



**Revisión y seguimiento al diagnóstico, diseño y reposición de redes de acueducto en asbesto cemento del circuito Altavista Sur y un proyecto menor de alcantarillado de la zona noroccidental de Medellín.**

María Fernanda Calderón Ospina

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Sanitario

Asesoras

Verónica Isabel Castro Sánchez, Ingeniera Sanitaria, Estudiante de Maestría en Ingeniería Ambiental

Nubia Lucia Montoya Rochel, Ingeniera Sanitaria, Especialista (Esp) en estructuras Hidráulicas

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental.

Ingeniería Sanitaria

Medellín, Antioquia, Colombia

2022

<b>Cita</b>	(Calderón Ospina, 2022)
<b>Referencia</b>	Calderón Ospina, M. F. (2022). <i>Revisión y seguimiento al diagnóstico, diseño y reposición de redes de acueducto en asbesto cemento del circuito Altavista Sur y un proyecto menor de alcantarillado de la zona noroccidental de Medellín</i> . [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
<b>Estilo APA 7 (2020)</b>	



Biblioteca Carlos Gaviria Díaz

**Repositorio Institucional:** <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - [www.udea.edu.co](http://www.udea.edu.co)

**Rector:** John Jairo Arboleda Céspedes.

**Decano/Director:** Jesús francisco Vargas Bonilla.

**Jefe departamento:** Diana Catalina Rodríguez Loiza.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

### **Dedicatoria**

Le dedico el fruto de este esfuerzo a mi madre quien creyó en mi desde el momento en que me aventure por mi sueño en otra ciudad, le agradezco los valores y principios con los que me crio para seguir con determinación lo que me propongo y mostrarme las fortalezas que poseen las mujeres cuando el mundo muestra su voracidad, por alentarme a buscar la solución a todo problema y obstáculo, fomentar mi curiosidad, servicialidad y versatilidad.

### **Agradecimientos**

Le agradezco a toda mi familia por el completo apoyo, a mi pareja por ser mi consejero, respaldo e impulsador, a las asesoras Isabel Castro y Nubia Montoya quienes me guiaron en este proceso formativo y finalmente a mis compañeros de Aguas Nacionales EPM con los que recorrí este camino.

## TABLA DE CONTENIDO

1.	Introducción	1
2.	Objetivos	2
2.1.	Objetivo general	2
2.2.	Objetivos específicos	2
3.	Marco teórico y normativo	3
3.1.	Criterios de diseño en el componente de acueducto	4
3.2.	Criterios de diseño en proyectos menores de alcantarillado	6
4.	Metodología	8
5.	Resultados y análisis	10
5.1.	Generalidades del área de estudio del componente de acueducto	10
5.2.	Investigación de redes en el circuito Altavista Sur de asbesto cemento para su diagnóstico	10
5.2.1.	Seguimiento a la investigación de redes de acueducto en circuito Altavista Sur y los resultados del diagnóstico.	12
5.2.2.	Comparación de longitud propuesta a investigación de Asbesto Cemento por EPM y lo encontrado en campo.	15
5.3.	Análisis de alternativas de alineamiento, evaluación hidráulica y método constructivo del circuito Altavista Sur.	16
5.3.1.	Alineamiento y trazado preliminar	16
5.3.2.	Evaluación hidráulica en tramos a reponer del circuito Altavista Sur.	17
5.3.3.	Evaluación Matriz Costo-Riesgo-Desempeño circuito Altavista Sur.	19
5.4.	Diseño para la reposición de redes en el circuito Altavista Sur.	19
5.4.1.	Diseño hidráulico Entrega 1 circuito Altavista Sur.	20
5.4.1.1.	Particularidades del diseño Entrega 1 Sector 3 Altavista Sur.	22
5.5.	Monitoreo de tiempos programados para entregas de diagnóstico, alternativas y Diseño del circuito Altavista Sur.	24
5.6.	Generalidades del requerimiento GPZN- 1119 del componente de alcantarillado.	26
5.6.1.	Investigación e inspección en campo del requerimiento GPZN-1119.	26
5.6.2.	Evaluación hidráulica GPZN-1119.	33
5.6.3.	Diseño hidráulico alcantarillado combinado GPZN-1119.	36
5.7.	Monitoreo de tiempos programados para entregas de diagnóstico, alternativas y Diseño del GPZN-1119.	40
6.	Conclusiones	41
7.	Referencias	43

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Comparación de criterios de diseño de redes de distribución de agua potable.	9
Tabla 2. Comparación de criterios de diseño de redes de alcantarillado.	11
Tabla 3. Resumen de Nichos de investigación.	19
Tabla 4. Comparación de redes en asbesto cemento posterior a la investigación del circuito Altavista Sur.	20
Tabla 5. Comparación de porcentual de presiones en el circuito Altavista Sur.	23
Tabla 6. Programación de entregas de diseño para el circuito Altavista Sur.	25
Tabla 7. Información para cálculos hidráulicos del circuito Altavista Sur.	25
Tabla 8. Longitud y diámetro de diseño circuito Altavista Sur.	26
Tabla 9. Elementos inspeccionados en campo requerimiento GPZN-1119.	32
Tabla 10. Hallazgos en levantamiento topográfico e inspección de cámaras.	34
Tabla 11. Resumen de revisión de capacidad hidráulica.	39
Tabla 12. Despiece general de los tramos de red de alcantarillado combinado diseñados.	42

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Metodología de diseño para la reposición de redes.	13
Ilustración 2. Metodología de diseño para un proyecto menor de alcantarillado.	14
Ilustración 3. Metodología de revisión de entregas para proyectos de acueducto y alcantarillado.	15
Ilustración 4. Circuito Altavista Sur información inicial suministrada por EPM.	16
Ilustración 5. Localización de nichos para el diagnóstico de redes del circuito Altavista Sur.	17
Ilustración 6. Nicho 16 positivo para asbesto cemento con diámetro 4”.	18
Ilustración 7. Nicho 23 positivo para asbesto cemento con diámetro 8”.	18
Ilustración 8. Nicho 5 Hierro Dúctil con diámetro 6”.	19
Ilustración 9. Esquema por sectores de reposición de asbesto cemento en el circuito Altavista Sur.	22
Ilustración 10. Diagramas de presiones en modelación hidráulica del circuito Altavista Sur.	23
Ilustración 11. Sectores zona norte del circuito Altavista Sur -Diseño Entrega 1.	27
Ilustración 12. Tramos T99 y T107 con empalmes provisionales en el Sector 3.	28
Ilustración 13. Esquema comparativo trazado tramo T96 sector 3.	30
Ilustración 14. Registro fotográfico de solicitud 3540886.	31
Ilustración 15. Panorámicas de la Calle 101C entre carreras 74B y 74A Barrio Pedregal.	32
Ilustración 16. Tramos para estudio y planteamiento del diseño GPZN-1119.	33
Ilustración 17. denotación de elementos de alcantarillado para investigación GPZN-1119.	34
Ilustración 18. Áreas tributarias de aguas lluvias y residuales en el GPZN-1119 para evaluación hidráulica.	38
Ilustración 19. Comparación geometría entre estructuras de inspección para conexión de tramos proyectados C53. Cámara circular de D=2,00m (izquierda) y Caja especial (derecha).	42
Ilustración 20. Perfil hidráulico de los tramos diseños C51-C51B-C52-C53-C54 (Control desde la tubería de excesos)	43
Ilustración 21 Perfil de flujo tramos diseñados C50-C50B-C53-C54 (Control desde la tubería de excesos).	43
Ilustración 22. plano en planta versión 2 del trazado diseñado para el GPZN-1119.	44
Ilustración 23. Corte transversal a la vía Calle 101C.	44

## **Siglas, acrónimos y abreviaturas**

**EPM** Empresas Públicas de Medellín

**GPZN** Gestión de Proyectos Zona Norte

**MDA** Modelo Digital de Aguas

**PMT** Permisos de Movilidad y Tránsito

**SIF** Secretaria de Infraestructura Física

**ANC** Agua No contabilizada

**RCH** Revisión de Capacidad Hidráulica

**UT** Unión Temporal

## **1. Introducción**

La organización Mundial de la Salud advirtió que la exposición al asbesto causa cáncer de pulmón, laringe, ovarios y otros trastornos no cancerosos de las placas pleurales (cambios en las membranas que rodean el pulmón), a pesar de todo esto en Colombia las fibras de este material se continúan usando como componente en varios productos como tejas, tuberías de agua, secadores de pelo, cafeteras y en la industria automotriz (Valencia, 2019).

El asbesto puede ingresar en el cuerpo cuando se está cerca de productos que contienen este material desprendiendo pequeñas fibras al aire, que, al ser inhaladas, tienen alta posibilidad de alojarse en los pulmones y permanecer ahí por largo tiempo, ocasionando cicatrices e inflamación, dificultando la respiración y llevar a serios problemas de salud, los síntomas de las enfermedades relacionadas con el asbesto pueden presentarse décadas después de la exposición (INC(EE.UU), 2017)

En vista de ello, el juzgado 39 Administrativo de Bogotá falló el 4 de marzo del 2019 a favor de las víctimas del asbesto, en la sentencia se obligaba a implementar la sustitución de este material, dando paso para que el 11 de julio del 2019 se expidiera la Ley No. 1968, por la cual se prohíbe el uso de asbesto en el territorio nacional y se establecen garantías de protección a la salud de los colombianos, por lo anterior, se hace necesario sustituir las redes de acueducto que se encuentran en material de Asbesto Cemento.

Teniendo en cuenta lo anterior y que Empresas Públicas de Medellín (EPM) presta el servicio de acueducto y alcantarillado en el Valle de Aburrá, como operador de éstos, dentro de su proceso de planeación y cumplimiento normativo considera realizar intervenciones sobre la infraestructura existente, para su reposición, optimización y modernización. De esta forma es posible garantizar el servicio a mediano y largo plazo, planteando un proyecto de reposición de asbesto en las redes que se ubican en toda el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Valle de San Nicolás y Rionegro (EPM) Empresas Públicas de Medellín. Ello, a su vez, busca cumplir con los requerimientos para la ejecución de los diseños y la construcción de redes primarias y secundarias de acueducto, además de redes de transporte y recolección de alcantarillado. Dichas obras de construcción y diseño estarán encargadas por 3 contratistas; Consorcio redes 2020, SANEAR y C&C GAAL, como subcontratista UT



S&E y MA HIDRAMSA y la interventoría técnica, administrativa, ambiental y social será ejecutada por Aguas Nacionales EPM S.A. E.S.P.

Es por ello que, durante el desarrollo del semestre de industria, se ejecutarán labores de interventoría, supervisando actividades de campo dentro de los objetos y plazos establecidos en dicho contrato, además realizar revisiones de evaluaciones, chequeos, despieces, presupuestos, informes, anexos, especificaciones técnicas, planos y modelaciones hidráulicas de diseños que requieren reposición de redes de acueducto en el circuito Alta vista Sur que incluye los barrios Belén y La Playa. Adicionalmente en el componente de alcantarillado se tomará un requerimiento el GPZN-1119 en el barrio Pedregal, cuyos antecedentes surgen de solicitudes realizadas por la comunidad por fugas de agua residual y que EPM identifico con requerimiento de diseño, en los cuales se evaluará capacidad hidráulica, cambios de alineamiento, reposición de tubería y la revisión de los diseños.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo general

Evaluar el diseño y reposición de redes de acueducto en Asbesto Cemento del circuito Altavista Sur y las redes de alcantarillado del GPZN-1119 barrio Pedregal.

### 2.2. Objetivos específicos

- Analizar la información e investigación realizada previamente por EPM y el contratista para la identificación de las redes compuestas de Asbesto Cemento y los antecedentes de requerimientos de alcantarillado.
- Hacer seguimiento y supervisión a las actividades del contratista para la ejecución de las etapas evaluadas en el contrato; diagnóstico, alternativas y diseño.
- Interpretar correctamente informes, memorias de cálculo y planos de diseño, sus posibles omisiones, errores y/o discrepancias respecto a las especificaciones técnicas de las normas de diseño de EPM y resolución 0330 del 2017, generando observaciones y acciones de mejora.

