la obra de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas.
- Registrar los cambios en los diseños del alcantarillado sanitario y pluvial

1. TÍTULO DE LA PASANTÍA

SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO DE ALCANTARILLADO, EN EL CONJUNTO CERRADO ALTOS DE TULCÁN, EN LA CIUDAD DE POPAYÁN.



Figura 1. Proyecto Altos de Tulcán

2. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El conjunto cerrado Altos de Tulcán se encuentra localizado al oriente de la ciudad de Popayán, al lado de la Vereda Pomona, en la carrera 2 # 18N – 61. Se le asignó por parte de la curaduría urbana número 1, la licencia de construcción No 3317 de diciembre 30 del 2008, y la licencia de urbanismo No 149. El proyecto urbanístico consta de 140 viviendas unifamiliares de dos pisos cada una; además de amplias zonas verdes, piscina, salón comunal, zona para juegos infantiles, 14 unidades de parqueo para visitantes, portería y bodega.

El proyecto maneja lotes de 80.60 m², con viviendas que tienen en su primer piso un área de 60 m², y en el segundo piso un área de 61 m²; para un total de 121 m² de área total construida por vivienda. Arquitectónicamente, Las viviendas constan en su primera planta de: sala, comedor, cocina integral, patio jardín, patio de ropas, baño y garaje. En su segundo piso las viviendas tienen: estudio, tres alcobas; la principal con baño y closet, las otras dos con closet y un baño general.

El tipo de cimentación escogido para las viviendas, según el estudio de suelos realizado por Geoconsulta, fue del tipo vigas corridas, con una profundidad de desplante de 0,40 m. El diseño estructural se realizó de acuerdo a la NSR 98 y se eligió para la cimentación vigas corridas tipo T invertida, vigas en L y vigas rectangulares con un peralte de 0.40 m. La estructura está constituida por mampostería confinada, con ladrillo tolete artesanal; en la fachada se construirá un muro estructural, usando ladrillo de perforación vertical. La losa de entrepiso será aligerada, en concreto reforzado y con un espesor de 0.30 m, en casetón de guadua, y cielo raso de malla y pañete. La estructura del techo será de teleras de madera y para la cubierta se utilizarán tejas de asbesto cemento. Entre los acabados de las viviendas se encuentran: estuco para muros, pintura Viniltex, pisos de cerámica, puertas en madera de cedro, ventanería en aluminio, marcos metálicos y cocina integral.

La construcción de redes de acueducto, electricidad, y alcantarillado, se ejecutará de acuerdo a los respectivos planos aprobados.

Para las vías del conjunto cerrado, se construirá un pavimento rígido, con un espesor de subbase de 15 cm. y un espesor de losa de 14 cm.

2.1 EMPRESA EJECUTORA

La constructora GEKO LTDA es una empresa de gran trayectoria y reconocimiento en la ciudad de Popayán, dedicada a la concepción y ejecución de proyectos urbanísticos, y a la compra, venta y urbanización de lotes. Sus socios son: la Ing. Civil Cecilia Farindango, directora de obra y el Ing. electrónico Gerardo Concha Palta, el cual es además el gerente de la constructora.

3. ALCANCE

El proyecto tuvo como fin la participación del pasante en todos y cada uno de los procesos para la ejecución de viviendas unifamiliares de dos pisos en el condominio Altos de Tulcán, incluyendo: la localización topográfica, descapote, movimiento de tierras, localización y construcción de los sistemas de acueducto y alcantarillado, construcción de vía de acceso, localización y replanteo de la cimentación, fundición de cimentación, losas, columnetas de confinamiento, mampostería, instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, acabados, pre acabados y todo lo relativo a la construcción del sistema de cubierta.

Cabe anotar que también hubo participación directa en la parte administrativa, en lo referido a trámites y licencias ambientales, actas de liquidación parcial, control de cantidad de materiales y control de personal.

Durante el desarrollo de la presente pasantía el estudiante pudo participar en la solución de problemas surgidos en el día a día, en el manejo de personal y en la realización de presupuestos.

4. ALGUNOS TRÁMITES REALIZADOS PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.

- ✓ Permiso ante el director de la C.R.C Alberto Molano, para el corte de los siguientes árboles, todos ellos ubicados dentro del predio en el cual se está construyendo el Condominio Altos de Tulcán: 2 aguacates y un limón. Se aclara que con la primera autorización se cortaron 10 matas de guadua, 1 mata de bambú, 3 guayabos, 2 aguacates, 1 cachimbo y para perfilar el lindero Norte, se desaparecieron: 5 palo bobo, 1 arrayán y 6 lecheros.
- ✓ Permiso ante la C.R.C. para intervenir las áreas adyacentes al caño que atraviesa la entrada al lote donde se levantará el condominio Altos de Tulcán; en estas áreas se realizó un relleno, se cortó maleza, se emhradizó y se sembró árboles ornamentales, adicionalmente se limpió y se canalizó el caño con un tubo de 27”.
- ✓ Estudio de suelos realizado por Geoconsulta Ltda.
- ✓ Cálculo y diseño estructural realizado por el Ing. Juan Manuel Mosquera.
- ✓ Licencia Urbanística # 3317 expedida por la Curaduría Urbana #1, y con vigencia de tres años.
- ✓ Licencia de Urbanismo # 149 para conjunto cerrado, uso del suelo: AR3 y para inversión privada.
- ✓ Estudio y análisis para el diseño y recomendaciones para la pavimentación del conjunto cerrado, por el Ing. Jorge Javier Peña.
- ✓ Viabilidad de servicios # 04305, expedida por la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán para disponibilidad del servicio de acueducto y alcantarillado.
- ✓ Viabilidad de servicio de energía para el campamento.
- ✓ Informe de diseño de redes de acueducto y alcantarillado, por el Ing. Henry Rivera.
- ✓ Diseño arquitectónico por el Arq. José Bolívar Oñate

5. TRABAJOS EJECUTADOS AL INICIO DE LA OBRA.

El 27 de enero del 2010, se comenzaron los trabajos para poder acceder al lote. Para ello se mejoró la vía de acceso al predio, utilizando un total de 59 m³ de material de recebo (roca muerta), regados con retroexcavadora.

Con el tiempo de lluvia, el acceso de material se dificultó, ya que la roca muerta se volvió fango. Para solucionar esta dificultad se optó por regar bloques de concreto asfáltico envejecido, y compactarlos con el mismo peso de las volquetas, después de ser regados manualmente.



Figura 2. Asfalto envejecido



Figura 3. Descapote del lote.

El 3 de febrero se comenzó el descapote del lote, cortando un promedio de 40 cm en el área comprendida para la primera etapa y por orden de la dirección de obra. Luego, se abrió una zanja de desagüe para abatir el nivel freático, tal como lo recomendaba el estudio de suelos hecho por Geoconsulta; esto se hizo en la parte nororiental del lote, y a una profundidad de 1,5 metros, dejando una pendiente del 1% para facilitar el escurrimiento de las aguas.



Figura 4. Canal para bajar nivel freático.

En los siguientes 3 meses continuaron los trabajos de descapote, corte de árboles, corte de grama y nivelación de las zonas verdes de la entrada al conjunto. La grama fue seleccionada y cortada en secciones rectangulares de 0,4 metros de lado, con el fin de obtener la de mejor calidad y presentación y se escogió la grama sin maleza para usarla en las zonas verdes del proyecto. Esta fue apilada en sitios en los cuales no interfiriera con la labor de la motoniveladora y la retroexcavadora, y mientras se perfilaban los taludes donde iba a ser sembrada.

Mientras tanto se inició simultáneamente la construcción del campamento, y el cerramiento provisional, a cargo del contratista: el maestro de obra Oscar Valdez. Los trabajos de topografía iniciales estuvieron encaminados a la localización de las estacas de punto perimetrales y las vías de la urbanización.

6. LOCALIZACIÓN TOPOGRÁFICA DEL PROYECTO ALTOS DE TULCÁN.

Inicialmente se hizo un levantamiento general del lote de 49000 m², tanto en planimetría como en altimetría. El levantamiento fue hecho por un topógrafo utilizando estación total.



Figura 5. Estacas de punto



Figura 6. Nivelación del terreno

Luego de elaborar los planos urbanísticos e hidrosanitarios del proyecto, se localizaron las manzanas y vías de la urbanización. Para esta actividad, el topógrafo comenzó localizando el paramento principal de las casas N° 1 a N° 29, para ello debió trabajar con 2 puntos: el primero, la esquina posterior de la casa N° 1 y el segundo, el punto más alejado de los paramentos posteriores de las viviendas de la vereda Pomona, que estaba ubicado frente a la casa N° 11. Giró 90° a partir de estos puntos y midió 11 metros correspondientes al largo de la vivienda y ubicó 2 estacas de punto. Unió estos 2 puntos y con estación total lanzó una visual correspondiente al paramento principal de las viviendas N° 1 a N° 29. Luego midió 6,2 metros correspondientes a la longitud de cada lote y dejó algunas estacas de punto en este alineamiento. Las otras manzanas se ubicaron a partir del alineamiento anterior. Se decidió dejar las estacas de las esquinas de las manzanas por la parte interior del andén, esto con el fin de que cuando se realizara el cajeo de las vías, no se presentara la pérdida de las mismas.

Ejecutado el descapote del lote donde se construiría la primera etapa, se prosiguió con la colocación de estacas de chaflán, en la vía principal de acceso, con base

en el perfil longitudinal de la vía entre la cámara de inspección N° 13 y N° 1. Con base en estas estacas, en las que se señala la magnitud del corte o relleno, medido a partir de un hilo atado a dos puntillas, se comenzó el cajeo de la vía, ejecutado con retroexcavadora, y el retiro con 2 volquetas, una de 6 m³ y otra de 17 m³.



Figura 7. Cajeo de la vía principal



Figura 8. Chequeo de cajeo de vía.

Se definió hacer cargue y bote de material orgánico, y almacenamiento de la tierra amarilla producto del cajeo en el tramo antes mencionado, para usarla posteriormente en el relleno de una zona correspondiente a la segunda etapa, con un nivel mucho más bajo que el necesitado, y en los tramos de alcantarillado donde fuese necesario hacer reemplazo.



Figura 9. Estacas para corte de vías.

El chequeo de la cota a nivel de subrasante de la vía era realizado cada diez metros, templando un hilo desde la puntilla dejada por el topógrafo en las estacas ubicadas a cada lado de la vía y midiendo, el nivel de corte o relleno necesario para llegar al nivel cero el tramo.

7. EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYÁN.

Esta empresa se clasifica como una sociedad anónima mixta y de carácter municipal. El objeto social de la empresa es prestar el servicio público domiciliario de acueducto y alcantarillado y actividades complementarias. Como empresa reguladora de este servicio, ella es la responsable de la aprobación de proyectos de acueducto y alcantarillado presentados por constructoras o urbanizadores en el municipio de Popayán.

Actualmente el sistema de alcantarillado sanitario tiene una cobertura en el municipio de Popayán del 92%, caso diferente del alcantarillado pluvial, el cual presenta unos índices de cobertura muy bajos. Las redes existentes de alcantarillado suman 285 kilómetros. Debido a la inexistencia de un sistema paralelo de alcantarillado pluvial, se presentan dificultades, por los caudales de aguas residuales aportados por sistemas de alcantarillado combinados, sobre todo en época de invierno. Además se presenta saturación de los dispositivos de drenaje de las vías.

La constructora GEKO LTDA, responsable de la construcción del proyecto Altos de Tulcán tuvo que cumplir con una serie de requerimientos para lograr la aprobación del proyecto.

7.1 VIABILIDAD DE SERVICIOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO.

Por medio de la viabilidad de servicios # 04305 con fecha del 3 de noviembre de 2008 se otorgó la factibilidad de servicio de alcantarillado, hacia el colector izquierdo de 36" paralelo al río Molino, desde el cual se tendrán que prolongar las redes hasta el sitio donde está ubicado el proyecto.

Para el alcantarillado pluvial se recomendó tributar las aguas al caño contiguo al predio.

Para obtener este certificado fue necesario presentar los siguientes documentos:

- Certificado de uso de suelos actualizado y expedido por planeación municipal.
- Plano general del lote con, coordenadas IGAC en escala 1: 2000. Se aclara que en el plano se debe diferenciar claramente el lote y además las zonas conjuntas.
- Solicitud escrita y dirigida a la supervisión técnica de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Popayán.

Se debe especificar el número catastral del inmueble y la nomenclatura si la tiene; el número de viviendas a construir y el tipo de proyecto a desarrollar, así como el tipo de desarrollo que traerá consigo. Esta solicitud es estudiada por el comité técnico de la empresa de acueducto y alcantarillado, el cual es el encargado de dar respuesta a la misma. Se debe tener en cuenta que el inmueble debe estar localizado dentro del radio de acción de la empresa y además debe estar incluido dentro del perímetro urbano. La empresa podrá solicitar información adicional necesaria para confirmar los requisitos o la información que considere pertinente.

7.2 REQUISITOS PARA LA PRESENTACIÓN Y APROBACIÓN DE PROYECTOS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO.

- 1- Solicitud por escrito diligenciada y enviada a la subgerencia técnica de la empresa de acueducto y alcantarillado, con radicado en el archivo de la empresa. En la solicitud se debe expresar la necesidad de la revisión del proyecto. Además se deben anexar otros requisitos que se nombran a continuación.
- 2- Fotocopia del certificado de viabilidad de servicios de acueducto y alcantarillado, el cual debe estar vigente.
- 3- Memoria de cálculos de las redes de acueducto, alcantarillado pluvial y alcantarillado sanitario, firmadas por quien hizo los diseños que pudo haber sido un ingeniero civil, y/o sanitario. Se debe anexar fotocopia de la matrícula profesional y certificado de vigencia de quien hizo los diseños. Los diseños deben cumplir con las especificaciones de la norma RAS 2000.

- 4- Se deben entregar planos impresos en papel tamaño estándar (1,0 x 0,7m) o medio pliego. Los planos deben haber sido trabajados en Autocad y deben tener una escala adecuada, además deben ser firmados por el ingeniero civil o sanitario, responsable de los diseños.

Dichos planos deben incluir: curvas de nivel, coordenadas, diámetros de las tuberías, pendientes de los tramos, longitudes de los colectores y materiales con los que se va a construir; cámaras de inspección a construir numeradas y con su respectiva cota, ubicación de acometidas y diámetro de las mismas, detalles constructivos de obras complementarias como sumideros, cámaras de caída, cajas de inspección, canales, desagües y estructuras de entrega. También se debe presentar 2 copias del diseño de la red interna típica de una vivienda, e isometrías cuando las viviendas tengan más de 2 pisos. Lo anterior debe ir acompañado con 2 copias del presupuesto total del alcantarillado pluvial, sanitario y del acueducto, incluido mano de obra.

- 5- Es otro requisito importante la licencia ambiental o plan de manejo de aguas, expedido por la CRC o entidad competente, o la certificación de que la misma no se requiere en caso de que así sea.
- 6- Certificado de viabilidad urbanística expedido por la curaduría.
- 7- Estudios ,diseños, memorias de cálculos y planos de las instalaciones hidráulicas y sanitarias, cuando se presente las siguientes situaciones:
Edificaciones de 3 o más pisos; viviendas con áreas mayores a 150 m², y viviendas que de altura tengan más de 15 metros, cualquier otra edificación cuyo uso sea diferente del de vivienda, viviendas cuya acometida domiciliar de acueducto sea de más de 1/2" de diámetro, las edificaciones con sótano o semisótano, estaciones de servicio de combustible e industrias o fábricas.
- 8- Las redes contra incendios deben presentar el visto bueno de los bomberos, en el caso de propiedades de tipo horizontal.
Los documentos deben ser presentados en un sobre debidamente cerrado, y marcado con el nombre del proyecto, nombre del propietario del proyecto y nombre de la persona que realizó los diseños.