### 3. Marco teórico y normativo

Inicialmente es necesario aclarar que los diseños que se van a evaluar no son propuestos desde cero, sino que son diseños de redes existentes que presentan deterioro o que se deben reponer como en el caso de las redes de acueducto de Asbesto Cemento, por tanto, el planteamiento del diseño hidráulico emplea principios matemáticos específicos para tener una adecuada interpretación de las problemáticas, además de ser útiles para identificar y plantear posibles soluciones.

Adicionalmente, los diseños tanto del componente de acueducto como del componente de alcantarillado inician con etapa de investigación a la que se le denomina etapa de diagnóstico, en ésta se comprueba el estado actual de la red, sus posibles complicaciones constructivas y estudios necesarios para planteamiento de diseño como; nichos de investigación, estudios estructurales, ambientales, geotécnicos y topográficos, la siguiente etapa es el análisis de alternativas tanto constructivas y de alineamiento, contrastando variables cualitativas y cuantitativas de riesgos sociales, ambientales y económicos, para proceder finalmente con el diseño del nuevo trazado de redes.

Dado que Aguas Nacionales EPM S.A. E.S.P presta el servicio de interventoría al proyecto de diagnóstico, diseño de obras accesorias y reposición de redes de acueducto y de alcantarillado de EPM, tiene dos funciones principales que debe cumplir en la interventoría de diseño; la primera es velar porque los diseños y especificaciones definitivas cumplan con todo lo establecido en las “Normas de diseño de sistemas de acueducto de las Empresas Públicas de Medellín E.S.P.” y lo dispuesto en la Resolución 0330 del 08 de junio de 2017 del Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio (RAS) y la segunda función es velar porque los diseño se realicen de acuerdo con lo establecido en los pliegos de condiciones y las particularidades que se tengan.

Algunas actividades de diseño en los componentes de acueducto y alcantarillado que se presentan en el pliego de condiciones numeral 7.1.1 del Anexo Técnico del contratista son dirigidas tanto para el diseñador contratista como para la interventoría en su ejercicio de verificación:

- Los archivos y carpetas que entrega el contratista deben estar nombrados de acuerdo al aplicativo VAULT.
- El diseño entregado por el contratista debe indicar en los planos los empalmes a redes existentes, sin afectar en lo posible la prestación del servicio.
- Se deben contemplar todas las redes presenten en el terreno estén referenciadas o no en el modelo de redes de EPM, servicios como; gas, telecomunicaciones y electricidad.
- El contratista debe realizar topografía para la realización del diseño detallado de redes con diámetro mayor o igual a 300mm.
- El contratista debe hacer la evaluación de tecnologías para la instalación de redes con zanja y sin zanja, presentando un informe con la valoración costo-riesgo-desempeño empleando la Guía Metodológica para la Toma de Decisiones, esta será avalada por la interventoría para proceder con el correcto trazado de diseño.

- EPM suministrará los modelos hidráulicos actuales de los circuitos de cada grupo de contratación en software WaterGEMS.
- Las redes en acueducto a cambiar se deben diseñar con material de polietileno en los respectivos diámetros comerciales.
- Para las redes mayores de 300 mm de diámetro interno, se deben considerar paralelas de mínimo 75 mm, donde se instalarán las acometidas de acueducto.
- Se debe seleccionar válvulas de aislamiento para no aislar sectores muy grandes y evitar racionalizar.
- Para hacer la modelación de alcantarillado se puede emplear el software EPA SWMM.
- El contratista deberá evaluar en la problemática de alcantarillado cálculos estructurales y geotécnicos como; muros de contención, viaductos, entre otros.
- Se debe entregar en el componente de alcantarillado plantillas de referenciación correctamente diligenciadas.

La revisión técnica de los diseños se hace contrastando y complementando con las normas mencionadas anteriormente, la aplicación de estas depende de la situación que se presente y los criterios cálculo del diseñador, a continuación, se enuncian de forma general puntos más relevantes a tener en cuenta en ambos componentes acueducto y alcantarillado:

### 3.1. Criterios de diseño en el componente de acueducto

A la hora de desarrollar un diseño para la reposición de redes además de tener en cuenta las condiciones del pliego de la empresa prestadora de servicio, se debe realizar el diseño para un escenario actual y un escenario futuro a 30 años, adicionalmente se deben considerar los criterios presentados en la Tabla 1:

**Tabla 1.** Comparación de criterios de diseño de redes de distribución de agua potable(EPM, 2009; Ministerio de Vivienda, 2017).

CRITERIOS TÉCNICOS	NORMAS DE DISEÑO Y VERIFICACIÓN	
	Norma de Diseño de Acueducto EPM	Resolución 0330 del 2017
MODELACIONES HIDRÁULICAS	<ul style="list-style-type: none"> <li>● El modelo matemático se realiza con la ecuación de Darcy Weisbach y Colebrook- White.</li> <li>● El modelo suministrado contiene; curvas de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● El modelo matemático debe utilizar el método del gradiente.</li> <li>● Debe modelarse con periodo extendido y con frecuencia horaria.</li> </ul>

	<p>consumo, las demandas basadas en clientes, cotas del tanque, coeficientes de rugosidad, calidad del agua y presiones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Calibrar con valores de presión, caudal y niveles de tanque.</li> </ul>
<p>LOCALIZACIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Tuberías en alineamiento de alto flujo vehicular profundidad a la cota clave mínima de 1m.</li> <li>● Si la tubería es necesario colocarla entre 0,60 m y 1m de profundidad se debe hacer análisis estructural.</li> <li>● La profundidad máxima a la cota clave es de 1,50m.</li> <li>● Si se tienen alineamientos por pasos peatonales la profundidad mínima es de 0,60m.</li> <li>● Si se tienen cruces de quebradas, ríos o canales se deben diseñar estructuras especiales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Tuberías menores o iguales a 12" (300 mm) deben estar separadas de los paramentos a una distancia horizontal mínima de 0,50 m.</li> <li>● Tuberías mayores de 12"(300 mm) deberán ir por calzadas y tener un corredor libre de mantenimiento de mínimo 1 m lado a lado.</li> <li>● Las tuberías de acueducto no deben estar ubicadas en la misma zanja de las tuberías de alcantarillado.</li> <li>● La distancia mínima entre tuberías de acueducto y alcantarillado, en dirección horizontal 1 m y 0.30 m en la dirección vertical.</li> <li>● Las profundidades mínimas a cota clave de la tubería de acueducto es de 1 m en la zona urbana y rural.</li> </ul>
<p>PRESIONES DE SERVICIO MÍNIMAS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● La presión dinámica en la red de distribución no debe superar de 65 m.c.a.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● La presión dinámica mínima en la red de distribución debe ser de 10 m.c.a. en sistemas con población de diseño hasta 12500 habitantes si la población supera estos habitantes se debe considerar presión mínima de 15 m.c.a.</li> </ul>
<p>VELOCIDAD EN LAS TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Recomienda una velocidad mínima de 1 m/s este valor depende de las características del agua y los fenómenos hidráulicos que ocurran en la tubería.</li> </ul>	
<p>PENDIENTES MÍNIMAS DE LAS TUBERÍAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cuando el aire acumulado tiende a circular en el sentido del flujo del agua, la pendiente mínima es de 0,04%.</li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando el aire fluye en el sentido contrario del flujo del agua, la pendiente mínima debe estar entre 0,1% y 0,15%.</li> </ul>	
--	---	--

### 3.2. Criterios de diseño en proyectos menores de alcantarillado

En el componente de alcantarillado se tiene como objetivo principal diseñar la solución definitiva a la problemática entrega por EPM con el fin de optimizar el sistema existente, este tipo de problemáticas consiste en su mayoría en hacer revisión de capacidad hidráulica y de esta forma analizar alineamientos de diseño, algunas consideraciones para plantear el trazado y diseño del sistema de alcantarillado se presenta en la Tabla 2:

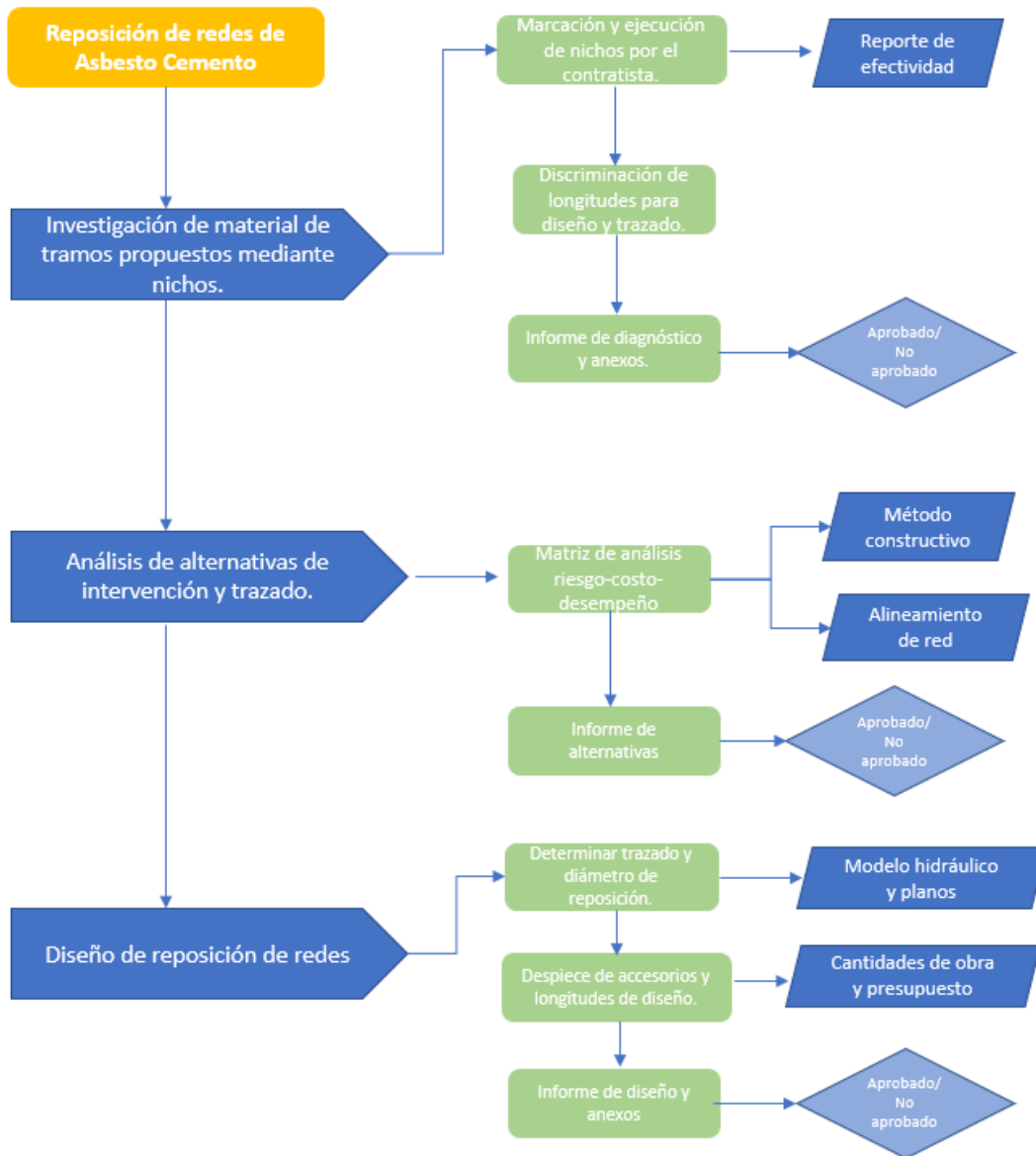
**Tabla 2.** Comparación de criterios de diseño de redes de alcantarillado.  
(EPM, 2009; Ministerio de Vivienda, 2017)