En el caso de que la solicitud para el servicio de alcantarillado sea para una actividad relacionada con el uso de hidrocarburos, algún derivado de ellos o cualquier otra sustancia que pueda afectar las redes, se deben presentar en planos detallados, los sistemas utilizados para los tratamientos respectivos que garanticen un buen funcionamiento del sistema de alcantarillado.

Cuando la empresa de acueducto y alcantarillado no de la viabilidad técnica a la solicitud para el servicio, el interesado deberá agregar como requisito adicional la aprobación por parte de la CRC de los estudios y diseños del sistema para tratar las aguas residuales del proyecto.

Después de la respectiva revisión y aprobación de los planos, diseños y el costo total del proyecto, por parte de la empresa de acueducto y alcantarillado de Popayán, el constructor deberá cancelar un valor del 3% del presupuesto que sea aprobado por la empresa, por concepto de revisión, aprobación e interventoría del proyecto. La empresa, a través de alguna caja de pagos le expedirá un recibo de pago, que deberá ser presentado ante la subgerencia técnica para obtener el certificado necesario.

7.3 CONSTRUCCIÓN E INTERVENTORÍA

Una vez cumplidos los requisitos mencionados anteriormente, se debe informar a la empresa de acueducto y alcantarillado con quince días de antelación sobre el inicio de las obras, para que se nombre el personal encargado de realizar el seguimiento e interventoría del proceso constructivo. Dicho proceso constructivo deberá regirse por las normas RAS 2000, y por el manual para construcción de redes de acueducto y alcantarillado de la empresa; así mismo, se deberán atender las sugerencias hechas por la interventoría durante el desarrollo de la construcción. Otra recomendación es llevar en el libro de bitácora el seguimiento hecho por la interventoría de las actividades realizadas diariamente, así como las anotaciones de cualquier cambio autorizado por la interventoría.

El constructor deberá antes de pasar a la siguiente fase, contar con la revisión y aprobación de la interventoría de la fase inmediatamente anterior. En el caso de la entrega de tuberías, el constructor deberá mantener las excavaciones abiertas hasta que sean revisadas por interventoría., sino lo hace, deberá descubrirlas para

la revisión a su costo. La coordinación entre constructor e interventor, para las pruebas de presión, estanqueidad, flujo y desinfección deberá realizarse de manera organizada. Cualquier anomalía en el comportamiento de la interventoría deberá ser informado a la subgerencia técnica y por escrito. Una vez terminada la construcción de todo el sistema de alcantarillado, el constructor deberá enviar a la subgerencia técnica una carta solicitando el costo de los empalmes a las redes de la empresa de acueducto y alcantarillado.

7.4 ENTREGA DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO.

Terminada la totalidad de las obras para la construcción de las redes de acueducto y para la construcción del alcantarillado sanitario y pluvial, se manda una solicitud por escrito a la empresa para el recibo de las mismas, por parte de la subgerencia técnica y para el inmediato empalme con las redes del municipio.

Se debe dejar radicada en el archivo de la empresa la solicitud para el empalme. También es necesario entregar en medio magnético e impreso los planos de la obra, con las respectivas modificaciones, y además definir el valor de la póliza de estabilidad a favor de la empresa de acueducto y alcantarillado de Popayán, equivalente a un 30% del presupuesto aprobado por la empresa y presentado por el constructor. Esta póliza tiene una vigencia de 5 años a partir de la firma del acta de recibo de obras.

Luego de cancelado el valor correspondiente a los empalmes a las redes de acueducto y alcantarillado, el constructor deberá presentar una fotocopia del recibo de pago para que la empresa se encargue de ejecutar los empalmes, en una fecha programada.

Antes de realizar el empalme, se realiza una verificación por parte del personal del acueducto y alcantarillado, acompañado del personal de la obra, del estado de las obras existentes y se indican las recomendaciones o cambios técnicos pertinentes para poder recibir satisfactoriamente las obras. Una vez ejecutados las obras para que las redes se encuentren de acuerdo a las normas del acueducto y alcantarillado de Popayán, se procede al respectivo empalme.

8. INFORME DE DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO.

Una vez expedido el certificado de disponibilidad de servicios expedida por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado, se procedió al diseño de las redes por parte del Ing. Henry Rivera. Este es uno de los requisitos, para la aprobación del proyecto de acueducto y alcantarillado del condominio. Dichos diseños se realizaron con base en la topografía del terreno, antes de cualquier movimiento de tierras.

Definido el diseño urbanístico y las manzanas del condominio, se define un sentido de avance del alcantarillado, el cual lo dan las pendientes. Luego sigue la disposición de las cámaras de inspección: sanitarias, pluviales y los sumideros. El diseño entrega la localización en planta de colectores, cámaras de inspección, sumideros y detalles. Además se definen cotas tapa y batea para los colectores. Estas cotas no son las definitivas, ya que están ligadas al diseño de los perfiles de las vías, sobre todo el perfil de la vía principal, que fue el primero en definirse y buscando disminuir la pendiente del 11% existente en la vía de acceso al lote y paralela a la vía principal del diseño urbanístico.

Se definió el perfil longitudinal de la vía de acceso principal y con base en este perfil, se definieron las 5 vías transversales, conservando inicialmente el sentido de escorrentía de las aguas y buscando el mínimo volumen de corte y relleno.

Se diseñaron cinco curvas verticales en la vía principal y se definieron los cambios de pendiente, en las intersecciones de las vías, buscando mantener las pendientes mínimas exigidas en los tramos transversales y un mínimo volumen de relleno en la zona del antiguo pantano, zona en la cual el nivel de aguas freáticas se encontró a menos de 1 metro de profundidad.

9. DEFINICIÓN TÉRMINOS USADOS EN SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL¹

1. **Aguas lluvias.** Aguas provenientes de la precipitación pluvial.
2. **Aguas residuales.** Desechos líquidos provenientes de residencias, edificios, instituciones, fábricas e industrias.
3. **Aguas residuales domésticas.** Desechos líquidos provenientes de la actividad doméstica de residencias, edificios e instituciones.
4. **Aguas de infiltración.** Agua proveniente del subsuelo, indeseable para el sistema separado y que penetra en el alcantarillado.
5. **Alcantarillado.** Conjunto de obras para la recolección, conducción y disposición final de las aguas residuales o de las aguas lluvias.
6. **Alcantarillado de aguas lluvias.** Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de aguas lluvias.
7. **Alcantarillado de aguas residuales.** sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de las aguas residuales domésticas y/o industriales.
8. **Alcantarillado separado.** Sistema constituido por un alcantarillado de aguas residuales y otro de aguas lluvias que recolectan en forma independiente en un mismo sector
9. **Área tributaria.** Superficie que drena hacia un tramo o punto determinado.
10. **Caja de inspección domiciliaria.** Cámara localizada en el límite de la red pública de alcantarillado y la privada, que recoge las aguas lluvias, residuales o combinadas provenientes de un inmueble.
11. **Cámara de caída.** Estructura utilizada para dar continuidad al flujo cuando una tubería llega a una altura considerable respecto de la tubería de salida.
12. **Caja de paso.** Cámara sin acceso, localizada en puntos singulares por necesidad constructiva.
13. **Canal cauce artificial.** Revestido o no, que se construye para conducir las aguas lluvias hasta su destino final en un cauce natural.
14. **Canalizar.** Acción y efecto de construir canales para regular un cauce o corriente de un río o arroyo.
15. **Cañuela.** Parte interior inferior de una estructura de conexión o pozo de inspección, cuya forma orienta el flujo.

¹ MANUAL CONSTRUCCIÓN ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO, municipio de Popayán. 35p

- 16.Caudal de saturación.** Caudal que corresponde a las condiciones máximas de desarrollo.
- 17.Coeficiente de escorrentía.** Relación que existe entre la escorrentía y la cantidad de agua lluvia que cae en una determinada área.
- 18.Coeficiente de retorno.** Relación que existe entre el caudal medio de aguas residuales y el caudal medio de agua que consume la población.
- 19.Coeficiente de rugosidad.** Parámetro que representa el efecto friccional del contorno del conducto sobre el flujo y en general depende del tipo de material del conducto.
- 20.Colector principal o matriz.** Conducto cerrado circular, semicircular, rectangular, entre otros, sin conexiones domiciliarias directas que recibe los caudales de los tramos secundarios, siguiendo líneas directas de evacuación de un determinado sector.
- 21.Conexión domiciliaria.** Tubería que transporta las aguas residuales y/o las aguas lluvias desde la caja domiciliar hasta un colector secundario. Generalmente son de 150 mm de diámetro para vivienda unifamiliar.
- 22.Conexiones erradas.** Contribución adicional de caudal debido al aporte de aguas pluviales en la red de aguas sanitarias y viceversa.
- 23.Consumo.** Volumen de agua potable recibido por el usuario en un periodo determinado.
- 24.Cota de batea.** Nivel del punto más bajo de la sección transversal interna de una tubería o colector.
- 25.Cota clave.** Nivel del punto más alto de la sección transversal interna de una tubería o colector.
- 26.Cuneta.** Canal de sección triangular ubicado entre el sardinel y la calzada de una calle, destinado a conducir las aguas lluvias hacia los sumideros.
- 27.Cuerpo receptor.** Cualquier masa de agua natural o de suelo que recibe la descarga del efluente final.
- 28.Densidad de población.** Número de personas que habitan dentro de un área bruta o neta determinada.
- 29.Diámetro.** Diámetro interno real de conductos circulares.
- 30.Dotación.** Cantidad de agua promedio diaria por habitante que suministra el sistema de acueducto, expresada en litros habitante por día.
- 31.Emisario final.** Colectores cerrados que llevan parte o la totalidad de las aguas lluvias, sanitarias o combinadas de una localidad hasta el sitio de vertimiento o a las plantas de tratamiento de aguas residuales. En caso de aguas lluvias pueden ser colectores a cielo abierto.

- 32. Escorrentía.** Volumen que llega a la corriente poco después de comenzada la lluvia.
- 33. Estructura de conexión o estructura pozo.** Estructura construida para la unión de uno o más colectores, con el fin de permitir cambios de alineamiento horizontal y vertical en el sistema de alcantarillado, entre otros propósitos.
- 34. Estructuras de disipación de energía.** Estructuras construidas para disipar la energía del flujo.
- 35. Estructuras de separación de caudales.** Aliviaderos.
- 36. Estructuras de entrega.** Estructuras utilizadas para evitar daños e inestabilidad en el cuerpo de agua receptor de agua lluvias o residuales.
- 37. Frecuencia.** En hidrología, número de veces que en promedio se presenta un evento con una determinada magnitud, durante un periodo definido.
- 38. Hidrograma.** Gráfica que representa la variación del caudal con el tiempo en un sitio determinado, que describe usualmente la respuesta hidrológica de un área de drenaje a un evento de precipitación.
- 39. Intensidad de precipitación.** Cantidad de agua lluvia caída sobre una superficie durante un tiempo determinado.
- 40. Instalación interna.** Conjunto de tuberías y accesorios que recogen y conducen las aguas lluvias de las edificaciones hasta la caja de inspección domiciliar.
- 41. Interceptor.** Conducto cerrado que recibe las afluencias de los colectores principales, y generalmente se construye paralelamente a quebradas o ríos, con el fin de evitar el vertimiento de las aguas residuales a los mismos.
- 42. Periodo de retorno.** Numero de años que en promedio la magnitud de un evento extremo es igualada o excedida.
- 43. Plan maestro de alcantarillado.** Plan de ordenamiento del sistema de alcantarillado de una localidad para un horizonte de planeamiento dado.
- 44. Población servida.** Número de habitantes que son servidos por un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.
- 45. Población flotante.** Número de habitantes que frecuenta en determinadas épocas el área determinada por el proyecto, que es significativa para el dimensionamiento de un proyecto de recolección y evacuación de aguas residuales.
- 46. Pozo de succión.** Tanque o estructura dentro del cual las aguas residuales son extraídas por bombeo.
- 47. Pozo o cámara de inspección.** Estructura de ladrillo o concreto de forma usualmente cilíndrica, que remata generalmente en su parte superior en

forma troncocónica, y con tapa removible para permitir la ventilación, el acceso y el mantenimiento de los colectores.

- 48.Precipitación.** Cantidad de agua lluvia caída en una superficie durante un tiempo determinado.
- 49.Profundidad del colector.** Diferencia del nivel entre la superficie del terreno o la rasante de la calle y la cota clave del colector.
- 50.Red local de alcantarillado.** Conjunto de tuberías y canales que conforman el sistema de evacuación de las aguas residuales, pluviales o combinadas de una comunidad, y al cual desembocan las acometidas del alcantarillado de los inmuebles.
- 51.Red pública de alcantarillado.** Conjunto de colectores domiciliarios y matrices que conforman el sistema de alcantarillado.
- 52.Red secundaria de alcantarillado.** Conjunto de colectores que reciben contribuciones de aguas domiciliarias en cualquier punto a lo largo de su longitud.
- 53.Sifón invertido.** Estructura compuesta por una o más tuberías que funcionan a presión. Se utilizan cuando es necesario pasar las tuberías por debajo de obstáculos inevitables.
- 54.Sumidero.** Estructura diseñada y construida para cumplir con el propósito de captar las aguas de escorrentía que corren por las cunetas de las calzadas de las vías para entregarlas a las estructuras de conexión o pozos de inspección de los alcantarillados combinados o de lluvias.
- 55.Tiempo de concentración.** Tiempo de recorrido de la escorrentía superficial desde el punto más alejado de la cuenca de drenaje hasta el punto de salida considerado. En alcantarillados es la suma del tiempo de entrada y de recorrido.
- 56.Tramo.** Tubería comprendida entre dos estructuras de conexión-
- 57.Tramos iniciales.** Tramos de colectores domiciliarios que dan comienzo al sistema de alcantarillado.
- 58.Tubo o tubería:** Conducto prefabricado o construido en sitio, de concreto, concreto reforzado, plástico, poliuretano de alta densidad, asbesto-cemento, hierro fundido, gres vitrificado, PVC, plástico con refuerzo de fibra de vidrio, u otro material cuya tecnología y proceso de fabricación cumplan con las normas técnicas correspondientes. Por lo general su sección es circular.

10. LOCALIZACIÓN DEL ALCANTARILLADO SANITARIO.

Al momento de iniciar la construcción del alcantarillado sanitario, la tubería de 3" MCA RDE 21, correspondiente al acueducto ya estaba enterrada, por lo que se tuvo que respetar la distancia vertical de 0,3 metros mínimo que debe existir entre la clave del tubo de alcantarillado sanitario y la batea del tubo de acueducto, esto para mantener lejos de cualquier riesgo de contaminación el agua potable que llegará a la población.

La localización del alcantarillado sanitario se inició con la localización de la cámara de inspección N° 12 y se hizo con nivel de manguera, cinta y plomada. Se definió dejar el centro de la cámara a 1,5 metros del paramento de las casas N° 1 a N° 29, variando los 2,25 metros que aparecían en el diseño, esto con el fin de lograr ubicar en el ancho de 5 metros de la vía la cámara pluvial y sanitaria, conservando el criterio de localizar la tubería sanitaria lo más próxima al paramento de las casas, con el fin de reducir la longitud de la domiciliaria de alcantarillado sanitario.



Figura 10. Excavación alcantarillado.



Figura 11. Tubería de acueducto

En el diseño hidrosanitario de Altos de Tulcán solo existen domiciliarias en el alcantarillado sanitario, ya que el agua lluvia de las viviendas, recogida por los bajantes y sifones de patio, irá directo a la calle a través del sardinel y luego pasará a través de los sumideros a las cámaras de inspección pluviales.

Para definir la localización de los ejes del alcantarillado se localizan y dibujan en el terreno, las circunferencias de 1,5 metros de diámetro correspondientes a la cámara de inspección sanitaria y pluvial N° 12, basados en el paramento de una casa ya construida y en el eje de la vía entre las cámaras N° 12 y N° 10. Se mide a nivel, 5 metros y se baja el punto al terreno con una plomada de punto, para luego trazar con un alambre la circunferencia correspondiente a la cámara sanitaria. El mismo procedimiento se repite para la cámara pluvial. Ya puestas en el terreno ambas circunferencias se define la localización definitiva de las mismas.

Luego se localiza la cámara de inspección siguiente, referenciada con base en el paramento de las casas de la vía principal. Después se ubica un hilo por el eje definido y se marcan las excavaciones cada 10 metros, con un ancho de 0,70 metros para tubería de 8". A cada obrero se le asignan 10 metros de excavación, marcados con hilos y estacas, a otros se les asigna la excavación de las cámaras de 1,5 metros de diámetro, definida la profundidad y la pendiente con base en el diseño.



Figura 12. Alcantarillado sanitario.



Figura 13. Excavación alcantarillado sanitario

El nivel de la cámara y la pendiente del alcantarillado se chequean con nivel de precisión, tomando como referencia un BM de los cuatro dejados por el topógrafo en distintas áreas del lote, para facilitar los trabajos de localización y nivelación del alcantarillado y las viviendas. Para el chequeo del alineamiento se utiliza el hilo dado por el aparato, bajando con la plomada del nivel el punto sobre el eje de la

tubería del tramo a chequear. Todos los tubos deben coincidir con el hilo, de lo contrario, se debe mover hacia los lados hasta que cuadre.



Figura 14. Chequeo de niveles



Figura 15. BM para chequeo de cotas

10.1 SEGUIMIENTO AL PROCESO CONSTRUCTIVO DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

El siguiente es un resumen de las actividades más importantes en la ejecución del alcantarillado sanitario en el proyecto condominio Altos de Tulcán.

10.2 MATERIALES USADOS EN CONSTRUCCIÓN ALCANTARILLADO SANITARIO

TUBERÍA SANITARIA DE 8" y 6": (Figura 16) Conductos corrugados marca Gerfor, utilizados en los colectores secundarios, principales, y domiciliarias respectivamente. Las tuberías GERFOR en PVC para alcantarillado son fabricadas según la Norma Técnica Colombiana NTC 3722-1. El material con el que se construyen (PVC), es inerte. Poseen una pared interna lisa, para facilitar el escurrimiento de las aguas y evitar la formación de adherencias, y una pared externa corrugada formada por anillos para mejorar su resistencia mecánica².

Su hermeticidad total garantiza que no se van a presentar filtraciones hacia el subsuelo, las cuales pueden contaminar acuíferos. Hidráulica y estructuralmente,

² Pagina web www.gerfor.com.co

Estas tuberías poseen todos los requerimientos para garantizar que las aguas transportadas por los colectores no se exfiltren hacia el terreno de la construcción, afectando vías y obras de urbanismo en general, ni se filtren las exteriores del nivel freático, aumentando el caudal más allá de la cantidad calculada para el sistema.

Estas tuberías además resisten agentes químicos transportados en las aguas residuales provenientes de las viviendas, y también suelos de fundación y de relleno de la tubería con características ácidas y alcalinas. Otra propiedad es que no son atacadas por los roedores y que en condiciones de almacenamiento, transporte, manipulación e instalación de acuerdo con las recomendaciones técnicas pueden durar hasta por 50 años, trabajando en condiciones de buen funcionamiento durante este lapso de tiempo.

El coeficiente de Manning de estas tuberías de PVC que es de 0,009, permite manejar diámetros y pendientes menores. Otras características de esta tubería son:

- ✓ Facilidad de instalación: estas tuberías se ensamblan mediante unión mecánica, formada por campana, espigo y un Hidrosello o sello elastomérico de caucho, alojado en el espigo. Este sistema es de rápida instalación con lo que contribuye en la disminución de los tiempos de ejecución del alcantarillado y con los costos del mismo.
- ✓ Resistencia a la abrasión: estudios realizados por GERFOR demuestran que ante los efectos abrasivos de partículas de arena y grava, estas tuberías después de 25 años de tiempo de servicio presentan un desgaste tan solo de 0,5 milímetros en el espesor de su pared.
- ✓ Resistencia al impacto: cumplen con la Norma Técnica Colombiana NTC 3722-1, lo cual permite que no se presenten roturas durante el transporte, almacenamiento e instalación.
- ✓ Rigidez: tienen una rigidez de anillo determinada de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana NTC 3227-1 de 8 KN/m². Este valor de resistencia, le da la suficiente capacidad para soportar las cargas del terreno a las que va a estar sometida.

- ✓ Flexibilidad: con un valor del 30% de deformación admisible, estas tuberías permiten un excelente comportamiento ante movimientos sísmicos, asentamientos diferenciales del suelo de fundación, sin sufrir grietas.
 - ✓ Livianas: Las tuberías GERFOR son considerablemente más livianas que otras de distintos materiales, lo que evita el uso de equipo pesado para la manipulación e instalación³.
1. SILLA YEE PVC 6" X 8": accesorio a 45° que sirve para hacer el empalme de las domiciliarias de los inmuebles hasta los colectores de 8".
 2. SIKAFLEX 221: adhesivo poliuretano para uso industrial y mono componente, que cura con la humedad del ambiente. Una vez curado se mantiene permanentemente elástico. Para su aplicación las superficies sobre las que se va a utilizar deben estar limpias, secas y exentas de residuos de polvo, aceite o grasas.
 3. ALAMBRE GALVANIZADO N° 16: alambre que no se corroe tan fácilmente con el tiempo, lo que le permite permanecer asegurando la silla al tubo de 8", por un tiempo prolongado de muchos años. Se utilizan 2 amarras a cada lado de la silla.
 4. HIDROSELLOS DE 6": son empaques de caucho, que se utilizan en las domiciliarias del alcantarillado sanitario y sirven para darle hermeticidad a los empalmes entre tubo y tubo. El tubo viene con empaque propio, pero adicionalmente para utilizar los pedazos que resultan de los cortes que se deben ejecutar, se debe utilizar un empaque adicional, el cual debe colocarse en el anillo del tubo que va a empalmar con la campana del otro tubo.
 5. HIDROSELLOS DE 8": son empaques de caucho, que se utilizan en los colectores del alcantarillado sanitario y sirven para darle hermeticidad a los empalmes entre tubo y tubo. El tubo viene con empaque propio, pero adicionalmente para utilizar los pedazos de tubo, que resultan de los cortes que se deben ejecutar, se debe utilizar un empaque adicional, el cual debe

³ www.gerfor.com.co

colocarse en el anillo del tubo que va a empalmar con la campana del otro tubo.

6. LUBRICANTE: se utiliza para lubricar las tuberías que llevan sello elastomérico y sirven para lograr ensambles más seguros, ya que el desplazamiento entre espigo y campana se garantiza.



Figura 16. Tubo alcantarillado PVC



Figura 17. Silla PVC 6 x 8"



Figura 18. Alambre galvanizado # 16



Figura 19. Hidrosello de 8"



Figura 20. Hidrosello de 6"



Figura 21. Sikaflex 221



Figura 22. Lubricante

10.3 ALMACENAMIENTO TUBERÍA.

Las tuberías de 6" y 8", utilizadas en la construcción del alcantarillado sanitario, y las de 10", 12", 14", 23" y 27", utilizadas para la construcción del alcantarillado pluvial, son almacenadas en un lugar cubierto ,para evitar los efectos del interperismo.

Al momento de ser recibida por parte del proveedor y antes de ser entregada para su colocación es revisada cuidadosamente para verificar que no existan fisuras, ni que la campana esté averiada. Además se revisan las especificaciones técnicas de la tubería y que el costo sea el pactado con el proveedor.



Figura 23. Descargue tubería



Figura 24. Almacenamiento tubería

Es recomendable mantener bajo techo la tubería porque por tiempo prolongado a la intemperie, los rayos ultravioleta afectan las propiedades de resistencia del P.V.C, volviendo las tuberías frágiles y más sensibles a los golpes. Si es posible la tubería debe estar en un lugar además de cubierto, ventilado y lejos de cualquier fuente de calor.

Las tuberías deben estar debidamente soportadas sobre toda su longitud, sobre una superficie de apoyo firme y libre de elementos que puedan rayar o afectar la estructura de la tubería. Se deben alternar una plancha de campanas con una de espigas para evitar deformaciones en dichos elementos. La tubería se debe acomodar levantando los tubos o deslizándolos en forma lenta para evitar el maltrato al material. No se debe almacenar tubería a la intemperie por más de 3 meses.

Es recomendable que la altura máxima que se maneje en las pilas de tubería sea de 2 metros, y si se sobrepasa este valor, entonces se debe colocar un nuevo apoyo a esta altura para soportar la tubería que irá por encima. Los sellos elastoméricos o empaques de las tuberías, vienen protegidos por una envoltura. Dicha envoltura solo deberá ser retirada en el momento de la instalación de la tubería.

10.4 TRANSPORTE.

En todo momento durante el transporte, los tubos deben descansar sobre una superficie uniforme y deben estar totalmente apoyados. Si el vehículo presenta irregularidades en la superficie donde se va apoyar la tubería, se deben colocar bastidores o cuarterones de madera para uniformizar la superficie de apoyo. Se deben proteger los extremos de los tubos con algún tipo de cubierta plástica y se debe evitar que en el recorrido rueden o se deslicen golpeándose unos con otros.

Una de las propiedades de los tubos es la flexibilidad, por eso se debe procurar que no sobresalgan del vehículo de transporte, más allá de lo que pueda causar desbalance. Se pueden colocar tubos de diámetro inferior dentro de otros de diámetro mayor, esto con el fin de aprovechar mejor el espacio. Para evitar cualquier deterioro o deformación no se deben colocar objetos pesados encima de la pila de tubería corrugada.

10.5 INSTALACIÓN DE LA TUBERÍA.

Recomendaciones básicas: se debe evitar el tránsito sobre los tubos una vez están instalados, y sobre las uniones. Además, se deben taponar los extremos del tubo cuando haya que abandonar las labores de empalme, esto para prevenir que se presente la flotación de los mismos en caso de que se presente por algún motivo una inundación de las zanjas. Es recomendable ubicar una cinta 0,2 o 0,3 metros por encima de la superficie superior de la tubería, indicando su presencia y adicionalmente señalar el tipo de fluido que transporta.

No es buena práctica instalar tubos a la intemperie, ya que los rayos ultravioleta disminuyen su vida útil. Si no se puede evitar la instalación de tuberías a la intemperie, se debe aplicar una pintura bituminosa, como por ejemplo: base asfáltica.

- Estabilidad de las excavaciones: en todo momento debe mantenerse estable la excavación, para fines de diseño, de construcción y de operación del sistema de alcantarillado. También se deben realizar estudios geotécnicos para determinar la estabilidad de las zanjas y no se debe suponer que porque se encuentran suelos

duros o mantos rocosos, esto garantiza seguridad. La estabilidad de una zanja se puede ver afectada por la vibración de equipos de construcción cercanos, tráfico de vehículos, por excavación de suelos poco cohesivos, por la presencia de agua sobre las paredes de la excavación y por excavar suelos vírgenes los cuales son mucho más inestables.

- Ancho de las zanjas: para garantizar un buen desempeño de estas tuberías flexibles, se deben respetar ciertos anchos mínimos y máximos para zanjas. Cuando el suelo de fundación de la tubería, es malo, refiriéndose a sus propiedades geotécnicas, se deben manejar mayores anchos de excavación, incrementándose en algunos lugares, hasta un máximo de 2 veces el diámetro externo de la tubería. El ancho mínimo de la zanja será de 1,25 veces el diámetro exterior de la tubería más 0,3 metros, o el diámetro exterior de la tubería más 0,4 metros.

La profundidad de la zanja deberá ser la establecida por el diseñador, dependiendo de las condiciones del terreno en el lugar, y se deben conservar las separaciones mínimas permitidas con otros servicios públicos, de acuerdo con la regulación vigente en la zona.

Tabla1. Distancias mínimas de instalación permitidas entre el sistema de acueducto y otras redes (RAS 2000)⁴

NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA	ALCANTARILLADO AGUA NEGRAS		ALCANTARILLADO AGUAS LLUVIAS		TELÉFONO Y ENERGÍA		GAS	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
Bajo	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3
Medio	1	0,3	1	0,3	1	0,3	1	0,3
Medio – alto	1,5	0,5	1,2	0,5	1,2	0,5	1,2	0,5
Alto	1,5	0,5	1,2	0,5	1,2	0,5	1,2	0,5

X= distancia horizontal en metros.

Y= distancia vertical en metros

Cuando se utilice equipo pesado para compactación de los rellenos, se debe colocar un espesor de relleno de mínimo 1,2 metros.

⁴ Tabla 1. Ficha técnica presión con campana Gerfor. 15p

- Cimentación de tuberías: la tubería de alcantarillado se debe instalar sobre una cama de material seleccionado que puede ser recebo o arena, con un espesor de 10 cm. Se deben evitar piedras con aristas vivas o angulares que puedan rayar o presionar la tubería a instalar. Para lograr un correcto funcionamiento del sistema de alcantarillado durante el periodo de diseño, es recomendable usar un buen lecho de soporte para la tubería el cual garantice las pendientes de diseño y además la estabilidad de las zanjas.

Tabla 2. Cimentación⁵

CIMENTACIÓN					
Tipo de terreno cimentación	Material de cimentación	Espesor de material de cimentación	Material de relleno	Espesor del material de relleno	Próctor modificado
Terreno estable	Arena suelta	0,05 metros	Material seleccionado de excavación	Toda la zanja	90%
Terreno inestable	Material granular de cantera	0,15 metros	Material granular de cantera, relleno seleccionado, material seleccionado de excavación	0,12 metros 0,30 metros Resto de la zanja	95%
Terreno rocoso	Arena	0,10 metros	Material seleccionado de la excavación	Toda la zanja	90%

Antes de comenzar la excavación se debe corroborar que el trazado corresponde con los diseños del proyecto y se recomienda comenzar la excavación de aguas abajo hacia aguas arriba.

La excavación puede ser manual o mecánica, y se debe instalar la tubería sobre el eje central de la zanja excavada, verificando simultáneamente las cotas del fondo de la zanja y las de la clave de la tubería, como mínimo cada 20 metros o lo que se defina en las condiciones del proyecto

⁵ Tabla 2. Ficha técnica presión con campana Gerfor. 15p

Tabla 3. Profundidades de instalación de tuberías de alcantarillado corrugado⁶

PROFUNDIDADES DE INSTALACIÓN DE TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO CORRUGADO	
Profundidad mínima de instalación a clave de tubería de distribución	No debe ser menor de 1,0 metro para calzada y 0,8 metros para zona verde, desde la clave de la tubería hasta la superficie del terreno
Profundidad máxima de instalación a clave de tubería de distribución	1,5 metros desde la clave de la tubería hasta la superficie del terreno
Profundidad mínima de instalación a clave en alcantarillados sanitarios	0,75 metros en vías peatonales o zonas verdes y 1,2 metros en vías vehiculares
Profundidad máxima de instalación a clave en alcantarillados sanitarios y pluviales	5,0 metros con relación a la rasante definitiva, aunque puede ser mayor si se garantizan los requerimientos geotécnicos de las cimentaciones, materiales y colectores durante y después de la construcción.
Profundidad mínima de instalación a clave en alcantarillados pluviales	1,0 metro a partir de la clave del colector con respecto al nivel de la rasante final de la vía. Se pueden adoptar coberturas menores, si el diseñador las justifica con los cálculos respectivos.
Conexiones domiciliarias y colectores de aguas lluvias	Se deben ubicar por debajo de la tubería de acueducto, y sin interferir con otras redes.

Si es necesario se deben usar tablestacas o entibar la excavación para proteger a los obreros y para evitar daños o derrumbes en predios vecinos. El entibado debe ser tal que impida que una zanja recién excavada modifique su geometría y además no debe interferir con las labores de relleno y compactación.