CRITERIOS TÉCNICOS	NORMAS DE DISEÑO Y VERIFICACIÓN	
	Norma de Diseño de Acueducto EPM	Resolución 0330 del 2017
LOCALIZACIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La profundidad mínima a la cota clave de las tuberías es de 1,2 m, para conexiones domiciliarias de una pendiente mínima del 2%.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las distancias mínimas libres entre las redes de aguas residuales y/o lluvia, y las tuberías de otras redes de servicios públicos deben ser 1,0 m en dirección horizontal y 0,30 m en dirección vertical.</li> </ul>
DIÁMETRO INTERNO MÍNIMO PERMITIDO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• el diámetro interno real mínimo permitido en las redes de alcantarillado de aguas residuales es de 180 o 170 mm, en las redes de alcantarillado de aguas lluvias es de 215 mm, y para los sistemas de alcantarillado de aguas combinadas el diámetro nominal mínimo es de 250 mm. Los diseños proyectados contemplan diámetros internos entre 24" y 39" en tubería lisa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El diámetro interno real mínimo permitido en redes de alcantarillado sanitario es 170 mm. Para poblaciones menores de 2500 habitantes el diámetro interno real permitido es 140 mm y en alcantarillado combinado el diámetro mínimo debe ser 260 mm.</li> </ul>

<p>VELOCIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La velocidad máxima será de 5 m/s para tuberías de concreto, GRP y acero, y de 10 m/s para tuberías plásticas de polietileno y PVC.</li> <li>• La velocidad mínima en los alcantarillados es de 0,45 m/s.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La velocidad máxima en los alcantarillados por gravedad no debe sobrepasar los 5,0 m/s.</li> </ul>
<p>RELACIÓN MÁXIMA DE PROFUNDIDAD Y DIÁMETRO DE LA TUBERÍA (Y/D)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se establece que para tuberías con diámetros internos menores de 500 mm el valor de la relación máxima de la profundidad del flujo y el diámetro debe ser menor de 0,70, para diámetros internos entre 500 y 1.000 mm el valor de y/d debe ser menor de 0,80, y para diámetros mayores de 1 000 mm el valor de y/d debe ser menor de 0,85.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La relación máxima de la profundidad del flujo y el diámetro de la tubería del alcantarillado es de un máximo permisible de 93% con el caudal de diseño a flujo lleno.</li> <li>• La relación máxima de la profundidad del flujo y el diámetro de la tubería del alcantarillado es de un máximo permisible de 85%, para permitir una aireación adecuada de las aguas residuales.</li> </ul>
<p>ESFUERZO CORTANTE O FUERZA TRACTIVA</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La velocidad mínima real permitida en el colector de alcantarillado sanitario es aquella que genere un esfuerzo cortante en la pared de la tubería mínimo de 1,5 N/ m<sup>2</sup>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La velocidad mínima real permitida en el colector de alcantarillado sanitario es aquella que genere un esfuerzo cortante en la pared de la tubería mínimo de 1,0 N/ m<sup>2</sup>.</li> </ul>
<p>ANCLAJES POR PENDIENTE EN TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la pendiente de la tubería es superior al 5%, para tuberías de superficie exterior lisa, o al 25% para tuberías de superficie exterior rugosa, se debe incluir anclajes necesarios para garantizar la estabilidad de la tubería.</li> </ul>	

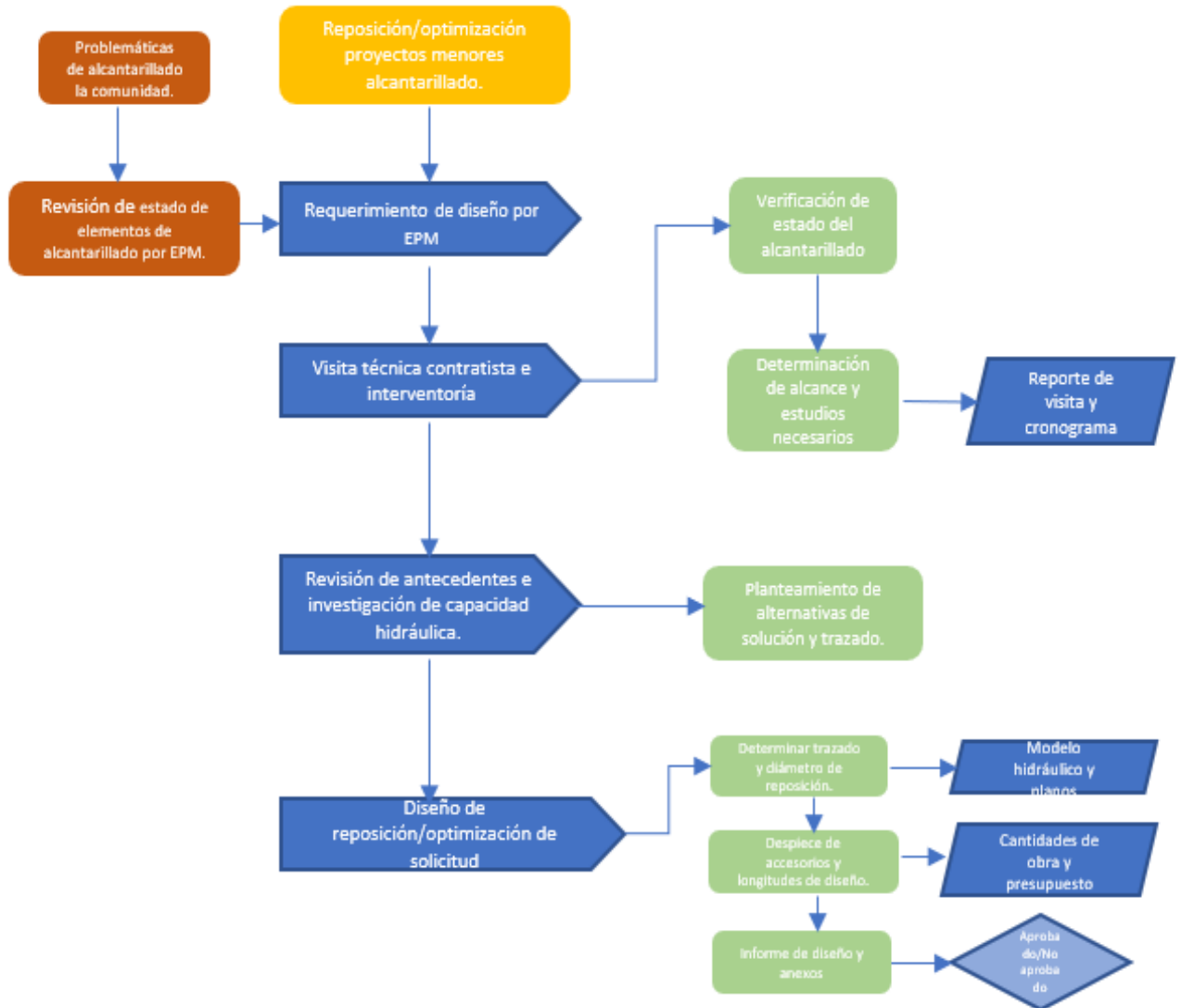
#### 4. Metodología

Para realizar el seguimiento a las actividades de diseño y previas a éste, hay que entender las actividades que desarrolló el contratista para la elaboración de entregas, además se le dio una trazabilidad a todas las dificultades o solicitudes que se fueron presentando durante la ejecución de diseño, a continuación, se muestra un diagrama de flujo para actividades del contratista en el diseño de ambos componentes para este contrato:



**Ilustración 1.** Metodología de diseño para la reposición de redes.

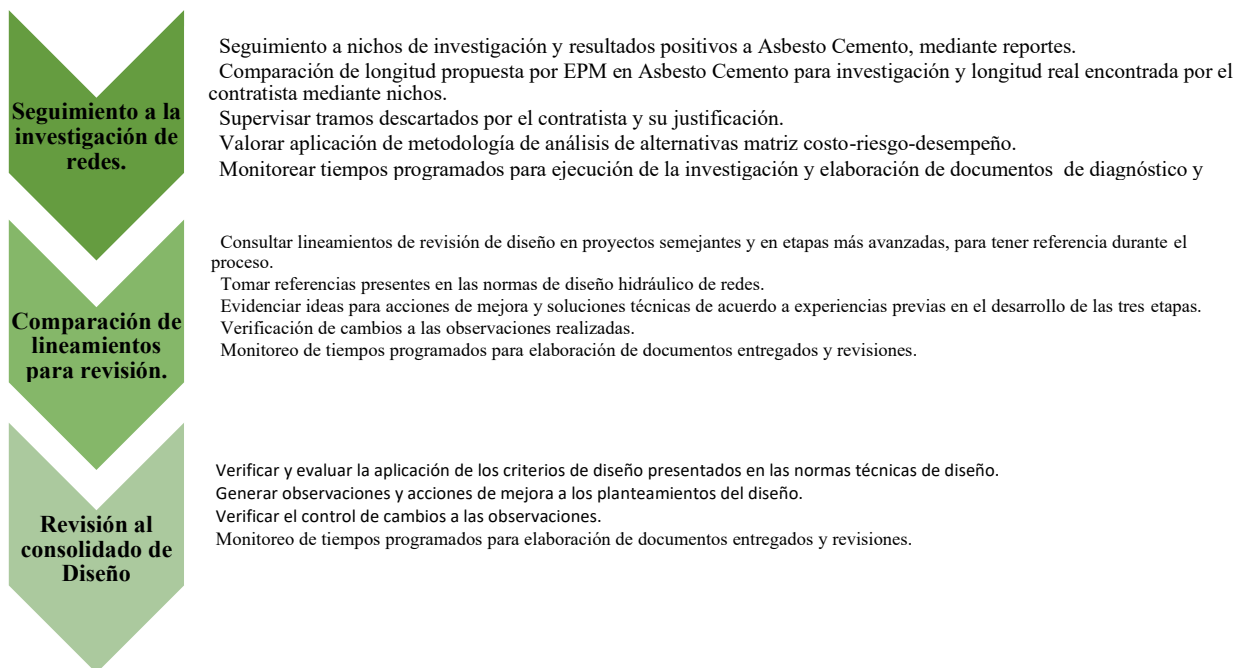
Por otro lado, el procedimiento para la atención de las solicitudes de proyectos menores alcantarillado tiene otras particularidades y es que surgían de quejas presentadas por la comunidad y que dada su complejidad necesitan ser evaluadas desde un enfoque de diseño técnico para sortear las dificultades, como se muestra en la siguiente metodología:



**Ilustración 2.** Metodología de diseño para un proyecto menor de alcantarillado.

Teniendo el panorama y contexto de los diseños que ingresaban, para asumir el ejercicio de interventoría se planteó el proceso de evaluación, con 3 etapas para cada proyecto y componente a estudiar, como se puede observar en las siguientes ilustraciones, de esta forma se buscó examinar y entregar sugerencias de acciones de mejora a los diseños entregados por el contratista tanto en el componente de acueducto como de alcantarillado, generando observaciones detalladas y la verificación del control de cambios a elementos técnicos encontrados en cada revisión.





**Ilustración 3.** Metodología de revisión de entregas para proyectos de acueducto y alcantarillado.

De cada revisión se generaron reportes con las observaciones presentadas, además de la trazabilidad de socialización en mesas técnicas en las que se presentaron, particularidades, solicitudes y dificultades en cuanto información, permisos y estudios para elaboración de los diseños, buscando atender los requerimientos de acueducto y alcantarillado de diseño en el menor tiempo posible.