- Control del agua en las excavaciones: Debe impedirse en todo momento que entre agua a la zanja excavada.

En caso de presentarse nivel freático alto, se debe realizar un desagüe para bajarlo, o llegado el caso, construir un filtro, para garantizar la estabilidad de la excavación y el apoyo total del tubo en el suelo de fundación.

- Relleno de la zanja: para el confinamiento, el material debe ser colocado en capas uniformes, con el espesor especificado y compactado de tal forma que se

⁶ Tabla 3. Ficha técnica alcantarillado Gerfor. Pág. 12

obtenga el grado de compactación exigido. Inicialmente el relleno debe compactarse por debajo y alrededor de la tubería, arrancando en sentido longitudinal y comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro.

El tamaño máximo de partículas para éste debe ser de 1½" a fin de evitar daños en las paredes del tubo. Para el relleno final de la zanja deben considerarse capas de 15 a 20 cm de espesor con materiales y densidades de acuerdo a las características particulares del proyecto y según criterio del diseñador. No se debe permitir que el equipo de compactación entre en contacto con el tubo y lo dañe.

Tabla 4. Características de materiales de relleno⁷

CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES DE RELLENO	
Arena de peña	Limpia no plástica Contenido de finos: 20%
Arena lavada	Contenido de finos: 5%
Materiales provenientes de la excavación	Contenido de materia orgánica: 8% Próctor modificado: 83% por capa
Mezcla de gravilla y arena lavada de río	La arena debe ser limpia y con un contenido de finos de 5% de su peso-
Recebo	No debe contener limo orgánico, material vegetal, basuras, desperdicios, ni escombros. Tamaño máximo de gravilla: ¾" Contenido de finos: 5% Índice de plasticidad: 12%
Piedra partida como material de soporte	Se usan cuando capacidad de soporte es 0,3 kg/cm ² , o niveles freáticos en suelos blandos y/o dificultades constructivas. Desgaste ≤ 65%
Piedra partida como material de cama	El material debe estar bien gradado. Desgaste ≤ 60%
Es necesario aumentar el relleno sobre la clave del tubo cuando las cargas vivas están a poca profundidad o cerca del relleno mínimo.	

- Cambios de dirección: en los sistemas de alcantarillado, los cambios de dirección deben realizarse en general mediante cámaras o pozos de inspección.
- Ensamble de la tubería: para lograr una buena unión, se deben limpiar inicialmente el interior de la campana y el espigo, dejándolos libres de cualquier partícula que pueda afectar el acople. Se pueden utilizar palas o gatos para el

⁷ Tabla 4. Ficha técnica alcantarillado Gerfor. Pág. 18

ensamble, siempre buscando que el tubo esté suspendido durante el proceso, y así obtener un empalme suave que no afecte sellos, espigos y campanas.

Las juntas entre tubos deben ser herméticas, e impermeables y no deben presentar ningún tipo de fisuras, imperfecciones o materiales que afecten el comportamiento de la unión mecánica. Para garantizar un acople efectivo es necesario lubricar los empaques, juntas herméticas, o uniones de tipo mecánico y los extremos de los tubos, según especificaciones del fabricante.

Las uniones de caucho deben almacenarse en un lugar donde no estén expuestas a los rayos solares, ni a grasas y aceites u otros componentes derivados del petróleo, que puedan afectar sus propiedades. Después que la tubería está limpia, se aplica lubricante en el interior de la campana y sobre la parte superior del sello elastomérico. Este lubricante es un producto elaborado a base de aceites vegetales el cual disminuye la fricción entre tubos y permite el desplazamiento del tubo con el sello elastomérico dentro de la campana.

El acople se puede hacer manualmente utilizando una palanca para empujar un tubo y un bloque de madera para la protección de la campana del otro tubo. Se empuja cuidadosamente el tubo hasta un centímetro menos de la longitud total de la campana, para dejar una holgura para el desplazamiento de los tubos por efectos de contracción o retracción. Además se debe tener cuidado con el correcto alineamiento de los tubos con respecto a su eje, para prevenir futuras filtraciones o exfiltraciones.

Una vez la tubería queda instalada, se debe proceder con el relleno para proteger las tuberías de golpes y para evitar desplazamientos verticales o laterales que afecten las pendientes y alineamientos del diseño.

10.6 LOCALIZACIÓN CÁMARAS DE INSPECCIÓN SANITARIAS

Una vez definida la ubicación de las cámaras de inspección, se ubica el eje de la cámara. Lo anterior se hizo midiendo con cinta de precisión, a partir de hilos colocados en las 2 direcciones, para darle la localización en 2 ejes a la cámara. Se midió la distancia garantizando la horizontalidad de la cinta y se bajó el punto al terreno con plomada. Una vez se tuvo el punto en el terreno, con estaca de punto, se delimitó la circunferencia y se marcó la excavación girando 360° un alambre

alrededor del eje de la cámara. Luego, se templó un hilo entre el eje de una cámara y la siguiente, basados en el paramento de las casas ya existentes, o si era el caso, en las estacas dejadas por el topógrafo en la esquina de cada manzana. La medición se realizó con cinta de precisión, midiendo horizontalmente la distancia entre cámaras, establecida en los planos hidrosanitarios. La cámara se excavó hasta la profundidad necesaria para llegar a la cota batea del tubo de salida, mas 20 cm que se dejan para la construcción del piso en concreto.



Figura 25. Excavación cámaras



Figura 26. Excavación cámaras

10.7 LOCALIZACIÓN DE TUBERÍA ALCANTARILLADO SANITARIO

El maestro encargado del alcantarillado marcó 10 metros de excavación para cada obrero. Los primeros cm de excavación se hicieron por lo regular sin hilo, los siguientes se ejecutaron con la ayuda de un hilo que lleva la pendiente del tramo, y a partir del cual se midió generalmente un metro para encontrar la profundidad hasta la cual debía excavar y a la cual debe quedar la tubería. En el momento de la excavación se dejó debajo de la campana un nicho que permite el apoyo de la misma.

Por lo regular la instalación de la tubería de 8" se hizo por tramos de 33 metros, que es la distancia entre centro de cámara a cámara. La tubería de 8, definida en los diseños hidrosanitarios para la totalidad de la red de alcantarillado sanitario fue manejable sin ningún tipo de equipo mecánico, luego su acarreo y descenso hasta

el lugar de la instalación la ejecutaron casi siempre dos obreros, uno la bajó y el otro la recibió en el fondo de la zanja.



Figura 27. Sector Diamante



Figura 28. Descenso tubería

10.8 INSTALACIÓN TUBERÍA ALCANTARILLADO SANITARIO

La instalación de la tubería se inició desde la cámara de entrega, hacia la cámara de salida, en sentido contrario al flujo arrancando con espigo, de tal forma que la campana del tubo ocupa el extremo superior. Una vez seriado el tramo, se procedió a colocar una capa de arena de asiento de 5 cm de espesor y luego a bajar el tubo a la zanja. En el caso que se necesite, se debe proteger la excavación mediante entibada de las paredes laterales. En particular en la instalación de la tubería de 6" y 8" no fue necesario entibar, ya que las profundidades de excavación no lo hacían necesario. El ancho de la zanja se manejó de 0,70 metros, dimensión necesaria para permitir el libre movimiento del obrero dentro de la misma y para dejar holgura al tubo para su posterior compactación lateral. La profundidad de las zanjas se manejó de tal manera que se conservaran las pendientes de los diseños y que además se mantuviera como mínimo 30 cm entre la batea del tubo de 3" de acueducto y la clave del de alcantarillado. Debe impedirse en todo momento que entre agua a la zanja, esto en el caso de que se presente nivel freático en el área de trabajo. En la instalación de la tubería de 8" en el sector nororiental del lote se presentó y tal como lo definió el estudio de suelos, presencia del nivel de aguas freáticas a menos de 1 metro de profundidad. La solución consistió en la instalación de filtros

conectados a las cámaras de inspección sanitarias. Se realizó el desagüe correspondiente para mantener el nivel de agua por debajo de la base del tubo y garantizar la estabilidad de la excavación.



Figura 29. Capa de arena



Figura 30. Capa de grava

La verificación del alineamiento del tubo se logró chequeando con plomada de punto, si el eje del tubo coincide con un hilo que se localiza entre eje y eje de cámara, por encima de la zanja.



Figura 31. Chequeo alineamiento



Figura 32. Chequeo pendiente

En algunos tramos se utilizó para el chequeo del alineamiento, nivel de precisión, bajando la plomada de punto del nivel exactamente sobre el eje de la tubería. Para la verificación de la pendiente del tramo se utilizó otro hilo al cual se le dio la pendiente del tubo, y a partir del cual se midió una distancia, la cual debe ser la misma medida en todo el tramo y a la clave del tubo.

Una vez el tubo está dentro del alineamiento y con la pendiente definida en los diseños, se procede a clavar 4 estacas para acuar el tubo y que no se mueva, para su posterior entrega. Para el empalme con el siguiente tubo, se procedió a una limpieza cuidadosa de campana y espigo, para retirar cualquier material extraño. Después se aplicó lubricante sobre el empaque del espigo del tubo a colocar, se introdujo en la campana del tubo inicialmente instalado y así consecutivamente hasta completar el tramo. La tubería se dejó pasando 20 cm, a partir de la cámara excavada. En los primeros tramos del alcantarillado sanitario el chequeo de la cota tapa y batea se hizo con nivel de manguera, utilizando como punto de arranque un BM dejado por el topógrafo en el contrapiso de la casa N° 3. Igual se hizo para chequear la profundidad de excavación para las cámaras sanitarias.

El procedimiento consistió en que se arrancó de un punto de cota conocida. Se aumentó una distancia a partir de ese punto y se marcó sobre una estaca o bastidor la misma distancia, para garantizar una altura instrumental.



Figura 33. Estacas para pasar niveles



Figura 34. Tramo en excavación

Lo siguiente fue pasar un oficial y un ayudante ese nivel a otra estaca ubicada en el centro de la cámara de inspección y a partir de ese nivel marcado, solo bastó con restar o sumar para encontrar la cota batea del tubo de salida. Ese mismo nivel sirvió para chequear la pendiente de la tubería entre cámara y cámara. Una vez localizadas y marcadas, se comenzó con la excavación de las cámaras de inspección sanitarias, con pica y pala. El nivel de excavación fue el necesario para llegar a la cota batea del tubo, más ,20 cm que se dejaron para el piso de la cámara de inspección.

En la mayoría de las excavaciones para las cámaras de inspección no fue necesario entibar, ya que las paredes del cilindro se comportaron de manera estable, permitiendo llegar a la profundidad definida en los diseños.

Tabla 5. Ancho de zanjas para tuberías de alcantarillado

DIÁMETRO	ANCHO DE EXCAVACIÓN (MS)
6"	0,7
8"	0,75
10"	0,8
12"	0,85
15"	0,9
16"	1,0
18"	1,15
20"	1,2
21"	1,25
24"	1,3
27"	1,4

Fuente: Apuntes de clase

10.9 ENCOFRADO CILINDROS CÁMARAS DE INSPECCIÓN.



Figura 35. Encofrado cilindros 1.



Figura 36. Encofrado cilindros 2.

Las cámaras de inspección tienen un diámetro exterior de 1,5 metros, y uno interior de 1,2 metros. La excavación se ejecutó lo más precisa posible para que fuera un cilindro, esto no es posible cuando el suelo que se excava es muy inestable, y se derrumba constantemente.

Cuando el suelo permite excavar el cilindro de forma precisa, el encofrado es mucho más acertado y sencillo. Lo primero que se hizo fue introducir una formaleta de madera de cuatro secciones: 3 grandes y una pequeña.

Para centrar la formaleta lo que se hizo fue colocarla, de tal forma que el eje de la circunferencia coincidiera con el hilo y que la distancia a los bordes sea la misma.

Las secciones grandes se ensamblaron primero, la sección más pequeña es la última en ensamblarse y es la que define si el encofrado es correcto.

Una vez ensambladas, se procedió a asegurar las 4 secciones; esto se hace con chapetas y puntilla de 2 ½", las cuales se clavan en cada junta de sección. Posteriormente con alambre negro, se envolvió todo el cuerpo del cilindro y se enzunchó para evitar que las secciones se abran en el momento del vaciado del concreto. Si la excavación está llena de agua, se debe retirar la mayor cantidad posible. Antes de comenzar la fundición se señala el nivel hasta donde se fundirá el cilindro, para ello se pasa un nivel de manguera y ayudado en un BM dejado próximo a cada cámara de inspección, la cota tapa menos 25 cm que es el espesor del brocal o corona que irá encima del cilindro.



Figura 37. Chequeo cota tapa cámara.



Figura 38. Uso de formaleta brocal

El concreto utilizado para la fundición fue 1: 2: 2,5, el cual es el usado en todas las fundiciones de la obra, y para una resistencia de 21 mpa, valor más alto que 17,5 mpa, exigido en los diseños hidrosanitarios.



Figura 39. Fundición cilindros cámaras



Figura 40. Compactación concreto cilindros

Para la fundición se acerca la mezcladora al sitio más próximo a la cámara a fundir, para evitar que en el transporte prolongado del concreto se produzca la segregación del mismo. El material para la fundición consiste en cemento tipo 1 diamante, arena de Conexpe y triturado de Conexpe. La compactación del concreto se realiza con varilla o con un bastidor con punta.

En la obra se manejaron dos métodos para darle la pendiente correspondiente a la rasante de la vía: con el primero, se le deja la pendiente al cilindro, dejándolo desnivelado con las cotas de diseño, marcando en cuatro puntos la cota correspondiente, definida por el bombeo transversal del 5% de la vía y la pendiente longitudinal de la vía en ese tramo. El otro método consiste en darle la pendiente al brocal o corona, y el cilindro se funde hasta un mismo nivel.

En las cámaras de inspección en donde el nivel a fundir está por encima del nivel del terreno, es necesario usar la formaleta del brocal para confinar el concreto hasta el nivel requerido.

11. BROCALES O CORONAS

Corresponden a las losas en concreto reforzado de 0,25 metros de espesor y de 1,50 metros de diámetro, fundidas sobre los cilindros de las cámaras de inspección sanitaria y pluvial, cuyo fin es soportar las cargas provenientes del tráfico, y además cerrar las cámaras para no permitir la salida de olores y gases. Inicialmente el refuerzo de los brocales fue figurado en obra, pero posteriormente por rendimiento y costos, se decidió traer de FIGUOCCIDENTE.

El refuerzo principal consta de 8 anillos circulares de diferentes diámetros: 5 de $\frac{3}{8}$ " , ubicados en la parte de abajo y 3 de $\frac{1}{4}$ " ubicados en la parte de encima. El refuerzo transversal corresponde a 20 estribos de $\frac{3}{8}$ " , de 1,32 metros de longitud y con gancho, uniendo los 8 anillos y amarrados cada 0,15 metros por el centro de la faja del anillo.



Figura 41. Refuerzo transversal



Figura 42. Refuerzo principal

El amarre de los estribos al refuerzo principal se hizo en la mayoría de las arañas, con soldadura 6013, para aumentar el rendimiento y en otras se hizo con alambre negro N° 18.



Figura 43. Amarre refuerzo brocales



Figura 44. Soldadura brocales

11.1 ENCOFRADO BROCALES

Después de la fundición del cilindro, se procede a verificar las cotas de la cara superior del cilindro donde apoyará el refuerzo del brocal. En algunos casos fue necesario picar el concreto del cilindro, ya que el nivel del concreto estaba muy por encima de lo definido en los diseños.

Una vez se tiene listo el cilindro, se procede a montar una obra falsa. Para el apoyo de la obra falsa se deben hacer unas muescas a los cilindros. La cantidad depende de la clase y resistencia del material que se va a utilizar para la obra falsa. En la obra se utilizaron 3 apoyos constituidos por pedazos de tacos de guadua, luego se debieron abrir 6 muescas, las cuales se picaron con cincel y porra.