## 5. Resultados y análisis

### 5.1. Generalidades del área de estudio del componente de acueducto

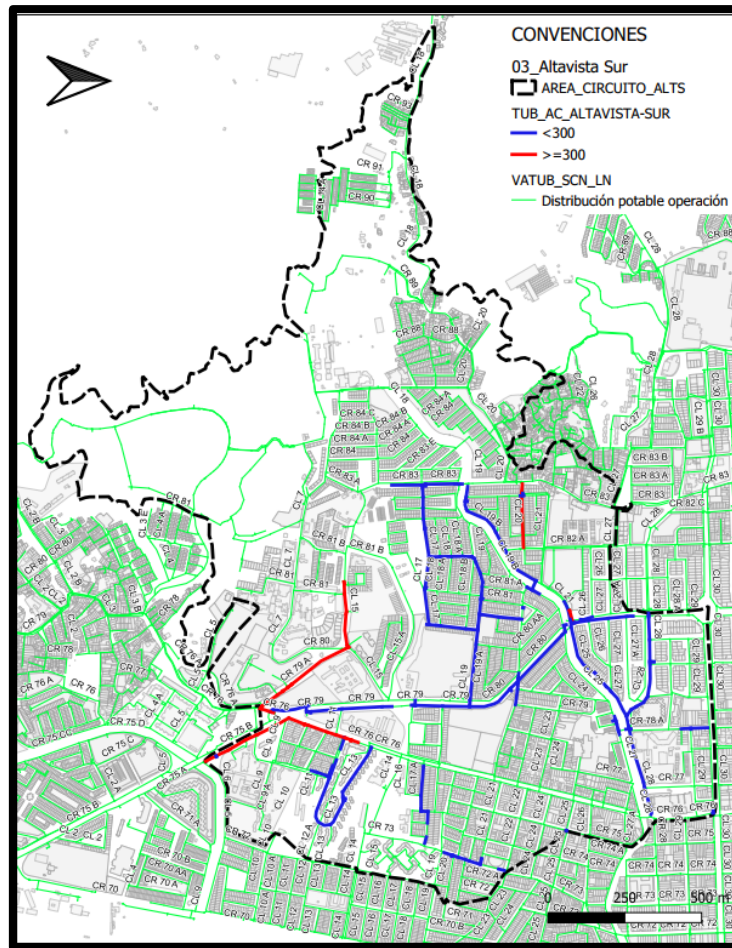
La cobertura de área del circuito Altavista Sur es 277,44 ha, presta servicio de acueducto a doce (12) barrios; La Palma, San Bernardo, La Gloria, Altavista, Granada, Los Alpes, Belén, La Mota, La Loma de los Bernal, El Rincón, Diego Echavarría y Las Playas, con 3705 clientes al año 2021. Este circuito se encuentra alimentado por un tanque nombrado Altavista con cota de rebose 1655 msnm.

El circuito se compone por nueve (9) subcircuitos, con diez (10) estaciones reguladoras de presión en estado de operación, cuenta con tuberías en materiales como; Asbesto Cemento, CCP, Hierro Dúctil, Hierro Fundido, Hierro Galvanizado, PEAD y PVC con diámetros que van desde 13mm hasta 600mm (Consortio de redes 2020, 2021a)

### 5.2. Investigación de redes en el circuito Altavista Sur de asbesto cemento para su diagnóstico

Empresas Públicas de Medellín suministró información al contratista y Consortio de redes 2020 el 14 de enero del 2021, la información engloba un listado y Shapefile con las redes de distribución en el circuito según información histórica disponible de esta zona ilustración 4, el contratista procedió

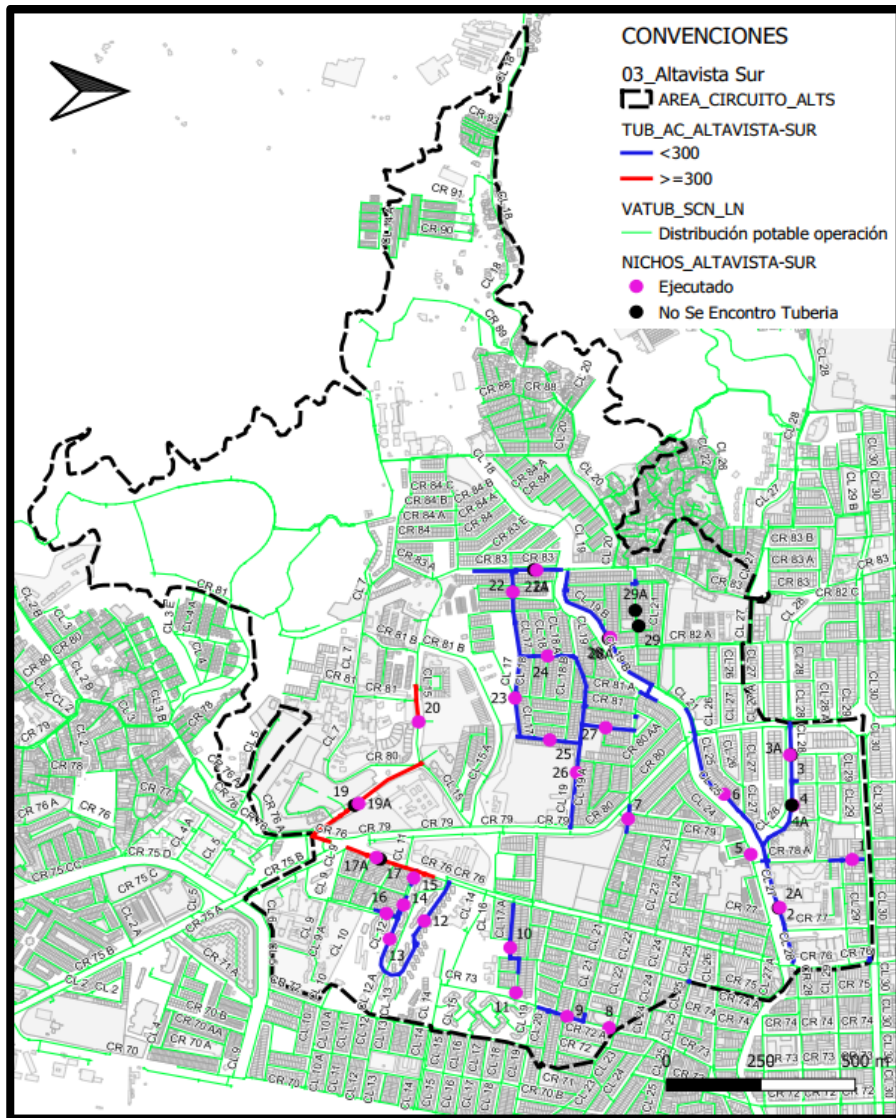
a realizar la depuración de tramos registrados en asbesto cemento cuyos estados de operación aparecen en propuestos a modificar o retirar, filtrando y eliminando los tramos que ya habían sido intervenidos o estaban en proceso de investigación en otros contratos celebrados por EPM, obteniendo un listado con su respectiva identificación de tramo o como se cataloga en Empresas Públicas de Medellín IPID, para luego programar y realizar vistas de ubicación y marcación de nichos de investigación.



**Ilustración 4.** Circuito Altavista Sur información inicial suministrada por EPM.  
(Diagnostico Consorcio de redes, 2021)

El objetivo de los nichos de investigación es verificar la localización de la tubería, confirmar el material, su diámetro, profundidad y si se encuentra en servicio.

La ejecución de nichos inicio 9 de abril y finalizó el 21 abril del 2021, se realizaron en total 36 nichos de los cuales se tomó la siguiente información: codificación de nicho, dirección de referencia, barrio, circuito, IPID, material de la tubería, diámetro, profundidad, estado del servicio, dimensiones de apique (largo, ancho, profundidad, tipo de superficie y espesor de pavimento) y registro fotográfico como evidencia de lo encontrado, en la ilustración 5 se muestra la localización de los nichos ejecutados.



**Ilustración 5.** Localización de nichos para el diagnóstico de redes del circuito Altavista Sur. (Diagnostico Consorcio de redes, 2021)

5.2.1. Seguimiento a la investigación de redes de acueducto en circuito Altavista Sur y los resultados del diagnóstico.

Como se mencionó anteriormente el contratista recopiló información de cada nicho ejecutado esta se consolidó en el “Reporte Nichos de Investigación” el cual se anexa a la entrega de diagnóstico del circuito en el cual se estable los tramos que pasan a las etapas de alternativas y diseño, además de la longitud correspondiente, la etapa de diagnóstico de este circuito ha tenido dos entregas la primera fue realizada el 5 de mayo del 2021 por el contratista y la segunda el 30 de junio del 2021, en la segunda versión el contratista atiende las observaciones realizadas al informe de la primera

entrega en el cual se pide ajustar la longitud total y el porcentaje de efectividad de hallazgo de asbesto cemento, además de unos temas de forma del informe.

La importancia del reporte de nichos ejecutados es la localización y las observaciones de lo encontrado en campo, como posibles interferencias arbóreas, estado de pavimento, el tráfico de las vías, algunas inconsistencias entre la información suministrada por EPM en el MDA<sup>1</sup> en cuanto diámetro y material de tuberías, además por supuesto el material de tubería y sus características en campo, la revisión de este reporte se hace en conjunto con el registro fotográfico y el informe de diagnóstico, comprobando que la información coincida, en las siguientes ilustraciones se presentan la evidencia fotográfica de algunos nichos de investigación presentados por el contratista.

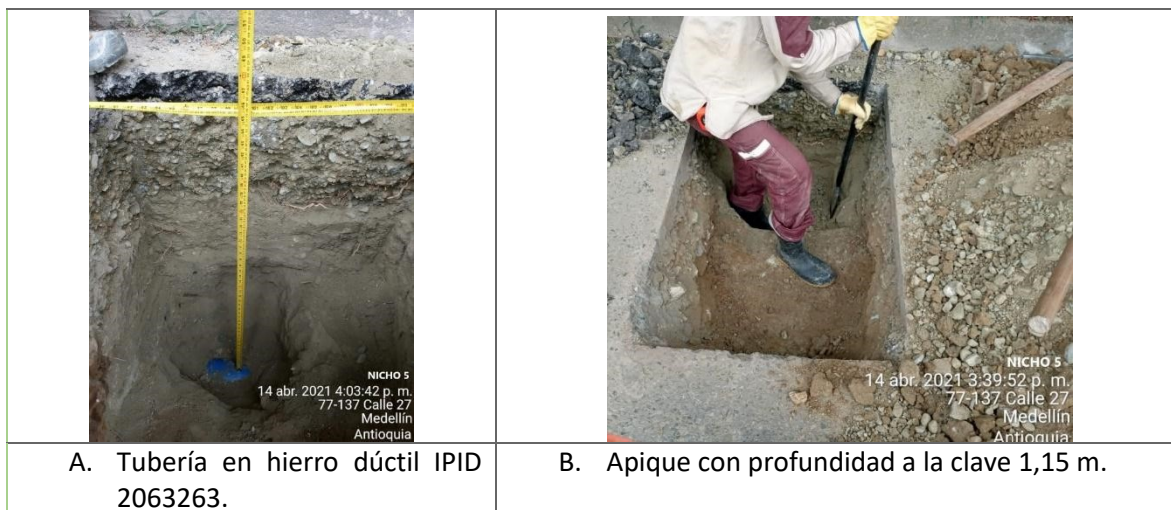


**Ilustración 6. Nicho 16 positivo para asbesto cemento con diámetro 4”.**



<sup>1</sup> Modelo Digital de Aguas

**Ilustración 7. Nicho 23 positivo para asbesto cemento con diámetro 8”.**



**Ilustración 8. Nicho 5 Hierro Dúctil con diámetro 6”.**

La ficha clave como evidencia del material es el registro fotográfico que presenta el contratista, como se expone en las ilustraciones 6 y 8 el contratista debe tomar una fotografía en la que se logre apreciar el elemento y de esta forma confirmar sus características, así la interventoría acepta la evidencia, pero si la fotografía es ambigua o de mala calidad como se muestra en la ilustración 7 no es aceptada. Para identificar el asbesto cemento se debe observar la coloración de la tubería en gris o negro, teniendo en cuenta que si se tiene color negro la tubería debe tener estriaciones, porque se puede confundir con tuberías de hierro fundido o galvanizado.

Identificar el material en estos nichos es crucial para continuar con las etapas de alternativas y diseño, se aclara que los nichos se realizaron en lugares estratégicos de los tramos filtrados del listado original, por lo cual se tiene como directriz de EPM de realizar nichos cada 300mm para realizar la investigación en los tramos, además se definió asumir condiciones de material similares para los tramos adyacentes de acuerdo a los resultados arrojados por nicho de investigación y de esta forma evitar realizar rotura consecutiva a lo largo de las vías, sí se tiene incertidumbre de un tramo o no se encuentra tubería en el apique se permite realizar un nicho adicional para comprobar y tener más certeza.

Los resultados de los nichos de investigación se presentan en la tabla 3:

**Tabla 3. Resumen de Nichos de investigación** (Diagnostico Consorcio de redes, 2021)

Clasificación	Cantidad
Nichos primera marcación	28
Nichos segunda marcación (nicho adicional)	8
Nichos ejecutados	36
Nichos positivos para asbesto cemento	26
Nichos tuberías de otros materiales	1
Nichos No efectivos (no se encontró tubería)	9

De los 36 nichos ejecutados solo el 72% de ellos resultaron positivos para asbesto cemento, 3% resultó en tuberías de otros materiales y 25% no se encontró ninguna tubería.

### 5.2.2. Comparación de longitud propuesta a investigación de Asbesto Cemento por EPM y lo encontrado en campo.

Se concluye posterior a analizar y depurar los 258 tramos equivalentes a 7.504,99m reportados en asbesto cemento por EPM, mediante nichos de investigación y verificación de estado en las bases de datos, reponer 197 tramos equivalentes a 5.368,04m correspondiente al 71,5% de tubería efectiva para asbesto cemento, excluyendo 61 tramos equivalentes a 2.136,95 m de acuerdo a las siguientes condiciones:

- Se identificó un material diferente a asbesto cemento en la ejecución de nichos, esto se presentó en el nicho número 5.
- Se identificó en el modelo digital de aguas MDA y GNET (Base de datos EPM) que los tramos habían estado retirados (fuera de servicio).
- Se decide retirar los 52 tramos de tubería de acueducto en asbesto cemento equivalente a 1715,35m ubicados en la Avenida 80, que inciden en el proyecto Metro de la 80 de la Alcaldía de Medellín.
- Ya se realizó la reposición de estos tramos por otros materiales diferentes al asbesto cemento, de acuerdo con lo observado en algunos nichos ejecutados (Consortio de redes 2020, 2021 b).

La interventoría aprueba estas condiciones luego de discusiones llevadas a cabo en las mesas técnicas de diseño entre contratista, directivas de EPM e interventoría donde se socializó las situaciones.

Además de estos tramos descartados se tienen cinco (5) tramos de 197 tramos para investigación en los que no se realizó nicho, debido a que tenían longitudes menores de 30 m por lo que se pasaron directamente a las etapas de alternativas y diseño (Consortio de redes 2020, 2021b)

Los resultados obtenidos por el contratista se presentan en la tabla 4:

**Tabla 4.** Comparación de redes en asbesto cemento posterior a la investigación del circuito Altavista Sur (Diagnostico Consortio de redes, 2021)

Información de referencia	Característica	No. tramos	Longitud de tubería (m)
Base de datos EPM	Asbesto cemento D<300 mm	223	6.226,70
	Asbesto cemento D=>300 mm	35	1.278,29
	Total, asbesto	258	7.504,99
Resultado del diagnóstico	Asbesto cemento D<300 mm	163	4.629,11
	Asbesto cemento D=>300 mm	34	738,39
	Total, asbesto cemento	195	5.368,04

### 5.3. Análisis de alternativas de alineamiento, evaluación hidráulica y método constructivo del circuito Altavista Sur.

El contratista realizó el análisis de alternativas siguiendo directrices de EPM e interventoría, normatividad vigente, ítems predicables de los términos contractuales y la oferta comercial disponible, a continuación, se presenta un resumen de esta evaluación:

#### 5.3.1. Alineamiento y trazado preliminar

Teniendo en cuenta información cartográfica y Shapefiles suministrados por EPM, se definió el alineamiento y tubería a instalar, considerando:

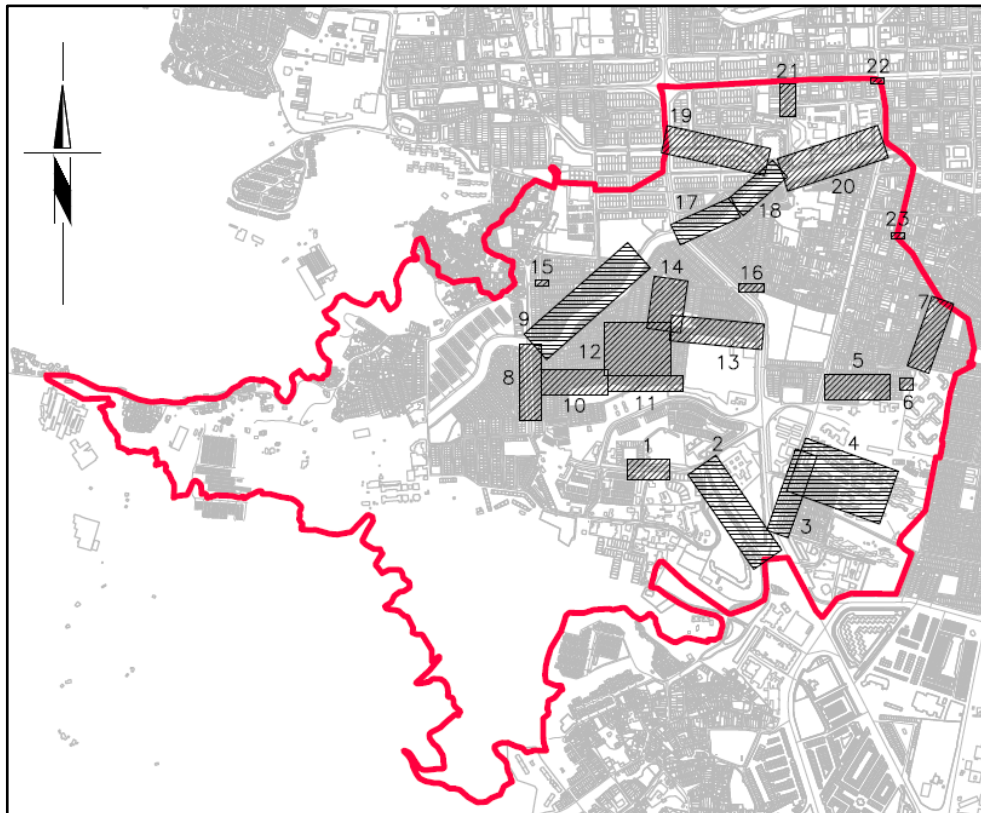
- Redes de otros servicios (luz, gas y alcantarillado), con el fin de evitar posibles interferencias entre ellas.
- Cruces con individuos arbóreos.
- Cruces de quebradas por viaductos.

El trazado preliminar de las nuevas tuberías se planteó paralelo en lo posible a las tuberías de asbesto cemento para no tener ningún contacto con estas durante la construcción, sin embargo, en algunos tramos se tomó la decisión de realizar empalmes provisionales en los que será necesario retirar segmentos de asbesto cemento o entrar en contacto con este (Consortio de redes 2020, 2021b), se nombran a continuación:

1. **Empalme provisional IPID 2063071:** debido a límite de circuito, se decide empalmar mediante válvula de corte en la calle 28 con carrera 81 redes que cruzan la avenida 80 y empalman al circuito Altavista Centro.
2. **Empalme provisional IPID 2063813:** este empalme se propone para la conexión de redes de asbesto cemento en el proyecto Metro de la 80, se plantea una válvula de corte para conexión en el momento que se realicen las intervenciones sobre la vía que incide en el proyecto, en la calle 25 con carrera 81 el empalme provisional se plantea en PEAD PN 16 DN 250 sobre la red de asbesto cemento de 200 mm.
3. **Empalme provisional IPID 2062415:** empalme para la conexión de redes que inciden el proyecto Metro de la 80, se plantea una válvula de corte, en la calle 21 con carrera 81 el empalme provisional se plantea en PEAD PN 16 DN 250 sobre la red de asbesto cemento de 200 mm.
4. **Empalme provisional IPID 2064159:** empalme para la conexión de redes que inciden el proyecto Metro de la 80, se plantea una válvula de corte, en la calle 20A con carrera 80 el empalme provisional se plantea en PEAD PN 16 DN 250 sobre la red de asbesto cemento de 150 mm.
5. **Empalme con redes de asbesto cemento que tienen diseños:** se plantea un empalme con un tramo en asbesto cemento de 300 mm que pertenece al plan parcial Belén Rincón, proyecto que ya cuenta con diseño y será ejecutado por otro contrato, contempla los IPID 9896168-9495785-2063986.
6. **Empalme provisional IPID 2059888:** debido a límite de circuito, se proyecta reponer 4m de asbesto cemento de 300mm, en la carrera 79A con carrera 76 redes que cruzan al circuito El Rodeo.

7. **Empalme con redes del circuito Nutibara:** posterior a válvula límite de circuito se presenta una tubería en Hierro Fundido de 200 mm IPID 2609323, en este punto se plantea realizar el empalme provisional.

En resumen, dado a que los tramos se dividen en ramales distantes unos de otros, se establece su clasificación en sectores como se presenta en la ilustración 9, la mayoría de tramos paralelos a las redes existentes de asbesto cemento, cuya reposición según directrices será en PEAD PE 100 PN16, los tramos con diámetros mayores o iguales a 300 mm pueden cambiar su alineamiento cuando se desarrolle su diseño porque estos tramos requieren topografía (Consortio de redes 2020, 2021a).



**Ilustración 9.** Esquema por sectores de reposición de asbesto cemento en el circuito Altavista Sur (Informe Consortio de redes, 2021).