Figura 45. Encofrado brocales 1



Figura 46. Encofrado brocales 2.

Después de calzar los apoyos se procede a clavarlos al cilindro con puntillas de acero de 2", y una vez asegurados se mide y corta a la medida la obra falsa

constituida por pedazos de tabla de 2" de espesor. Luego de montada la obra falsa se debe humedecer la misma y se extienden bolsas de cemento para que el agua cemento no se escape por la formaleta.

Para el encofrado de los brocales se maneja un anillo metálico formado de 2 secciones ajustables con tornillos, el cual se monta sobre el cilindro, se centra y se procede a introducir el refuerzo del brocal de refuerzo respetando el recubrimiento.



Figura 47. Encofrado brocales 3



Figura 48. Encofrado brocales 4.

La otra parte de la formaleta metálica está constituida por un cilindro metálico que va en el centro y que forma el espacio vacío para la posterior colocación de la tapa de la cámara. Cabe anotar que ambas formaletas antes de ser colocadas en su sitio, son engrasadas con aceite quemado para permitir su posterior desencofrado.

11.2 FUNDICIÓN BROCALES.

Para la fundición del brocal se utilizó concreto 1: 2,5: 2,5, el mismo utilizado para las demás fundiciones de la obra. El consumo de cemento fue de 2,5 sacos por brocal y se maneja un asentamiento de 2". El concreto se llevó en boogies hasta el lugar de la fundición y se vació con pala.

Después de fundido el brocal, se esperan aproximadamente 10 minutos para retirar el cilindro de la parte central. Posteriormente se realiza el acabado del mismo, mediante la utilización de un platacho de madera pasándolo suavemente sobre toda la superficie del brocal, luego se le espolvorea cemento gris, para dar

el acabado final utilizando un acolillador, el cual sirve para dar un terminado liso y ranurado sobre el borde, y finalmente con una escoba de cerdas duras se procede a rayar el brocal, dándole sentido a las rayas hacia el centro, logrando un buen acabado para dejar a la vista.



Figura 49. Fundición brocales



Figura 50. Terminado brocales

Para el curado se utilizó aserrín esparcido sobre la superficie de la estructura. Después de que el concreto se ha endurecido se procede a la demolición de la obra falsa, para dejar el agujero de inspección, donde calzará la tapa.

12. TAPAS DE CAMARAS DE INSPECCION

Elementos circulares en concreto reforzado de 0,6 metros de diámetro y 0,11 metros de espesor, que sirven para proteger el fondo de las cámaras de inspección. Son removibles y se utilizan para verificar el correcto funcionamiento de los colectores y para permitir la limpieza de los mismos.

Para su elaboración, se construyó una formaleta con una tira de madeflex de 0,11 cm de espesor, utilizando como guía una circunferencia pintada sobre un tablero de madera y apoyado por una fila circular de puntillas que forman la circunferencia. Se cortaron pedazos de hierro de tres octavos formando una malla que calza en la formaleta. Se dejaron 2,5 cm para el recubrimiento del refuerzo y se procedió a amarrar con pedazos de alambre # 18.

El refuerzo se colocó cada 4 cm en las 2 direcciones. Adicionalmente se introdujeron dos pedazos de tubo de ½" conduit, de 11 cm de largo, que servían como pases para el gancho de la tapa. El gancho se armó con hierro de tres octavos, se insertaron por los pases y se hace un gancho a 90°, buscando que el gancho pueda desplazarse y permita introducir la mano para jalar la tapa. Para la fundición se utilizó concreto de proporciones 1: 2,0: 2,5 mezclado mecánicamente.



Figura 51. Fundición tapas cámaras



Figura 52. Colocación manija para levantar tapa

Una vez fundidas las tapas se procedió a cubrirlas con aserrín para garantizar un curado de buena calidad.

12.1 CAÑUELAS CÁMARAS DE INSPECCIÓN.

Elementos de forma semicircular localizados sobre los pisos de las cámaras de inspección, y que sirven para direccionar el flujo. Se podría decir que son la continuación del colector dentro de la cámara. Para darle la forma semicircular se utilizaron pedazos de tubo sobrante del mayor diámetro existente entre la tubería de llegada y la tubería de salida de la cámara a la cual se le va a construir la cañuela. Para darle soporte a la sección se debe agregar una capa de apoyo, que puede ser en piedra, y que sirve para disminuir la cantidad de concreto a utilizar.

Se cortó el tubo a la medida y de la forma deseada con la ayuda de una pulidora, se le cortaron las estrías de los extremos y posteriormente se encajó en el colector de llegada y en el de salida. Luego se agregó al piso, concreto mezclado con plastocrete, aditivo de sika para impermeabilizar el concreto.



Figura 53. Corte de tubo de 10"



Figura 54. Colocación de capa de piedra

En algunas cámaras la cañuela se fundió sin plastocrete, en esas cámaras, fue necesario utilizar un recubrimiento impermeable con sika 101 mortero.

Al llegar al nivel donde de la cañuela, se calzó la misma en el concreto, para luego rellenar las cavidades laterales y además se agregó concreto suficiente para darle

inclinación a las paredes laterales, para evitar que el agua tenga cualquier posibilidad de empozarse.



Figura 55. Fundición piso cañuela



Figura 56. Cañuela.

Si se presenta presencia de agua en el fondo de la cámara, esta debe ser retirada, utilizando la misma cañuela y el tubo de salida de la cámara. Este problema se presentó durante la construcción de las cañuelas en las cámaras donde el nivel de aguas freáticas estaba presente, y en las que la cañuela no se ejecutó antes de la lluvia.

Es importante aclarar que los filtros utilizados para abatir el nivel de aguas freáticas, fueron conectados a cámaras pluviales y en algunos tramos a cámaras sanitarias, ya que en esos tramos el alcantarillado era el que se estaba ejecutando, y era necesario bajar el nivel del agua para poder trabajar en seco.

13. EMPALME AL COLECTOR PRINCIPAL

Para tener claridad sobre el lugar a empalmar con el colector paralelo al río Molino, se decide localizar los tramos hasta el colector en cuestión. Para ello se utilizó cinta, hilos y el plano de diseño hidrosanitario, el cual señalaba que se deberían conectar las redes al colector de 27" paralelo al Molino. Al llegar al punto de empalme se encontró un tubo de PVC corrugado de 36" de diámetro, protegido en el fondo y lateralmente con un muro de gaviones.

Se decidió demoler los laterales del muro de gaviones en un ancho igual al ancho de la cámara de inspección. Luego se ubica el tubo de llegada del alcantarillado del conjunto, exactamente en el tercio central superior del tubo de 36". Lo siguiente fue encofrar la cámara de inspección de forma rectangular



Figura 57. Empalme al colector principal

14. REVISIÓN DE OBRAS DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO PARA EJECUTAR EMPALMES

Durante la revisión de las obras se hicieron algunas recomendaciones y se definieron obras por terminar para poder realizar el empalme. Entre ellas estuvieron:

- 1- En la obra Altos de Tulcán se definió inicialmente solo ejecutar las viviendas de la primera etapa y en lo referente a obras de urbanismo, específicamente vías, sardineles y alcantarillado, solo ejecutar las obras para estas viviendas. El revisor definió que no era posible dejar tubería sin que esta estuviera conectada a cámaras en ambos lados, por el riesgo de escape de gases tóxicos. Las 2 posibles soluciones eran, o terminar las redes de alcantarillado en su totalidad, o construir cámaras intermedias para conectar la tubería hasta la mitad de las vías transversales. Se optó por terminar la totalidad de las redes principales, y un total de 74 domiciliarias de alcantarillado solo correspondientes a la primera etapa.

- 2- Las cámaras construidas se encontraban sin peldaños de acceso, por lo que se ordenó la construcción inmediata de los mismos, y en hierro como mínimo de 5/8", y como mínimo 2 peldaños, para las profundidades de máximo 2 metros manejados en las cámaras construidas en la obra. Para el anclaje del hierro, un obrero fue encargado de picar con cincel y maceta 15 cm; longitud establecida para anclar los peldaños de 30 cm de ancho. Después se procedió a introducir los peldaños en el agujero, verificando que quedara a las separaciones establecidas. Lo siguiente fue calzar los peldaños utilizando concreto 1: 2: 2,5

- 3- Cambiar los filtros que están conectados a las cámaras de inspección sanitarias, a las cámaras de inspección pluviales, para evitar un caudal excesivo en el alcantarillado sanitario.

- 4- Terminar las cañuelas de las cámaras de inspección faltantes, tanto en alcantarillado sanitario, como en pluvial. Esta labor se ejecutó en una semana.

- 5- Reemplazar en algunos sectores el material de relleno por uno de mejor calidad. Con la ayuda de una retroexcavadora y una volqueta se ejecutó la actividad, retirando el suelo orgánico que restaba, encima de los rellenos de la tubería, y moviendo suelo limo amarillo del almacenado para rellenos.

15. DOMICILIARIAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO.

Para la localización de las domiciliarias de alcantarillado lo primero que se hizo fue localizar el sitio donde quedarían las cajas de inspección de salida de las viviendas. Para ello se midieron 0,5 metros a partir del paramento de las casas, distancia definida en los diseños. En las casas donde ya están localizadas y excavadas las cajas, no hubo inconveniente. En las que no están, se debió temprar un hilo, con base en las estacas esquineras dejadas por el topógrafo y con relación a ellas medir la distancia, de acuerdo con el plano urbanístico. La profundidad de arranque de la tubería de 6" se definió con base en la cota de la casa. Se marcó con un par de estacas el ancho de la caja, en el sitio donde quedaría localizada.

Se procedió a medir una distancia de 5 metros desde la caja hasta el tubo de 8" en dirección perpendicular. Se marcó ese punto en el tubo. A partir de allí se midieron los mismos 5 metros, en dirección del tubo de 8" y se tiene el lugar donde ira ubicada la silla de 6 x 8, garantizando los 45° que se necesitan para la rápida evacuación de las aguas residuales, hacia el colector secundario. Se realiza la excavación necesaria para encontrar el tubo de 8" previamente instalado, con relleno y compactado.



Figura 59. Corte de tubo de 6".



Figura 60. Agujero abierto para calzar silla



Figura 61. Utilización de Sikaflex 221



Figura 62. Empalme de la silla al tubo de 8”.

Una vez terminada la excavación se colocaba la silla en el punto donde se ensamblaba, ubicando el sentido y la pendiente a la cual va a derivar. Posteriormente se marcó la forma de la silla utilizando como molde la misma silla. Una vez marcada, se procedió a cortar sobre la figura dibujada sobre el tubo, con la ayuda de pulidora y en algunos casos con hoja de segueta. En ningún caso se debe perforar la tubería utilizando calor, ya que esto afectaría las propiedades mecánicas de los tubos.

Una vez cortada, se aplicó acondicionador sobre la cresta y valle del tubo cortado, en un ancho aproximado de 3 cm. Adicionalmente, se agrega acondicionador sobre la parte de la silla que ensamblará con el tubo de 8”. Después de 20 minutos de la aplicación del acondicionador se procede a la aplicación de Sikaflex 221 sobre cresta, valle del tubo y sobre la superficie de contacto de la silla de 6” x 8” y el tubo de 8”, logrando una capa lo más lisa y uniforme posible. Para lograr una superficie de aplicación uniforme se utilizó un dosificador metálico que expulsa una cantidad de sellante homogénea en cantidad. El siguiente paso fue unir la silla al tubo, con una leve presión. Para mayor seguridad se cortaron 4 pedazos de alambre galvanizado # 18 de 4,5 metros c/u y se ubicaron 2 a cada lado de la silla como amarras.

Una vez ajustados silla de 6 x 8 y tubo de 8”, se comenzó la instalación de la domiciliaria. Para ello se midió la longitud de tubo de 6” necesario para llegar a la caja de inspección de salida y que pase 0,2 metros dentro de la pared interna de la caja, teniendo definido el nivel y ubicación del fondo de la caja de inspección de

salida. También se chequea la pendiente con la que queda la domiciliaria, buscando que quede con una pendiente entre el 1 y el 10%, recomendable para no desgastar las paredes del tubo y además garantizar un arrastre eficiente de los residuos provenientes de las viviendas.

En algunas domiciliares por ausencia de tubería de 6", se dejó instalada únicamente la silla, la cual se taponó con una bolsa de papel, para evitar que se acumule tierra dentro de la misma. En las que se instalaron completas, se bajó manualmente el tubo de 6", luego se le aplicó lubricante a la campana y espigo del tubo, y se ensambló con la silla. Se empujó con ayuda de una barra utilizada como palanca para garantizar una junta más segura.



Figura 63. Utilización alambre galvanizado



Figura 64. Colocación de empaque al tubo de 6"

Una vez instalada la domiciliaria siguió el respectivo relleno con suelo fino limoso amarillo según estudio de suelos. Este tipo de suelo se encontró en la mayoría de las excavaciones para domiciliares, y en algunos sitios donde se encontró arcilla gris y habana con características plásticas y de alta compresibilidad, con presencia del nivel de aguas freáticas, se ubicó filtro y se hizo reemplazo de material, por uno de características similares, producto del cajeo de las vías y el terraceo de las casas, y almacenado en la zona de relleno. Para la compactación de la zanja se utilizó saltarín y se compactó en capas de aproximadamente 20 cm. En algunas domiciliares se colocaron dos secciones de tubería, utilizando un empaque en el lugar de empalme.



Figura 65. Compactación relleno



Figura 66. Empuje tubo domiciliaria

La pendiente de la tubería de 6" en la mayoría de las domiciliarias estuvo entre el 3% y el 10%, rango manejado para no permitir sedimentación de sólidos y para no desgastar las paredes de la tubería. Una vez instalada la domiciliaria, se procede a taponar el tubo de salida de la caja para evitar que la misma se obstruya.

16. PASE ALCANTARILLADO SANITARIO VÍA DIAMANTE

El lugar de disposición de las aguas residuales se ubicó en un punto del colector paralelo al río Molino. Para llegar hasta ese lugar era obligatorio hacer un cruce sobre la vía correspondiente a la carrera segunda, a la altura del sector del Diamante.

Se programaron actividades para coordinar los trabajos de corte, con la localización de la tubería de 8" correspondiente al tramo justo antes de la vía. Las actividades de corte comenzaron antes de concluir la ejecución del tramo en cuestión. Inicialmente se realizó el corte necesario de carpeta asfáltica y andén en un ancho de 0,9 m, en cuadrícula de 2 m x 0,9 m, utilizando cortadora de compresor de agua. Una vez realizados los 29 m de corte; al día siguiente, se procedió a señalizar la zona de trabajo para evitar cualquier riesgo para los transeúntes.

Se decidió trabajar en dos tramos la vía para no interrumpir totalmente el tráfico. Se cortaron 5 metros de tubería, lo suficiente para dejar paso a los vehículos. Se niveló la excavación para lograr una pendiente del 1,5% y además lograr una capa de 20 cm de triturado, para apoyar la tubería y mantenerla lejos del nivel de aguas freáticas. La pendiente del 1,5% es la correspondiente al tramo 14 – 14'.



Figura 67. Corte vía para pase



Figura 68. Cortes realizados

La retro excavó el corte previamente hecho en un tiempo de 45 minutos, dejando los bloques a un lado de la zona de trabajo, y retirando el material producto de la excavación por no presentar condiciones de humedad y composición adecuadas para el posterior relleno.

Al inicio de la excavación se encontró una carpeta asfáltica de 12 cm, sobre una capa de roca muerta y en otros lugares sobre una capa de sub base mejorada con cemento y al final un suelo con apariencia de arcilla gris de alta compresibilidad y con una humedad alta.