### 5.3.2. Evaluación hidráulica en tramos a reponer del circuito Altavista Sur.

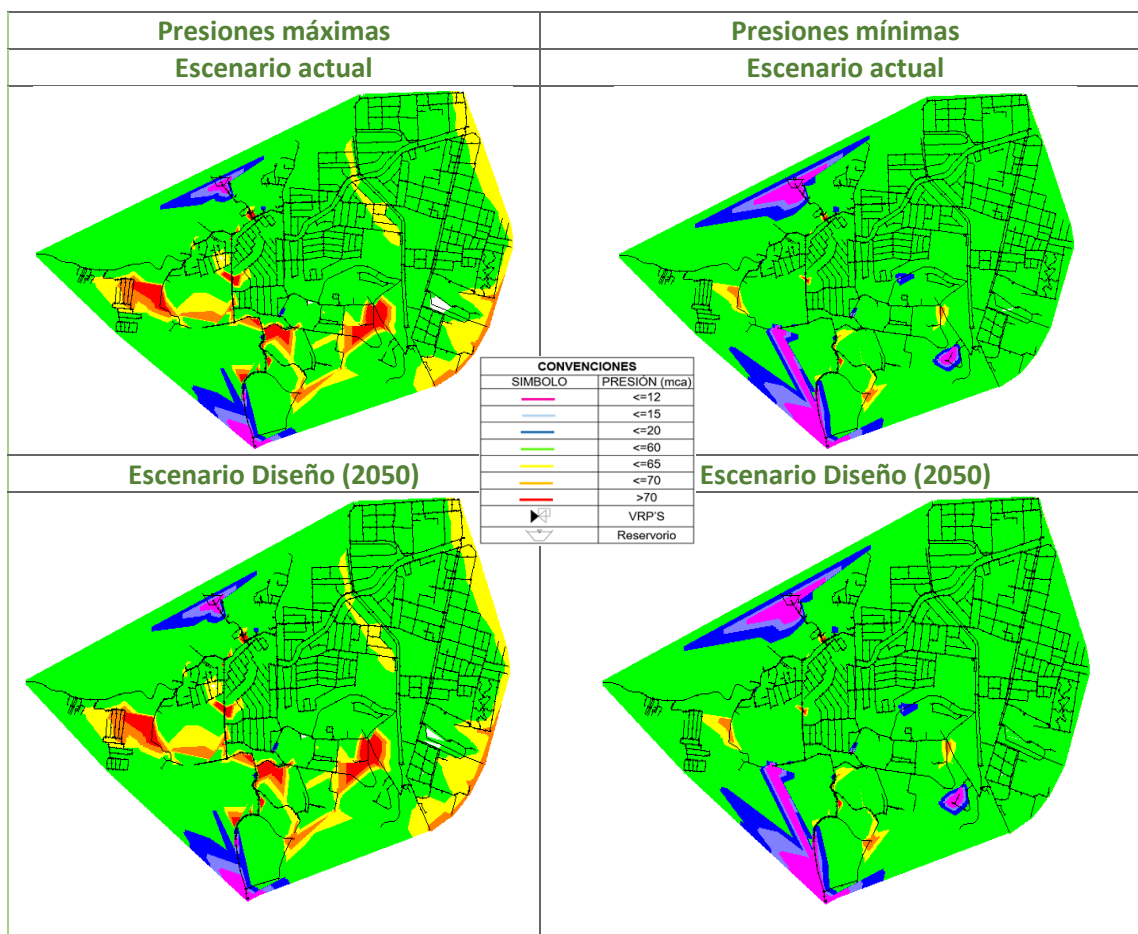
El contratista analiza el modelo hidráulico proporcionado por EPM cambiando el material de asbesto cemento a polietileno en los 197 tramos que pasaron del diagnóstico, esto quiere decir que para la modelación se modificó el coeficiente de rugosidad  $K_s = 0,0015$  mm y el diámetro interno.

Se procedió a hacer la comparación de las capacidades hidráulicas con los dos materiales, en escenarios de proyección del año actual y año 2050 (Consortio de redes 2020, 2021a), obteniendo lo presentado en la tabla 5 e ilustración 10:



**Tabla 5. Comparación de porcentual de presiones en el circuito Altavista Sur (Informe Consorcio de redes, 2021).**

ESCENARIO 2050	PRESIÓN MÁXIMA				PRESIÓN MÍNIMA			
	Actual (A.C)		Diseño (PE)		Actual (A.C)		Diseño (PE)	
RANGO (MCA)	# nodos	%	# nodos	%	# nodos	%	# nodos	%
<12	9	0,5%	9	0,5%	33	1,7%	32	1,6%
12 A 15	9	0,5%	9	0,5%	4	0,2%	5	0,3%
16 A 20	19	1,0%	19	1,0%	15	0,8%	15	0,8%
21 A 60	1445	74,2%	1444	74,1%	1731	88,9%	1731	88,9%
61 A 65	227	11,7%	228	11,7%	55	2,8%	55	2,8%
66 A 70	83	4,3%	83	4,3%	33	1,7%	33	1,7%
>70	156	8,0%	156	8,0%	77	4,0%	77	4,0%
<b>TOTAL (# NODOS)</b>	<b>1 948</b>		<b>1 948</b>		<b>1 948</b>		<b>1 948</b>	
<b>NODO P MÁXIMA (MCA)</b>	<b>112,82</b>		<b>112,82</b>		<b>100,30</b>		<b>100,30</b>	
<b>NODO P MÍNIMA (MCA)</b>	<b>5,96</b>		<b>5,96</b>		<b>4,82</b>		<b>4,82</b>	
<b>P PROMEDIO EN LOS NODOS (MCA)</b>	<b>53,04</b>		<b>53,05</b>		<b>42,69</b>		<b>42,78</b>	



**Ilustración 10.** Diagramas de presiones en modelación hidráulica del circuito Altavista Sur. (Informe Consorcio de redes, 2021)

Como se puede observar las presiones no cambian mucho en ambos escenarios manteniendo aproximadamente el mismo porcentaje en las presiones máximas y mínimas, adicionalmente comparando la ilustración 9 con la ilustración 10, se identifica que la zona oriental del circuito en donde se ubican los tramos a reponer las presiones se mantiene menores o iguales a 60 mca en ambos escenarios, por lo que el modelo hidráulico cumple con los criterios de diseño.

Del modelo también se extraen valores como la velocidad, cuyos valores no superan los 2,5 m/s máximos permitidos y las pérdidas unitarias las cuales se mantienen por debajo de los 10 m/km (Consortio de redes 2020, 2021b)

### 5.3.3. Evaluación Matriz Costo-Riesgo-Desempeño circuito Altavista Sur.

En la evaluación del método constructivo se determina la intervención tramo a tramo, resolviendo 7 interrogantes para establecer directamente si la metodología es con o sin zanja, si el tramo requiere una intervención con tecnología sin zanja se procede a evaluarlo en la Matriz costo-riesgo-desempeño evaluando riesgos e impactos ambientales, de movilidad, reputacionales, sociales, constructivos, operativos, de calidad de servicio y financieros (Consortio de redes 2020, 2021b)

Las interrogantes para realizar un análisis preliminar:

1. ¿Se puede aplicar la construcción mediante tecnología sin zanja?
2. ¿Existe restricción por parte de una autoridad para intervenir el pavimento?
3. ¿La cantidad de acometidas implica una reposición significativa del pavimento?
4. ¿Se puede presentar afectación ambiental o patrimonial?
5. ¿Se puede presentar afectación a la seguridad de las personas y/o a la comunidad en general?
6. ¿Es una vía arteria o principal con alto flujo vehicular, con impedimentos para hacer cierres y/o trabajos nocturnos?
7. ¿Se pueden presentar afectaciones a la estabilidad del terreno o estructuras?

El análisis presentado el pasado 09 de septiembre del 2021 por el contratista se tiene como resultado que todos los tramos por intervenir se pueden realizar mediante método convencional a zanja abierta. Premisa que cambió después del recorrido realizado por el contratista e interventoría por la Carrera 83 con calle 19 y carrera 81 B con calle 21 el 19 de octubre del 2021 para revisar el trazado de la Entrega 2 de diseño de este circuito, en el que se evidencio pavimento reciente y por lo cual se debe analizar una intervención con tecnología sin zanja, adicionalmente se evaluaron 2 cruces por la quebrada Altavista y se determinó que no era necesario realizar la reposición de estos porque se encontraron en Hierro.

### 5.4. Diseño para la reposición de redes en el circuito Altavista Sur.

Con base en los resultados del diagnóstico la longitud total para diseño es equivalente a 5.368,04m, abarcar esta longitud sería desventajoso en varios sentidos, en principio el contratista al enfocar esfuerzos en un solo circuito de estas dimensiones afectaría la atención de los otros circuitos pendientes dada su capacidad de atención para el componente de acueducto y la complejidad del circuito, en segundo lugar la intervención en vías del circuito se realizaría prácticamente de forma simultánea afectando la movilidad en toda la zona complicando la obtención de permisos de rotura

y PMT, por estas razones se decide abarcar el diseño por Entregas, dividiendo la longitud de la siguiente manera expuesta en la tabla 6 con su fecha correspondiente de entrega programada:

**Tabla 6.** Programación de entregas de diseño para el circuito Altavista Sur.

ENTREGAS DE DISEÑO PROYECTADAS	LONGITUD DE DISEÑO (m)	FECHA PROGRAMADA DE ENTREGA PRIMERA VERSIÓN
DISEÑO ALTAVISTA SUR ENTREGA 1	1159,45	16/07/2021
DISEÑO ALTAVISTA SUR ENTREGA 2	1185,67	20/09/2021
DISEÑO ALTAVISTA SUR ENTREGA 3	2203,48	4/10/2021
DISEÑO ALTAVISTA SUR ENTREGA 4	739,00	2/11/2021
<b>TOTAL</b>	<b>5287,60</b>	

**Nota:** La longitud de diseño en este caso es menor a la longitud encontrada para diseño, ya que es un aproximado a los metros lineales proyectados a diseñar por el contratista, esto se puede deber por cambios y optimización de alineamientos o tuberías fuera de servicio.

Se puede identificar que las entregas programadas por el contratista se alejan con diferencia de un mes aproximadamente exceptuando la primera entrega, lo que permite abarcar mensualmente no solo este circuito sino varios, de forma que el proyecto de reposición de asbesto cemento sea mejor distribuido en el área metropolitana.

A la fecha se tiene la Entrega 1 de diseño completa y aprobada por la interventoría por lo que será la expuesta en este documento, las entregas se encuentran en revisión por la interventoría o en elaboración por parte del contratista.

#### 5.4.1. Diseño hidráulico Entrega 1 circuito Altavista Sur.

El contratista al realizar la evaluación hidráulica del circuito no requirió un análisis poblacional ni de caudales, EPM proporcionó información que contiene proyecciones hasta el año 2050 de ANC<sup>2</sup>, dotación neta, cantidad de clientes, consumo total y suministro (expuesto en la tabla 7), también proporcionó el modelo hidráulico en el software WaterGEMS del circuito el cual cuenta con curva de consumo, demandas basadas en clientes, cotas del tanques, nodos y tuberías (Consorcio redes 202, 2021)

**Tabla 7.** Información para cálculos hidráulicos del circuito Altavista Sur.

CONCEPTO	2021	2030	2040	2050
<b>ANC</b>	25%	24%	24%	24%
<b>DOTACIÓN NETA (M<sup>3</sup>/MES USUARIO)</b>	11,6	9,8	8,6	7,8
<b>NÚMERO DE CLIENTES</b>	28.707	33.968	39.860	45.281
<b>CONSUMO TOTAL (L/s)</b>	128,0	128,2	131,8	137,0
<b>SUMINISTRO (L/s)</b>	170	170	173	179,75

<sup>2</sup> Agua no contabilizada

El software WaterGEMS permite simular el comportamiento dinámico de la red existente y diseñada, empleando para el cálculo de la capacidad hidráulica la formulación de Darcy Weisbach solicitada en normas técnicas de diseño de EPM. El contratista realizó los cálculos de los parámetros; presiones, velocidades y pérdida, evaluando el escenario del año 2050 y modificando las variables como el material, diámetro interno y rugosidad absoluta ( $k_s=0,0015$ ) (UT Redes S & E y Mejía Acevedo, 2021)

Planteó la instalación del mismo diámetro interno existente haciendo la equivalencia de diámetro en asbesto cemento y diámetro en polietileno, con profundidades mínimas de 0,60m a cota clave para las zonas peatonales y 1,00m para zonas con flujo vehicular. El diseño contiene los elementos expuestos en la tabla 8:

**Tabla 8.** Longitud y diámetro de diseño circuito Altavista Sur (Consortio redes 2020, 2021).

Diámetro interno (mm)	Material	Longitud real (m)
90	PEAD PE 100 PN 16	50,29
125	PEAD PE 100 PN 16	47,50
180	PEAD PE 100 PN 16	359,43
250	PEAD PE 100 PN 16	745,50
<b>Total</b>		<b>1.202,72</b>

Para este diseño como se aprecia en la tabla 8 los diámetros internos son menores de 300 mm por lo que según criterios del pliego de condiciones mencionadas en el numeral 3 no se realizó levantamiento topográfico el contratista utilizó la información cartográfica disponible en base de datos GNET de EPM. En el planteamiento del alineamiento el contratista siguió la directriz del Empresas Públicas de Medellín de proyectar tuberías paralelas a las redes de asbesto cemento para evitar el contacto con el mismo y dejar las tuberías clausuradas y enterradas, pero por condiciones particulares esto no sucedió en todo el trazado.