Figura 69. Utilización de retroexcavadora



Figura 70. Tipo de suelo encontrado

Se colocó una capa de triturado de 20 cm y luego se pasaron niveles con manguera para localizar el tubo de 8". Se empalma con el anterior y con un hilo se chequea que quede alineado con los anteriores.



Figura 71. Descenso tubería

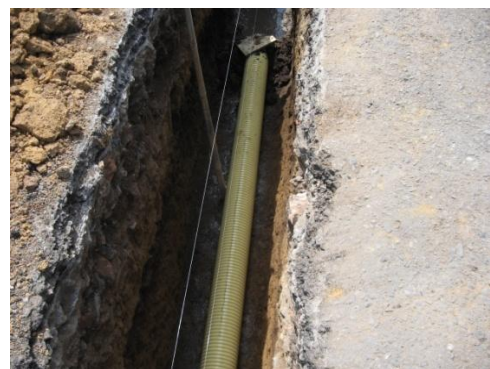


Figura 72. Alineamiento tubería

Posteriormente se aumentó la capa de triturado una altura de 10 cm por encima de la batea del tubo y para terminar se trajo tierra amarilla de la almacenada en la parte alta de la obra, para reemplazar el suelo encontrado debajo de la sub base.

Se cargó la tierra en volquetas y posteriormente se depositó a un lado de la zona de trabajo, para regarla en capas de aproximadamente 20 cm, para luego compactarla con saltarín. Al final de los trabajos de relleno quedó una capa de 1,2 m de tierra amarilla debajo de la sub base.



Figura 73. Relleno tramo vía



Figura 74. Arreglo temporal vía

Para terminar se optó por colocar una capa de 10 cm de sub base mejorada con cemento espolvoreado sobre la capa compactada, para luego irrigar un poco de agua. Una vez terminadas estas labores se colocaron los bloques de carpeta asfáltica levantados de la vía.

Cabe anotar que el parcheo definitivo de la vía se haría con concreto asfáltico, y que el arreglo antes mencionado se hizo provisionalmente por no contar con el material y equipo necesarios a la hora de los trabajos de alcantarillado.

17. SISTEMA DE FILTROS

Según el estudio de suelos realizado por Geoconsulta y confirmado por las excavaciones hechas, para la instalación de las tuberías de alcantarillado sanitario, en algunas, el nivel de aguas freáticas se encontró a menos de 1 m de profundidad y presente en dos estratos formados por suelo fino color café y suelo fino limoso color habano.



Figura 75. Zona nivel freático alto



Figura 76. Excavación alcantarillado.

Se siguió la recomendación del diseño de pavimentos y se optó por la construcción de sub drenes o filtros, conectados a las cámaras de inspección. Entre las funciones principales de los filtros se encuentran: recolección del agua producto del nivel de aguas freáticas, conducción de las aguas recolectadas hasta el caño destinado para depositar las aguas, Permitir trabajar en seco durante la instalación de la tubería de alcantarillado sanitario y pluvial, garantizar que la sub rasante de las vías no permanezca en contacto con el nivel freático, y por consiguiente proteger el funcionamiento de la estructura del pavimento. Se definió por parte de la dirección de obra que el ancho de la capa sería de 60 cm, con un espesor de 60 cm y llevado a una profundidad desde la rasante de 1 m. Se definió usar 2 capas distribuidas de la siguiente manera: los primeros 40 cm en grava de tamaño máximo mayor o igual de 2" y los 20 cm restantes de tamaño menor o igual que 2". Algunos filtros quedaron conectados cámaras de inspección sanitarias, ya que eran estas las que se construyeron inicialmente.

17.1 MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE FILTROS

MATERIAL GRANULAR: material de proveniente del río Timbío, constituido por fragmentos duros y de tamaños variables, sin presencia de suelo fino. La granulometría comprendía partículas desde $\frac{3}{4}$ " hasta 4", de forma redondeada y con presencia de partículas cuarzosas. No se utilizó una gradación determinada, ya que se uso el material tal y como llegó del río.



Figura 77. Material para filtro



Figura 78. Almacenamiento material

1- TUBERÍA COR DRENAJE: tubos de PVC de 4" de color blanco y con perforaciones en todo el perímetro del tubo. Vienen en rollos y en la longitud que el comprador necesite.



Figura 79. Tubería cordrenaje



Figura 80. Agujeros tubería cordrenaje

- 2- GEOTEXTIL NT 1600: malla no tejida de fibra sintética, capaz de permitir el paso del agua, e impidiendo el paso de partículas de suelo fino hacia el filtro.

Por lo general se vende por rollos en m² y debe cumplir con todas las características que dice el fabricante que posee, así como con los ensayos de calidad que se le realizan a los mismos. Se coloca traslapando la tela como mínimo 20 cm y se puede coser con hilaza o cáñamo.

17.2 CONSTRUCCIÓN DE FILTROS

La ubicación de los filtros no estaba definida en los diseños hidrosanitarios, por lo que se tuvo que tomar la decisión de la ubicación, la profundidad y la longitud del filtro a instalar, a medida que iban avanzando las obras de excavación para tubería de alcantarillado y según la necesidad. Por esta razón algunos tramos de tubería para filtro fueron conectados a cámaras sanitarias.

Después de la excavación hecha a mano, se verificó en todos los casos que el material filtrante no estuviera contaminado con suelo fino, y se chequeó que la zanja quedara con pendiente mínimo del 1%. Se manejaron excavaciones de pared vertical y un fondo firme y homogéneo en toda la longitud del filtro. Dichas características las proporciona el lecho filtrante. En la zona del antiguo pantano se utilizó el sistema de espina de pescado, que básicamente es una serie de tuberías ranuradas, localizadas transversalmente a la tubería principal. Cabe anotar que no se utilizó ningún tipo de geotextil para la protección de los filtros en esta zona.



Figura 81. Sistema espina de pescado



Figura 82. Tubería filtro instalada

Una vez realizada la excavación para la tubería, se regó una capa de 30 cm de material filtrante, para luego introducir la tubería ranurada de 4". Esta tubería se conectó a las cámaras excavadas y se deja sobrepasando 20 cm de la cara de la cámara excavada, para la fundición. En algunos sectores la cámara ya estaba fundida, luego lo que se hizo fue picar el cilindro, insertar la tubería y luego resanar el agujero.

Una vez asentada la tubería, se colocó una capa de 30 cm de grava encima del tubo. Si la tubería va a llevar ramificaciones, lo que se hace es cortar la tubería a la longitud requerida y posteriormente, abrirle un agujero al tubo principal. Luego se introduce la ramificación de la espina de pescado en el interior del agujero perforado, y se asegura.

Una vez completados los tramos, se compactó el material filtrante, para ello se utilizó saltarín. El paso siguiente fue completar el relleno con tierra amarilla y terminar la compactación. Todos los filtros quedaron con pendiente de más del 1% y una vez instalados se verificó su correcto funcionamiento, chequeando la caída de agua dentro de los pozos de inspección.



Figura 83. Filtro en espina de pescado



Figura 84. Cocido de geotextil NT.

En la zona de acceso al conjunto y por la poca capacidad portante de los suelos como capa de sub rasante, debido a la presencia de nivel freático a menos de 1 m y que traía consigo la deformabilidad del suelo en el momento de compactar, fue necesario retirar el suelo húmedo. Se construyó un sistema de filtros en espina de pescado con 5 ramificaciones y conectado al filtro en tubería de 4" ya existente entre las 2 cámaras del tramo en cuestión. El filtro consistió en una capa de piedra

de tamaño entre 2" y 3" de 0,4 m de altura por 0,50 m de ancho y en una longitud total de 29 m lineales con pendiente del 1% aproximadamente. Para la construcción del filtro se excavó la zanja hasta la profundidad deseada, luego se cortó y extendió el geotextil cuidando que no se arrugue, que quede totalmente apoyado en el suelo y que pueda traslapar 20 cm.

Encima de la tela se acomodó manualmente la piedra hasta la altura deseada, que en nuestro caso fueron 40 cm. Paso siguiente, se cubrió la piedra en la parte superior, se traslapó lo necesario y se cosió con hilo y aguja para garantizar la hermeticidad del filtro. Una vez construido el sistema de filtros, rellenas y compactadas con saltarín las zanjas excavadas para el filtro, fue necesario agregar una capa de piedra de 20 cm en todo el ancho de la vía utilizando un tractor y compactarla con vibro compactador. Se siguió el relleno hasta nivel de sub rasante con tierra de relleno apropiada y con una humedad cercana a la óptima.

18. INFORME DE DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO SANITARIO

El diseño se realizó con el programa SEDAL. Los datos para los respectivos cálculos fueron los siguientes:

Área = 2,66 ha

N° Viviendas = 140

Habitantes / vivienda = 5

Habitantes = $140 \times 5 = 720$

Dotación neta = 200 L / hab.*d

Caudal medio diario = $(720 \times 200) / 86400 = 1,67$ LPS

% de retorno = 80

$Q_d = 1,67 \times 0,8 = 1,34$ LPS

$Q_d = 1,34 / 2,66 = 0,5$ LPS/Ha

Conexiones erradas = 0,10 LPS/Ha

Caudal de infiltración = 0,2 LPS/Ha

Caudal de diseño = $0,5 + 0,1 + 0,2 = 0,8$ LPS/Ha

$Q_d = 0,8$ LPS/Ha

Caudal máximo horario: lo define el programa Sedal.

18.1 ESPECIFICACIONES GENERALES

Coeficiente de Manning (n) para tubería nueva =	0,009
Coeficiente de Manning (n) para tubería existente =	0,015
Fuerza tráctiva mínima (Kg/m ²) =	0,15
Profundidad mínima a clave (m) =	1,0
Profundidad a clave máxima deseable (m) =	3,5
Profundidad máxima a clave (m) =	5,0
Altura mínima de bajante en tubo: =	0,8
Pendiente mínima de diseño (%) =	0,1
Velocidad máxima a tubo lleno =	9
Disminución de la clave de salida (m) =	0,02

18.2 ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN

% de excavación seca en material común =.....	100
Longitud promedio conexión domiciliaria (m) =.....	6
Número de conexiones por m de colector =.....	0,1
m ³ de excavación por m de conexión =.....	1
Factor de compactación para relleno de zanjas =-.....	1
% de relleno en material de la excavación =.....	100

18.3 ESPECIFICACIONES SANITARIAS

Caudal mínimo de cálculo (L/s)=.....	1,5
Velocidad mínima a tubo lleno (m/s) =.....	0,45
Velocidad mínima real para caudal mínimo diario (m/s) =.....	0,45
Máximo llenado del tubo (q/Q) =.....	0,8
Diámetro mínimo tubería sanitaria (cm) =.....	18

18.4 VALORES UNITARIOS SANITARIOS.

Caudal de aguas negras (L/s.ha) = 2,68
Infiltración + conexiones erradas (L/sha) = 2,1
Densidad de población (hab. /ha) = 271

18.5 PRESUPUESTO ALCANTARILLADO SANITARIO

Tabla 6. Presupuesto alcantarillado sanitario.

CONCEPTO	UND.	CANTIDAD	V/ UNITARIO	V/ TOTAL
Localización y replanteo	ML	926,00	450	416.700,00
Excavación en material común	M ³	637,75	6.500	4.145.375,00
Suministro e instalación tubería PVC 8"	ML	916	22.718	20.809.688,00
Relleno y compactación de zanjas	M ³	637,75	5.100	3.252.525,00
Construcción de cámaras de inspección de Ø= 1,2 m. en concreto simple de 175 Kg/cm ² y tapa en concreto reforzado	UND	16	650.000	10.400.000,00
Retiro de material sobrante	M ³	191,33	8.000	1.530.600,00
TOTAL				40.544.888,00

19. ALCANTARILLADO PLUVIAL

Los colectores iniciales son de un diámetro de 10", los colectores secundarios de 12", el tramo a la salida del conjunto aumenta a 16" y termina finalmente en 23", diámetro con el cual se realiza la entrega al caño ubicado contiguo al andén de la carrera segunda.

El agua de las vías es recogida por sumideros ubicados estratégicamente, los cuales la conducen a cámaras de inspección pluviales, además el agua en 3 secciones transversales de la vía, es recogida por medio de cárcamos.

En la zona ubicada al pie de la construcción se construirá un canal de recolección de aguas lluvias para disminuir el caudal de agua sobre las vías de la urbanización. Dicho canal estará conectado por ambos extremos a las 2 cámaras ubicadas en la parte nororiental del lote.

En la zona de acceso al condominio, donde existe un antiguo zanjón, se realizó la limpieza y rocería del mismo, canalizando el agua del caño y construyendo 2 cabezales para la tubería de 27" usada para tal fin. Existe un sistema de filtros que está conectado al alcantarillado pluvial y que aumenta el caudal de diseño del proyecto.

Inicialmente unas vías transversales tenían una sola pendiente, pero para manejar de forma más económica los cortes y rellenos para las terrazas y para las mismas vías, se optó por manejar algunas vías con dos aguas, por lo que fue necesario adicionar algunos sumideros.

19.1 LOCALIZACIÓN ALCANTARILLADO PLUVIAL

Para la localización en planta del alcantarillado pluvial, se siguió el mismo procedimiento del alcantarillado sanitario. Se localizaron las cámaras de inspección con base en el paramento de las casas existentes y en las estacas dejadas por el topógrafo en los cruces de las vías, después de haber definido la separación en planta de los colectores y su ubicación dentro del ancho de la vía.

El alcantarillado pluvial se definió dejarlo 30 cm por debajo del alcantarillado sanitario, al contrario de lo estipulado en el RAS, en donde se expone la necesidad de que el alcantarillado sanitario esté por debajo del pluvial, por posibles exfiltraciones en la tubería pluvial, y por ende al caño donde desagua.

El trazado del alcantarillado pluvial va paralelo al sanitario hasta la cámara ubicada en el acceso del condominio, de allí en adelante se separan, ya que el alcantarillado sanitario se conduce al colector paralelo al río Molino y el alcantarillado pluvial se traza paralelo al andén de la vía al diamante, para depositar sus aguas en el zanjón ubicado 72 m adelante, lugar donde es necesario construir un cabezal para controlar el flujo a la salida del tubo de 27”.

19.2 MATERIALES CONSTRUCCIÓN ALCANTARILLADO PLUVIAL

- 1- TUBERÍA DE 10” PC CORRUGADA
- 2- TUBERÍA DE 12” PVC CORRUGADA
- 3- TUBERÍA DE 16” PVC CORRUGADA
- 4- TUBERÍA DE 23” RIB-LOC
- 5- SOLDADURA RIB-LOC: Cemento solvente para tubería y accesorios.
- 6- LIMPIADOR RIB-LOC:
- 7- LUBRICANTE.
- 8- GUÍAS PARA TUBERÍA RIB-LOC

19.3 CANALIZACIÓN CAÑO

Esta zona presenta inicialmente problemas de inundaciones en época de invierno en los barrios aledaños a Pomona. Por este motivo y para proteger la futura vía de acceso, se decide canalizar el caño por medio de una tubería capaz de evacuar el caudal que pueda presentarse durante una lluvia torrencial. Para poder intervenir el caño se debe obtener un permiso de la C.R.C, el cual lo otorgan después de estudiar la solicitud que se presente por el interesado, explicando claramente los motivos de dicha intervención y las acciones u obras que se ejecutarán.

Inicialmente se arranca con labores de limpieza y rocería de toda la zona a lo ancho del caño, el cual presenta una capa considerable de sedimentos de

aproximadamente 15 cm de espesor, que son retirados por un obrero. En el momento de iniciar la canalización se encuentra un tubo de 12" encauzando las aguas. Después de retirados los sedimentos, se agrega una capa de 40 cm de grava, la cual servirá como apoyo para el tubo de 27" RIB-LOC, utilizado para la canalización.



Figura 85. Ensamble tubería 27".



Figura 86. Transporte tubería 27"

Una vez colocada la capa de grava se procede a transportar manualmente hasta la zona del caño, los 9 m de tubería de 27" programados inicialmente.