De los cuatro (4) sectores diseñados para la Entrega 1 del circuito Altavista Sur que están ubicados en la zona norte del circuito ilustración 11, en los sectores 3 y 4 se presentan empalmes provisionales en tramos de tubería de asbesto cements que se deben desenterrar y reemplazar en ese mismo alineamiento e instalar tubería nueva en PEAD PN 16 según las proyecciones del contratista, más adelante se profundiza en este aspecto.

Adicional a los empalmes provisionales con asbesto se tienen empalmes con otras redes de acueducto en otros materiales diferentes con diámetros de 75 mm y 100mm, por lo que se utilizara tubería de 90 mm y 125 mm respectivamente en PEAD PE 100 PN 16, para estas conexiones se propone utilizar unión universal brida por, porta brida PEAD PE 100 PN16 y brida loca HD ANSI 150, para realizar la transición (Consortio redes 2020, 2021).

En el diseño se proyectan 13 válvulas de corte con diámetros entre 75 mm y 250 mm de las cuales 12 son válvulas existentes, de los 4 hidrantes existentes en esta entrega de diseño se plantea la

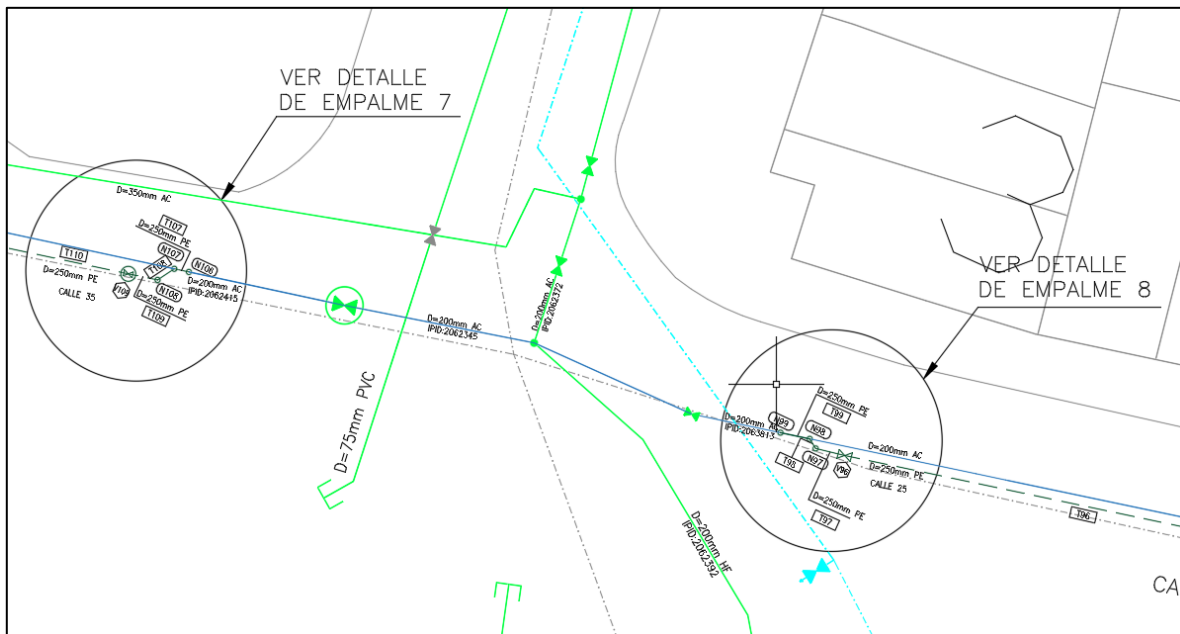


En visita realizada el 25 de agosto del 2021 en la zona de influencia del sector 3 (calle 28 entre carreras 76 y 78 AB) y sector 2 (Calle 25 y 27 entre carreras 78 A y 80) direcciones paralelas a la quebrada Altavista, se pidió claridad al contratista diseñador acerca del alineamiento planteado en el carril izquierdo paralelo a la quebrada Altavista, puesto que la tubería de asbesto cemento existente se encuentra en el carril derecho de la vía y las acometidas de todos las viviendas se encuentran a este mismo lado, implicando la extensión de acometidas, generando que la intervención se deba hacer por ambos carriles y se eleven los costos en longitud de tubería para acometidas por la cantidad de estas.

El diseñador respalda su decisión en que el costado derecho de la vía se encuentran varias redes de diferentes servicios como; red de gas 160 mm y 25 mm, red de alcantarillado de 450 mm y 375 mm y red de telecomunicaciones, para no tener inconvenientes en la etapa constructiva e instalación de redes en polietileno se proyectan las redes por el carril izquierdo, el cual funciona como estacionamiento y de menor flujo vehicular, proyecta la extensión de 56 acometidas de las cuales 2 conectan a la Unidad intermedia de Belén (Consortio de redes 2020, 2021). La interventoría avala este trazado dada la interferencia de las otras redes con la nueva red acueducto diseñada.

En este mismo sector se presentan se presentan 2 de los 3 empalmes provisionales con las redes existentes de asbesto cemento en operación, ya que son redes cercanas a la avenida 80, de las cuales no se tiene certeza de las dimensiones y magnitud de la intervención del proyecto Metro de la 80 a la vía y las afectaciones a las redes, por esto se proyectan los empalmes provisionales y válvulas de corte para su aislamiento y facilidad constructiva en los empalmes a futuro (Consortio de redes 2020, 2021).

En la ilustración 12 se puede apreciar el trazado los tramos T99 y T107 tramos en diámetro de 200mm en polietileno:



**Ilustración 12.** Tramos T99 y T107 con empalmes provisionales en el Sector 3. (Consortio de redes 2020, 2021)

Adicionalmente en una de las observaciones realizadas a la primera versión del diseño del sector 3 interventoría solicitó extender el tramo T96 corriendo el empalme provisional un tanto al límite de la calle 81 para dejar la válvula de corte cercana a este punto, adicionando 13,33 m a longitud total inicialmente de 118940m.

#### 5.5. Monitoreo de tiempos programados para entregas de diagnóstico, alternativas y Diseño del circuito Altavista Sur.

Para el cumplimiento de la programación en su primera versión se tenía planteado iniciar ejecución de nichos a principios del mes de marzo, pero por inconvenientes con los permisos de rotura y PMT<sup>3</sup> para la realización de apiques, se atrasó la presentación de las etapas del circuito, por lo que se modificó nuevamente la programación y las entregas se trasladaron en el tiempo, pero se mantuvo la misma meta financiera para no perjudicar la inversión en el proyecto, de esta investigación el contratista se tomó un (1) mes más de lo esperado ya que inició marcación de nichos el 09 de abril y finalizó el 21 abril del 2021, realizando la primera entrega de diagnóstico el 5 de mayo del 2021 y la primera entrega de alternativas el 9 de septiembre del 2021 con retraso considerable, aun así la interventoría presentó sus revisiones en las cuales se destacan las siguientes observaciones y acciones de mejora a las etapas de diagnóstico y alternativas:

- Posterior a revisiones y recorrido realizado el 25 de agosto del 2021, se solicitó al contratista plantear empalme provisional en los tramos ubicados en la Avenida 80, ya que no se tiene la certeza de cuándo se realizará la intervención ni el trazado del proyecto Metro de la 80, por lo que la dejar un empalme provisional se garantiza una conexión a los trazados, se solicita al contratista justificar y enunciar los tramos retirados para consolidar la longitud total de asbesto cemento que pasa a alternativas y diseño.
- El registro fotográfico de los nichos ejecutados, presenta evidencia no verificable en 15 de los 26 nichos positivos para asbesto cemento, por lo que se solicita al contratista buscar en sus registros información más consistente para comprobar la presencia de asbesto cemento.
- En el recorrido del 19 de octubre del 2021 se solicitó al contratista hacer acercamiento con la SIF<sup>4</sup> para acordar un tipo de intervención a los tramos que se encuentran en vías recién pavimentadas, además de analizar en la Matriz costo-riesgo-beneficio, por lo que se debe generar una nueva entrega del informe de alternativas.

Como se mencionó anteriormente las entregas de las etapas se trasladaron por lo que el envío de la Entrega 1 del diseño de Altavista Sur programado para el 8 de julio del 2021 se realizó el 16 de julio del 2021, en esta entrega se pidió evaluar el trazado y justificar de mejor forma los empalmes provisionales, además se solicitó adjuntar el presupuesto y cronograma de obra, de esta entrega se recibió el ajuste por el contratista el 12 de agosto del 2021 y un ajuste adicional de planos el 8 de septiembre del 2021, estos ajustes cambiaron la longitud total del diseño pasando de 1.189,40 m en la primera versión a 1.202,72 m en la segunda versión, la interventoría aprobó esta última versión el 13 de agosto del 2021, a continuación se enuncian las observaciones más relevantes:

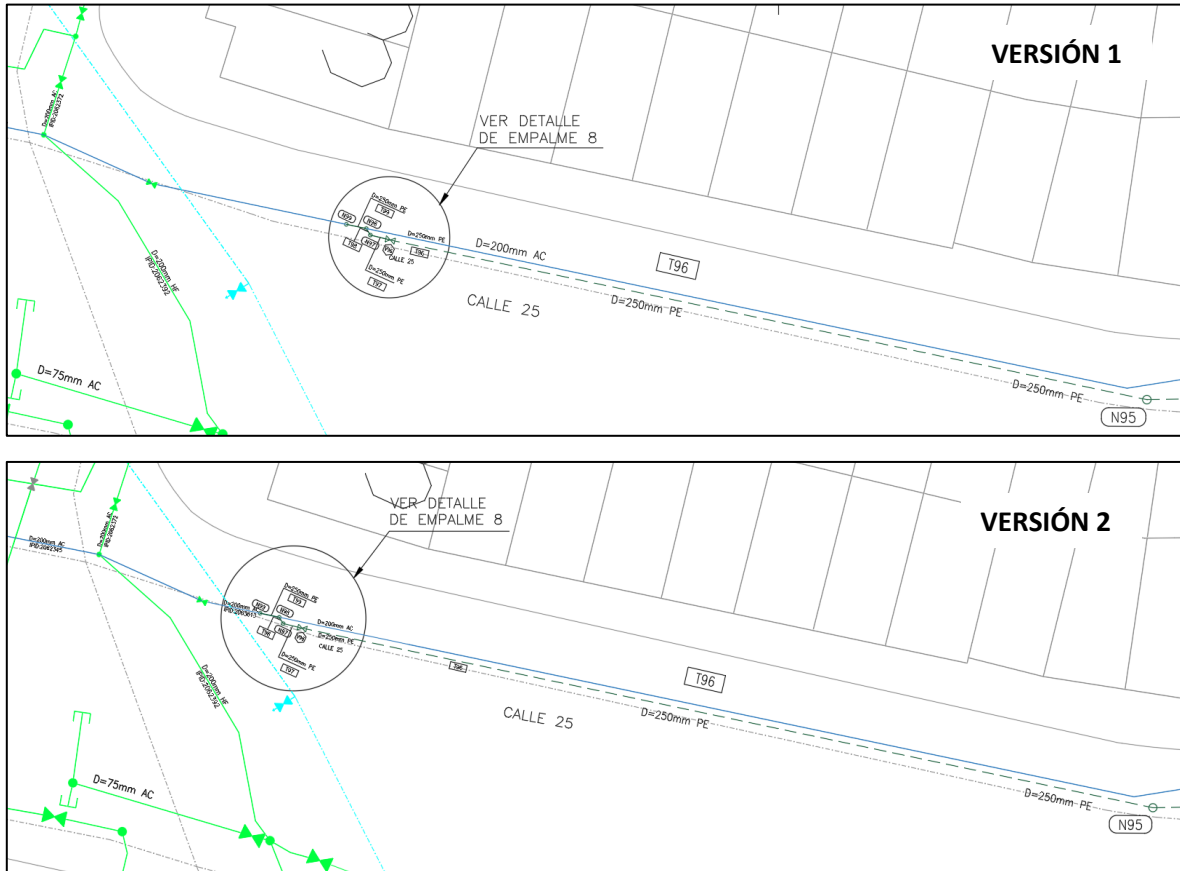
- Ajustar los empalmes en los cruces con la avenida 80, debido a la incertidumbre que se tiene con el alcance del proyecto Metro de la 80. En esta observación se solicitó alargar el tramo

---

<sup>3</sup> Permisos de Movilidad y Tránsito

<sup>4</sup> Secretaria de Infraestructura

T96 para realizar el empalme provisional más próximo y abarcar más longitud en polietileno y evitar el asbesto cemento, agregando 13,33m más en la tubería de polietileno (Comparación ilustración 13).