Se decide inicialmente unir los dos tramos en la parte de encima del caño, para luego bajarlos armados hasta el lugar donde quedará asentada la tubería, para ello, dos obreros manejan las guías, otro direcciona el tubo y otro utilizando un tablón como palanca, empuja el tubo desde el punto contrario a la unión. El tubo de 27" posee un espigo de 13,5 cm de longitud, del cual se introducen solo 6 cm. Luego se limpia con limpiador RIB-LOC la zona en donde se agregará la soldadura. Se vierte suficiente soldadura sobre el espigo del tubo, y se termina de empujar.

El descenso del tubo al fondo del zanjón se hace por medio de una manila, y durante la ejecución de esta labor se desarmen las dos secciones ya soldadas. La solución consiste en limpiar la soldadura que ya comienza a endurecerse, cambiarla por más soldadura y utilizar el brazo de la retroexcavadora para empujar el tubo. Una vez soldados los dos tramos, se nota un pequeño desalineamiento de los tubos el cual se corrige inmediatamente utilizando un hilo.

El tubo finalmente queda con una pendiente del 0,5%, correspondiente a la pendiente del caño en esa sección. Para evitar la posible flotación de la tubería se decide agregar una capa de limo amarillo sobre la tubería mientras se ejecutan las labores para el relleno definitivo. La retro retira el tubo de 12" colocado provisionalmente.



Figura 87. Unión con soldadura



Figura 88. Descenso tubería fondo caño.

Al culminar los trabajos la distancia entre la clave del tubo y la cota del eje de la vía en ese lugar queda de 1,2 m. Encima del tubo se extenderán y compactarán 0,9 m de suelo limo amarillo utilizado en los rellenos de la obra y encima 0,29 m de estructura de pavimento. Es importante que el relleno alrededor del tubo se haga de forma manual para no causarle fisuras y golpes al tubo.

20. CONSTRUCCIÓN ALCANTARILLADO PLUVIAL

Para la excavación de las zanjas, el descenso, el alineamiento, la nivelación y la instalación de la tubería corrugada se sigue el procedimiento de manera similar al trabajado en alcantarillado sanitario. Lo mismo para la construcción de los cilindros, brocales y tapas de las cámaras de inspección. Es importante anotar que en los tramos finales se instaló tubería RIB STEEL de 27" y 12", que es una tubería termo plástica y flexible, que viene reforzada con aros de acero cada 0,15 m y que funciona soldando campana y espigo.

20.1 INSTALACIÓN TUBERÍA RIB STEEL

Esta tubería se utilizó en 2 diámetros: 16" y 27", en el penúltimo y el último tramo respectivamente. En la zona donde se instaló, se encontró el nivel de aguas freáticas por encima del nivel más bajo de excavación, además se encontró un suelo muy inestable, que sufría constantes derrumbes durante el proceso de excavación, por lo que se optó por instalar por tubo y no por tramos entre cámaras como se venía manejando para tubería corrugada. En ocasiones fue necesario retirar la tierra excavada, hasta tres veces por los derrumbes que se presentaron. La instalación de la tubería comenzó desde el zanjón hacia atrás.



Figura 89. Excavación inestable 1



Figura 90. Excavación inestable 2.

Es importante anotar que en estas tuberías el comportamiento tubo-suelo depende del material de atraque, de la compactación del material de atraque y del ancho de la zanja. Para la instalación de la tubería RIB STEEL, se excavó lo necesario para encontrar los niveles de la tubería más 0,10 m, que es el espesor que el fabricante sugiere de capa de grava o triturado, para darle una cimentación de buena capacidad portante a la tubería. Además se verificó la nivelación del tramo y se controló la presencia de agua en la excavación, por medio de baldes y canales laterales. No fue necesario el uso de motobombas.

Se entibó, para proteger la excavación y la propia vida de los trabajadores, pero se debe tener en cuenta que el entibado no impida el ingreso de los tubos a la zanja. Antes de instalar la tubería se agregó una capa de 20 cm de triturado en unos casos y mixto de río en otros, con el fin de tener un lecho de soporte firme, poco deformable y además para bajar el nivel del agua. Lo siguiente fue verificar los niveles de la tubería en el tramo, utilizando nivel de manguera.

Debido a la inestabilidad de las excavaciones la cual produjo el derrumbe de las excavaciones ya niveladas, fue necesario utilizar retroexcavadora para lograr retirar el material que se depositaba en el fondo y agilizar la instalación de la tubería ante la posibilidad de producirse lluvias que impedirían la instalación de la tubería.



Figura 91. Entibada excavación



Figura 92. Utilización retro en terreno inestable

Se ejecutó cargue y bote del material, el cual era necesario reemplazar por ser un suelo orgánico muy compresible y con alta presencia de humedad. Verificados los niveles y la pendiente, se procedió a llevar la tubería al sitio de localización. El transporte de los tubos de 27" hasta la zanja se hizo manualmente, pero para su transporte se requieren como mínimo 4 personas.

El tubo se descargó a un lado de la excavación hecha, y con la misma manila que se transportó, se amarró para bajarlo al fondo de la zanja. Una vez asegurado se dejó caer suavemente soltándolo simultáneamente en ambos extremos.



Figura 93. Transporte tubería RIB-LOC



Figura 94. Descenso tubería con manila

Ya en el fondo de la zanja, se terminó de agregar triturado, hasta cubrir medio tubo con el material, compactando con pisones el material de atraque lateral del tubo y el de encima. La siguiente capa de relleno consistió en tierra amarilla para relleno, colocada y compactada con saltarín en capas de 20 cm.

Para la unión con el siguiente tubo se procedió de la siguiente manera: se verificó que la cota del tubo fuera la indicada, esto se hace con nivel de precisión. Se debe haber colocado la capa de triturado para el siguiente tubo con el fin de que este controle el agua en la zanja. Se baja el tubo y se limpian las superficies a empalmar, utilizando limpiador y un dulce abrigo limpio. Se limpian campana y espigo, e inmediatamente se agrega abundante soldadura para tubería RIB STEEL en la zona media inferior de la campana.



Figura 95. Utilización guías.



Figura 96. Soldando tubos 27”.

Un trabajador se introduce en el tubo, con el fin de agregar soldadura por la parte interior y además colaborar con el empalme. Se procede al empalme de los tubos utilizando unas guías e introduciendo aproximadamente 1 cm el espigo en la campana. Posteriormente se termina de agregar soldadura en la zona expuesta del espigo y finalmente se utiliza una palanca para empujar el tubo desde el lado contrario, verificando el ingreso hasta la zona de la vena de la unión.



Figura 97. Obrero en el interior tubo



Figura 98. Capa de grava como filtro.

20.2 SUMIDEROS

Se definen como estructuras ubicadas en la vía, provistas de rejillas y localizadas de tal forma, que interceptan las aguas lluvias que corren por las vías o por las cunetas, y las transportan a cámaras de inspección pluviales, o combinadas.

En la obra los trabajos iniciales estuvieron encaminados a localizar los sumideros, basados en los sardineles ya existentes, tomando la medida de un metro a partir del vértice formado por los dos alineamientos de la manzana, y quedando exactamente antes de los cruces de las vías, para evitar que sobre la franja de circulación se presente flujo de agua y además para proteger las rejillas de los sumideros del tránsito vehicular. Algunos de los sumideros ubicados en la vía principal y que quedaban en los diseños, ubicados exactamente a la salida de los garajes de algunas viviendas, no fue posible cambiar su ubicación, ya que quedarían muy lejos de los cruces o intersecciones.



Figura 99. Excavación sumideros



Figura 100. Encofrado sumideros.

Se utilizaron dos tipos de sumideros: de reja en cuneta y de reja en calzada. Para la evacuación de los sumideros de reja en cuneta, se utilizó tubería de 10" y para los de reja en calzada o cárcamos, se utilizó tubería de 16", de la que sobró de algunos tramos del alcantarillado pluvial.

Una vez localizados, se procede a marcar con hilos los anchos de las excavaciones para instalar la tubería de 10", teniendo como referencia, las cámaras pluviales.

Se puede realizar simultáneamente la excavación del sumidero y de la zanja para la tubería. Para la excavación de la zanja se tienen en cuenta los niveles necesarios para darle como mínimo 2% de pendiente al tubo. Una vez la zanja tiene esta pendiente, se procede a picar el cilindro de la cámara, para abrir el orificio necesario para encajar el tubo del sumidero. Se mide la longitud de tubo necesaria, se corta y una vez encajado el tubo en la cámara, se procede a calzar con concreto el tubo.

Después de marcado en el terreno el largo de 1,75 m y el ancho de 0,60 m, se comienza la excavación para llegar a la profundidad requerida de 1,10 m establecida en los diseños de los sumideros. La excavación se hace a pala, respetando las dimensiones dadas para no sobrepasar el consumo de materiales establecido por cubicación.

En algunos sumideros la profundidad se aumenta, por la necesidad de esquivar tubería eléctrica y de citofonia ubicada por debajo de la vía y previamente instalada. Para la construcción de los cárcamos se define su localización en el terreno, trazando 0,60 m de ancho y 5 m de largo. Luego se extiende un hilo entre cabeza de sardinel y sardinel, exactamente en las secciones donde comienza y donde termina el cárcamo, y a partir de allí se bajan 15 cm, correspondientes a 10 cm libres de sardinel, mas 5 cm de reja, definiendo así el lugar hasta donde se fundirá.



Figura 101. Encofrado sumideros



Figura 102. Chequeo de dimensiones.

En los sumideros se bajan 25 cm, ya que la tapa del sumidero tiene 10 cm de espesor. Definidos los niveles se procede a encofrar el sumidero, respetando las dimensiones dadas en los diseños. Se verifica con plomada que las paredes de la formaleta estén a plomo con la vertical, y se aseguran para evitar movimientos durante el resto de actividades de encofrado y fundición. Luego se chequea con un metro que los espesores sean los requeridos.

Una vez contruidos los tableros para formaleta, se procede a encofrar el sumidero. Los tableros se arman con tabla de 0,2 m de ancho y de 1" de espesor, para evitar excesivas deformaciones durante el encofrado, y además para que duren un poco más. Una vez armados los tableros se procede a engrasarlos para poder retirar con facilidad la formaleta después de la fundición. Además de los bastidores utilizados para construir los tableros, se debe adicionar otro bastidor colocado a una distancia igual a 0,40 m y por el lado contrario de los demás bastidores, para formar el espacio que alberga la boca de salida del tubo.

Para la fundición se utiliza concreto de proporciones de 1: 2: 2,5, mezclado en trompo de un saco, que da una resistencia a los 28 días aproximadamente de 3000 psi, según ensayos realizados al concreto de la obra.

Al día siguiente se procede a fundir el tabique de separación entre el desarenador y el cajón que alberga el tubo de salida. No se utiliza sello hidráulico, y lo que se hace es fundir únicamente los primeros 40 cm, y antes de que fragüe el concreto se procede a introducir un pedazo de tabla con 6 perforaciones hechas con taladro y de 3/8" de diámetro.



Figura 103. Viga de hierro usada



Figura 104. Encofrado tabique divisorio

Se introducen 6 pedazos de hierro de 3/8", aproximadamente 10 cm en el concreto previamente vaciado y a modo de rejilla, con una separación entre barrotes de 5 cm. Luego se monta el segundo pedazo de tabla con perforaciones, se asegura y luego se coloca un castillo armado con 4 listones de 0,6 m de largo en forma de viga y con refuerzo transversal de estribos cada 0,15 m. Posteriormente, se procede a vaciar concreto hasta el nivel definido según cotas de la vía.



Figura 105. Colocación viga de refuerzo



Figura 106. Cajón sumidero fundido.

20.2.1. Tapas sumideros. Elementos provistos de una tapa ciega de 10 cm de espesor, 0,5 metros de ancho y 0,55 metros de largo, mas una rejilla hecha con platinas y ángulos de acero, cuya función es permitir la limpieza de los sumideros.

20.2.2 Tapas ciegas. Elementos de 0,5 m de largo, por 0,55 m de ancho y por 0,10 m de espesor, en concreto reforzado, que le dan hermeticidad al cajón donde se alberga el tubo de salida del sumidero. Para su encofrado se utilizan fragmentos de tabla de 10 cm de ancho, bastidores y hierro de 1/2 pulgada. Se cortan pedazos de hierro de 0,45 m, y se arma una parrilla en acero de 1/2", colocando refuerzo cada 0,10 m en ambas direcciones. Se tiene cuidado con el recubrimiento que debe mantener el refuerzo, para ello se utilizan panelas o separadores de concreto. Para la fundición se utiliza concreto de proporciones 1: 2: 2,5 en volumen suelto. Una vez vaciado el concreto necesario, se procede a darle acabado, pasándole la llana y después se pule con un acolillador para

darle el acabado final. Se debe realizar el curado al día siguiente con abundante agua.

20.2.3 Rejilla sumideros. Rejillas utilizadas para impedir el paso de material que pueda obstruir las tuberías del alcantarillado pluvial y que además deben estar en la capacidad de resistir las cargas provenientes del tráfico al que van a estar expuestas. Para la elaboración de las rejas, se utiliza ángulo de 1 1/4", de 3 mm de espesor y platina de 1 1/4", de 3 mm de espesor.



Figura 107. Reja para sumidero



Figura 108. Recibidor para reja.

Cada rejilla para sumidero está compuesta de La una reja de 1,185 m de largo por 0,485 m de ancho y un recibidor de 1,2 m de largo por 0,5 m de ancho. separación libre entre cada barrote es de 3,5 cm, y la reja lleva una platina central en la dirección perpendicular a los barrotes. Además fue necesario construir 2 rejas para cárcamos de 1,225 m de largo, por 0,485 m de ancho y 2 recibidores de 2,49 m de largo por 0,5 m de ancho c/u.

21. INFORME DISEÑO DE REDES ALCANTARILLADO PLUVIAL

El diseño hidrosanitario define que el agua lluvia captada por las cubiertas en teja de asbesto cemento y la que cae directamente sobre los 2 patios de las viviendas, será captada por 4 bajantes de 3" y 2 sifones, uno de 2" y otro de 3", ubicado en el patio más grande. De allí las aguas correrán por un tubo de 4", que las conducirá con una pendiente del 1% al sardinel y luego a través de sumideros ubicados estratégicamente, para terminar finalmente el caño destinado para tal fin.

21.1 PRESUPUESTO ALCANTARILLADO PLUVIAL

Tabla 7. Presupuesto alcantarillado sanitario.

CONCEPTO	UND	CANTIDAD	V/ UNITARIO	V/ TOTAL
Localización y replanteo	ML	657,00	450	295.650,00
Excavación en material común hasta 2 metros.	M ³	594,00	6.500,00	3.861.000,00
Suministro e instalación tubería PVC 10"	ML	520,00	32.800,00	17.056.000,00
Suministro e instalación tubería PVC 16"	ML	65,00	78.045,00	5.072.925,00
Suministro e instalación tubería PVC 18"	ML	72,00	103.856,00	7.477.632,00
Relleno y compactación de zanjas	M ³	657,00	5.100,00	3.252.525,00
Construcción de cámaras de inspección de Ø= 1,2 m. en concreto simple de 175 Kg/cm ² y tapa en concreto reforzado	UND	15	650.000	9.750.000,00
Construcción de sumideros en concreto de 175 Kg/cm ²		22	150.000	3.300.000,00
Retiro de material sobrante	M ³	197,10	8.000	1.576.800,00
TOTAL				51.642.532,00

El diseño de las redes también fue hecho con el programa SEDAL, el cual maneja para su cálculo el área que drena hacia los colectores, los cuales serán ubicados dentro de las vías vehiculares. Se ubicarán sumideros en el cruce de las vías y antes del paso peatonal, para captar las aguas lluvias que correrán por las vías vehiculares. Se utilizó la curva de lluvia para tres años, la cual se calculó para el clima de Popayán.

22. RENDIMIENTO MATERIALES CONSTRUCCIÓN ALCANTARILLADO SANITARIO

22.1 DOMICILIARIA.

Tabla 8. Rendimiento material domiciliario

MATERIAL	UNIDAD	RENDIMIENTO
SILLA 6" x 8"	UND.	1
SIKAFLEX 221	UND	0,25
ALAMBRE GALVANIZADO N° 16	ML	4,5
TUBO 6" PVC	UND.	1
HIDROSELLO DE 6"	UND.	1
LUBRICANTE	LIBRA	0,15

22.2 COLECTORES.

Tabla 9. Rendimiento material colector 8"

MATERIAL	UNIDAD	RENDIMIENTO POR CADA 6 METROS
TUBERIA DE 8"	ML	6
LUBRICANTE	LB	0,2
HIDROSELLO DE 8"	UNIDAD	1

22.3 CILINDROS CÁMARAS DE INSPECCIÓN.

Tabla 10. Rendimiento material cámara.

MATERIAL	UNIDAD	RENDIMIENTO POR CÁMARA
PUNTILLA DE 2 ½"	LB	0,5
ALAMBRE NEGRO N° 18	LB	0,5
CONCRETO	M³	VARIABLE
PUNTILLA DE 1"	LB	0,2
FORMALETA	UNIDAD	1

22.4 BROCALES.

Tabla 11. Rendimiento material brocal.

MATERIAL	UNIDAD	RENDIMIENTO POR BROCAL
PUNTILLA DE 2 ½"	LB	0,1
ALAMBRE NEGRO N° 18	KL	0,55
CONCRETO	M³	0,36
ACERO	KL	26,64
FORMALETA	UNIDAD	1
CEMENTO	KL	150
ARENA	M³	0,2
TRITURADO	M³	0,3

22.5 CAÑUELAS.

Tabla 12. Rendimiento cañuela

MATERIAL	UNIDAD	RENDIMIENTO POR CAÑUELA
CONCRETO	M³	0,35
MORTERO	M³	0,025

22.6 TAPAS CAMARAS DE INSPECCIÓN.

Tabla 13. Rendimiento material tapas cámaras

MATERIAL	UNIDAD	RENDIMIENTO POR TAPA
CONCRETO	M ³	0,033
CEMENTO	KL	0,25
ARENA	M ³	0,018
TRITURADO	M ³	0,027
HIERRO 3/8"	KL	14,64
ALAMBRE	KL	0,16
TUBO CONDUIT 3/4"	ML	0,2

23. RENDIMIENTO MATERIALES ALCANTARILLADO PLUVIAL:

23.1 COLECTORES

Tabla 14. Rendimiento material colectores pluviales

MATERIAL	UNIDAD	RENDIMIENTO POR TUBO
TUBERIA DE 10"	ML	6
TUBERIA DE 12"	ML	6
TUBERIA DE 16"	ML	6
TUBERIA RIB-LOC 27"	ML	6
SOLDADURA RIB-LOC	¼" GALÓN	0,25
LIMPIADOR RIB-LOC	¼" GALÓN	0,125
HIDROSELLO DE 10"	UNIDAD	1
HIDROSELLO DE 12"	UNIDAD	1

24. COSTO ALCANTARILLADO SANITARIO

Tabla 15. Costo alcantarillado sanitario.

CONCEPTO	UND.	CANTIDAD	V/ UNITARIO	V/ TOTAL
Localización y replanteo	ML	697,40	518,15	361.357,81
Excavación	M³	1412,300	6.217,80	8.781.398,94
Relleno con material de la misma excavación	M³	957,69	4.145,20	3.969.816,59
Suministro tubería PVC 8"	UND	179	107.100,00	8.460.900,00
instalación tubería PVC 8"	ML	994,80	2.590,75	2.577.278,10
Construcción cámaras de inspección	ML	51,13	103.630,00	5.298.601,90
Cemento (incluye cilindro, piso, brocal, y cañuela)	Saco	228,15	19.500,00	4.448.925,00
Arena (incluye cilindro, piso, brocal, y cañuela)	M³	15,64	20.000,00	312.800,00
Triturado	M³	23,46	40.000,00	938.400,00
Hierro 3/8" para brocales	Kg	409,97	1.800,00	737.946,00
Hierro 1/4" para brocales	Kg	43,01	1.800,00	77.418,00
Alambre negro N° 18 para brocales	Kg	9,35	2.200,00	20.570,00
Soldadura 6013 para brocales	Kg.	7,00	7000,00	49.000,00
Instalación de sillas	UND	84	27.980,10	2.350.328,40
Suministro silla 6" x 8"	UND	84	27.724,00	2.328.816,00
Suministro Sikaflex 221	UND	29	18.453,00	535.137,00
Suministro alambre galvanizado N° 16	KL	9	3.706,00	33.354,00
Suministro de tubería de 6"	UND	88	73.300,00	6.450.400,00
Instalación de tubería de 6"	ML	401,5	1.849,79	742.690,69
Lecho de grava	ML	32,5	800,00	26000,00
VALOR TOTAL				48.501.138,43

25. COSTO ALCANTARILLADO PLUVIAL

Tabla 16. Costo alcantarillado pluvial.

CONCEPTO	UND.	CANTIDAD	V/ UNITARIO	V/ TOTAL
Localización y replanteo	ML	313,11	518,15	162.237,95
Excavación	M³	1412,30	6.217,80	8.781.398,94
Relleno con material de la misma excavación	M³	885,49	4.145,20	3.670.533,15
Suministro tubería PVC 10"	ML	64	155.639,00	9.960.896,00
Suministro tubería PVC 12"	ML	32	230.116,00	7.367.312,00
instalación tubería PVC 10" y 12"		532,75	2.590,75	1.380.222,06
Suministro tubería PVC 16"		17	300.000,00	5.100.000,00
instalación tubería PVC 16"	ML	91,45	5.181,50	473.848,18
Suministro tubería PVC 23"	UND	12	128.685,00	2.428.300,00
Instalación tubería PVC 23"		72,00	7.448,40	536.284,80
Suministro tubería PVC 27" RIB –LOC	ML	18,87	128.685,00	2.428.300,00
Instalación tubería PVC 27"		100,37	8.743,78	877.613,20
Suministro de soldadura para tubería RIB – LOC	¼" GL.	5,00	30.000,00	150.000,00
Suministro limpiador para tubería RIB – LOC	¼" GL.	2,25	16.300,00	36.897,00
Construcción cámaras de inspección de Ø= 1,5 m. en concreto simple de 175 Kg/cm²	ML	54,39	103.630,00	5.636.435,70
Cemento (incluye cilindro, piso, brocal, y cañuela)	SACO	190,25	19.500,00	3.709.875,00
Arena	M³	13,90	32.000,00	444.800,00
Triturado.	M³	20,83	40.000,00	833.200,00
Hierro ¾"	Kg	361,65	1.800,00	650.970,00
Hierro ¼"	Kg	37,95	1.800,00	68.310,00
Elaboración tapas cámaras de inspección	UND	15,00	8290,40	124.356,00
Cemento	SACO	4,10	19.500,00	79.950,00
Arena	M³	0,27	32.000,00	8.640,00
Triturado.	M³	0,41	40.000,00	16.400,00
Varilla ¾"	UND	9,00	6.233,00	56.097,00
Alambre negro N° 18	Kg.	2,4	2.200,00	5280,00

Suministro tapas para cámaras de inspección.	UND	30,00	10.000,00	300.000,00
Construcción de sumideros en concreto de 175 Kg/cm ²	UND	7,60	207.260,00	1.575.176,00
Cemento	SACO	103,50	19.500,00	2.018.250,00
Arena	M ³	7,16	32.000,00	229.120,00
Triturado.	M ³	10,74	40.000,00	429.600,00
Varilla $\frac{3}{8}$ " para ventana bafle	UND	6,00	5.500,00	33.000,00
Varilla $\frac{1}{2}$ " para tapas ciegas	UND	14,50	9050,00	131.225,00
Alambre negro N° 18 para tapas ciegas	Kg.	1,25	2.200,00	
Platina de 1 $\frac{1}{4}$ " por $\frac{1}{8}$ " para rejas sumideros	UND	45,00	10.208,80	459.396,00
Angulo de 1 $\frac{1}{4}$ " por $\frac{1}{8}$ " para rejas sumideros	UND	71,00	19.000,00	1.349.000,00
Elaboración de 24 rejas y 24 recibidores para sumideros, mas 2 cárcamos con recibidor	GLOB AL	1,00	1.910.000,00	1.910.000,00
Cabezal en concreto reforzado	UND	1,00	155.455,00	155.455,00
Cemento	SACO	13,00	19.500,00	253.500,00
Arena	M ³	0,95	32.000,00	30.400,00
Triturado.	M ³	1,43	40.000,00	57.200,00
Varilla $\frac{1}{2}$ " para parrilla de refuerzo	UND	12,00	9050,00	108.600,00
Alambre negro N° 18	Kg.	0,5	2.200,00	
Caja de inspección de 0,9*0,8*0,7	UND	2,70	60.000,00	60.000,00
Cemento	SACO	10,50	19.500,00	204.750,00
Arena	M ³	0,77	32.000,00	24.640,00
Triturado.	M ³	1,16	40.000,00	46.400,00
Varilla $\frac{3}{8}$ " para tapa	UND	2,00	5.500,00	11.000,00
Canal de recolección aguas lluvias	ML	70,00	45.000,00	3.150.000,00
Cemento	SACO	172,00	19.500,00	3.354.000,00
Arena	M ³	12,57	32.000,00	377.100,00
Triturado.	M ³	18,86	40.000,00	754.400,00
VALOR TOTAL				71.360.860,98

26. COSTO FILTRO

Tabla 17. Costo filtro.

CONCEPTO	UND.	CANTIDAD	V/ UNITARIO	V/ TOTAL
Excavación	M ³	133,99	6.217,80	833.123,00
Instalación tubería de 4"	ML	354,50	1.036,30	367.000,30
Suministro tubería de 4"	ML	315,00	15.984,00	5.034.960,00
Relleno con material de la misma excavación	M ³	45,00	4.145,20	186.534,00
Filtro con geotextil	ML	96,00	1.554,45	149.227,70
Suministro geotextil 1	M ²	60,00	3.200,00	192.000,00
Suministro geotextil 2	M ²	114,00	2.010,00	229.140,00
Suministro geotextil 3	M ²	114,00	2.450,00	279.300,00
Transporte geotextil	UND	2,00	11.500,00	23.000,00
Piedra para filtro	M ³	118,60	32.000,00	3.795.200,00
VALOR TOTAL				11.089.485,00

27. COSTO OBRAS ADICIONALES

Tabla 18. Costo obras adicionales

CONCEPTO	UND.	CANTIDAD	V/ UNITARIO	V/ TOTAL
Retiro tubería de 8"	ML	30,00	1554,75	46.642,50
Retiro tubería de filtro	ML	30,00	621,78	18.653,34
Peldaños cámaras de inspección	UND	36,00	5181,50	186.534,00
Varilla corrugada 5/8" para peldaños cámaras	UND	11,00	11.948,00	131.428,00
Lubricante para tubería alcantarillado pluvial y sanitario.	LB	21,00	2.000,00	42.000,00
Servicio de retroexcavadora en excavación y relleno alcantarillado sanitario y pluvial sector diamante	HRS	48,00	60.000,00	2.880.000
Cargue y bote de material orgánico	M³	28,00	12.000,00	336.000,00
Transporte interno de material para mejorar rellenos zanjas alcantarillado.	M³	203,00	3.000,00	609.000,00
Retiro de material orgánico sector diamante.	M³	175,00	5.000,00	875.000,00
Arena de asiento de tubería pluvial y sanitaria	M³	16,5	32.000,00	528.000,00
Triturado usado para bajar nivel freático por debajo tubería pluvial y sanitaria hasta medio tubo	M³	9,85	40.000,00	394.000,00
VALOR TOTAL				6.047.257,84

28. CONCLUSIONES

- Es importante no descuidar el concreto hidráulico usado para la fundición de estructuras como cámaras de inspección, brocales, sumideros, tapas, cámaras de caída, cabezales, etc. Se debe obtener un concreto que cumpla con las resistencias requeridas en los diseños y además es necesario usar los aditivos requeridos para lograr estructuras impermeables.
- De ser necesario algún cambio en los diseños del sistema de alcantarillado, es recomendable realizar los cálculos necesarios para verificar que las condiciones de funcionamiento no se han alterado con dichos cambios, y además registrar en planos las variaciones en cotas, pendientes, diámetros, materiales y todo aquello que sea de suma importancia para el funcionamiento del mismo.
- Los tubos de alcantarillado de PVC corrugados, deben ser chequeados en sus diámetros internos, una vez llegan a la obra para verificar que cumplan con los requeridos en los diseños.
- Se debe chequear que las estructuras de concreto que van a quedar a la vista, como sumideros y brocales, tengan un buen acabado en su superficie.
- Se debe llevar un registro completo y detallado de las actividades pagadas en cada acta de liquidación, para no incurrir en pagos adicionales o repetidos. Además se debe realizar algún tipo de retención para garantizar que aquellas obras inconclusas o mal ejecutadas, se terminen o corrijan a su debido tiempo y en la manera indicada.
- El presupuesto previo a la ejecución de las obras de alcantarillado, muchas veces está un poco alejado de la realidad, debido a la incertidumbre de muchas variables, entre ellas el tipo de suelo a encontrar para relleno en cada uno de los tramos de colectores sanitarios y pluviales.

29. RECOMENDACIONES.

- Es importante tener bien definida la pendiente de las vías en las cámaras de inspección para no tener que rellenar con concreto o picar los brocales después de construido el pavimento.
- Siempre se debe considerar trazar los tramos de tubería de alcantarillado Sanitario hacia el lado de la vía donde serán mas cortas las domiciliarias de alcantarillado, para ahorrar en excavaciones y en longitud de tuberías.
- Es recomendable en las conexiones domiciliarias no conectadas a la caja de inspección de salida por no iniciar la construcción de la vivienda, dejar suficiente longitud de tubería o dejar campana para tener la posibilidad de prolongar la domiciliaria con la ayuda tan solo de un Hidrosello y un pedazo de tubo, por si algún cambio en la ubicación de la caja de salida.
- Seria un buena practica localizar la caja de inspección de viviendas que quedan enfrentadas, no exactamente una al frente de la otra, sino correr una de las dos hacia un lado, para evitar que coincida la domiciliaria a 45° hacia el colector, lo que obliga a deflectar uno de los tubos de domiciliaria.
- Debo contar con tierra seca para los rellenos de las zanjas hechas para tubería de alcantarillado, ya que entiendo de invierno toda la tierra se moja, para ello es necesario cubrir con plásticos una cantidad de tierra que se pueda solicitar.

BIBLIOGRAFÍA

- ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE POPAYÁN. Manual del acueducto y alcantarillado de Popayán. 2009. 120p.
- DIRECCIÓN DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO. Ras 2000. Sistema de recolección de aguas residuales domésticas y pluviales. Bogotá; 2000. 94 p.
- GERFOR. TUBERÍAS PVC GERFOR. [artículo de internet]. <http://www.Gerfor.com>. [Consulta: 12 de enero de 2010].
- GRUPO GERFOR. Ficha técnica alcantarillado Gerfor. Barranquilla; 2008. 24 P.
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. Especificaciones técnicas para la construcción de sistemas de alcantarillado. [artículo de internet]. <http://www.google.com>. [Consulta: 12 de enero de 2010].
- RIVERA Gerardo. Concreto simple. Popayán (Colombia). Unicauca. 1992.
- SIKA COLOMBIA S.A. Manual de productos Sika. Bogotá; 2007. 576 p.
- VÁSQUEZ Orlando. Apuntes de cuaderno alcantarillados. Popayán. 2007. 100 p.