**Ilustración 13.** Esquema comparativo trazado tramo T96 sector 3.  
(Consortio de redes 2020, 2021)

- Justificar los lineamientos planteados en el costado izquierdo de la vía en las zonas de influencia del sector 3 (calle 28 entre carreras 76 y 78 AB) y sector 2 (Calle 25 y 27 entre carreras 78 A y 80).
- Poner la cantidad de usuarios a conectar en los tramos donde se cambió el alineamiento de los sectores 2 y 3 mencionados anteriormente, para de esta forma evaluar si es más prudente diseñar las redes al costado derecho de la vía o extender las acometidas.

Adicional a estas observaciones se solicitó ajuste de forma al informe de diseño, los planos de cada sector y detalle de cada empalme, además del documento de presupuestos y cantidades, para tener completa la entrega. Dadas las modificaciones y ajustes realizadas para esta entrega y otras entregas del circuito Itagüí activo para este periodo de tiempo, el envió por parte del contratista de las entregas 2,3 y 4 se trasladaron, a la fecha el contratista realiza la Entrega 2 de este circuito el 20 de octubre del 2021, en el cual se avanza la revisión.



Se debe considerar también que la interventoría envía observaciones al diseño las siguientes fechas; el día 9 de agosto del 2021 la primera revisión, el día 12 de agosto del 2021 la segunda revisión y el 13 de septiembre del 2021 solicitó ajuste a los planos.

#### 5.6. Generalidades del requerimiento GPZN- 1119 del componente de alcantarillado.

Ingresa a EPM solicitud 3540886 el 06 de septiembre del 2020 por hundimiento de la vía contigua al Liceo El Pedregal precisamente en la calle 101 C entre carreras 74 y 74 B del barrio Pedregal a lo largo del alineamiento de las redes existentes de alcantarillado ilustración 14, la solicitud fue presentada por la comunidad de esta zona la cual se vio obligada a cerrar la vía, EPM en evaluación de lo anterior realiza visita el 17 de septiembre del 2020 de verificación y genera televisión CCTV EPM TV 2387 en la que se encontró alto grado de deterioro de las tuberías dando un calificativo grado 5 indicando que se debe proceder a su reposición.

Adicionalmente, en visitas a campo realizadas por el equipo de mantenimiento y operaciones de EPM se evidencio que los emboquillados de los tramos a reponer que salen de las cámaras con IPID 6312453 y 6312452 se encuentran socavados, y en este punto el caudal se está infiltrando en el terreno, ocasionando lavado de material de la cimentación y del lleno de la tubería, y en consecuencia generando el respectivo asentamiento y hundimiento de la vía, adicionalmente se identificó la descarga al aliviadero de cañuela elevada con IPID 6318934, se plantea realizar el análisis de la hidráulico del funcionamiento del aliviadero para analizar si este influye en la problemática de los tramos a reponer establecidos en el requerimiento inicial del GPZ.

Empresas Públicas de Medellín le dio carácter urgente de atención a la reposición de los tramos IPID 6133547 y 6313544 por mal estado de las tuberías generando la solicitud de diseño 3599181, solicitud entregada a Aguas Nacionales EPM S.A. E.S.P. el 21 de julio del 2021 con solicitud de visita para el 22 de julio del 2021.



**Ilustración 14.** Registro fotográfico de solicitud 3540886.

#### 5.6.1. Investigación e inspección en campo del requerimiento GPZN-1119.

En la visita realizada el 22 de julio del 2021 realizada por contratista e interventoría se identificó un ancho de vía aproximadamente entre 8m y 6m con un pavimento flexible, encontrando en particular a lo largo de la Calle 101 C entre carrera 74A y 74B a lo largo del alineamiento del tramo de alcantarillado IPID 6313544 la vía se encuentra cerrada a la movilidad de vehículos y actualmente

se utiliza para parqueo ilustración 15, la comunidad manifiesta que esta vía es de alto flujo vehicular y que inclusive pasaba una ruta de servicio público que fue desviada para evitar agravar el estado de la vía, por otro lado en el tramo de la vía Calle 101C entre carreras 74 A y 74 aguas abajo del IPID 6313544 el pavimento se observó en buenas condiciones sin indicios de agrietamiento o fisuras.



**Ilustración 15.** Panorámicas de la Calle 101C entre carreras 74B y 74A Barrio Pedregal.

Para identificar a fondo el origen de la problemática y definir el alcance, se procedió a inspeccionar por parte de UT S&E el interior de los Manhole y aliviaderos localizados en la Calle 101 C entre carreras 74 B y 74 encontrando los siguientes aspectos presentados en la tabla 9:

**Tabla 9.** Elementos inspeccionados en campo requerimiento GPZN-1119.  
(UT Redes S & E y Mejía Acevedo, 2021)

<b>IPID Tramo</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Observación</b>
6313544	Costado suroriental de la Calle 101C entre Carreras 74 y 74 B	Se observo fractura y socavación en la batea del emboquillado del MH de inicio de tramo, por lo que se puede presentar infiltración en este punto y como consecuencia asentamiento del terreno.
6313547	Costado nororiental de la Calle 101C entre Carreras 74 y 74 B	Se observo desgaste en la batea del emboquillado al MH de inicio de tramo, además se observó basura sobre los peldaños, lo que indica posible almacenamiento de agua en el MH por insuficiencia hidráulica de tramos aguas abajo.
6318863	Costado suroriental de la Calle 101C entre Carreras 74 y 74 B	(No propuesto a reponer según requerimiento) se observó en el MH inicial del tramo la entrada de flujo es alta velocidad, la cañuela no finaliza en la entrada a la tubería de salida, sino que el extremo derecho finaliza en el muro del MH, chocando el flujo con este.
6316487	Aliviadero sobre la Calle 101C descarga a la quebrada La Moreno	Aliviadera de cañuela elevada, se observó sin vertimiento por ser tiempo seco, se encontró restos de basura en los peldaños lo que indica posible almacenamiento de agua por insuficiencia hidráulica en tramos aguas abajo.

Posterior a estos hallazgos la interventoría definió el alcance del proyecto, analizando insuficiencia hidráulica no solo en los tramos indicados sino aguas abajo, visualmente presentado en la ilustración 16 subrayado en amarillo, se enuncias los siguientes puntos:

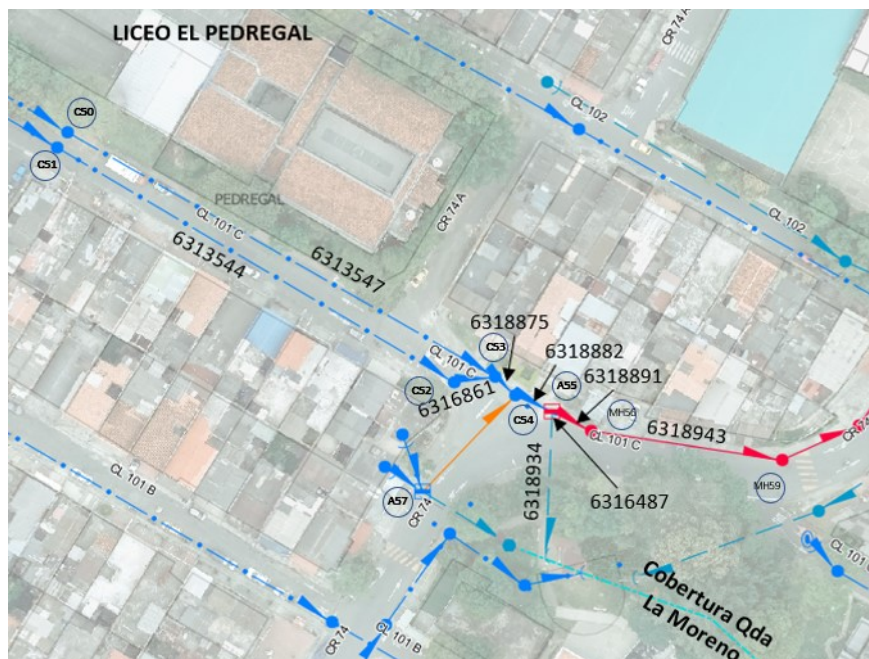


**Ilustración 16.** Tramos para estudio y planteamiento del diseño GPZN-1119 (QGIS EPM, 2021)

- Realizar diseño para los tramos objetivo del GPZ IPID 6313544 y 6313547.
- Realizar RCH<sup>5</sup> a los tramos de alcantarillado combinado localizadas aguas abajo de los tramos objetivo del GPZ y aguas arriba del aliviadero de cañuela elevada IPID 6318863, 6318875 Y 6318882. Si estos tramos inciden en la insuficiencia hidráulica realizar el diseño para su reposición.
- Realizar RCH al aliviadero de cañuela elevada IPID 6316487, además de los tramos de salida de este IPID 6318891 y 6318943 que hacen parte al colector norte de la quebrada La Moreno y el tramo de salida de excesos IPID 6318934 el cual descarga a la cobertura de la quebrada La Moreno. Este análisis se plantea para generar una nueva solicitud si se evidencia insuficiencia hidráulica ya que su atención supera el alcance de la solicitud.
- El alcance no contempla la elaboración de estudio hidrológico e hidráulico de la cobertura de la quebrada La Moreno, ni la estimación de niveles de la misma.

El contratista inició el 26 de julio del 2021 con el levantamiento topográfico y la revisión de la capacidad hidráulica de elementos identificados en la primera visita, el levantamiento se amarró a la Proyección Cartesiana origen Medellín 2010 referida Datum MAGNA oficial para Colombia, la información obtenida de este levantamiento como las cotas (terreno, batea y clave) y longitud del tramo, es complementaria para el análisis de la revisión de capacidad hidráulica. El RCH ayuda a definir el funcionamiento hidráulico preliminar de las redes si se puede presentar insuficiencia hidráulica, sedimentación entre otros problemas operativos.

<sup>5</sup> Revisión de Capacidad Hidráulica









**Ilustración 17.** Denotación de elementos de alcantarillado para investigación GPZN-1119(QGIS EPM, 2021).




La ilustración 17 muestra la distribución de la investigación topográfica, nombrando las cámaras al inicio y fin de cada tramo con la letra C y los aliviaderos con la letra inicial A, se obtienen los siguientes resultados presentados en la tabla 10:

**Tabla 10.** Hallazgos en levantamiento topográfico e inspección de cámaras(UT Redes S & E y Mejía Acevedo, 2021).

<b><i>IPID o identificación del tramo</i></b>	<b><i>Diámetro</i></b>	<b><i>Longitud (m)</i></b>	<b><i>Profundidad o pendiente</i></b>	<b><i>Observaciones</i></b>
<b><i>6313544 (C51- C52)</i></b> <b><i>(costado suroccidental de la calle 101C entre carreras 74 y 74 B)</i></b>	500mm	82,94	12,96%	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Red de alcantarillado combinado en concreto.</li> <li>● Batea socavada en el emboquillado C51</li> <li>● Reducción de diámetro con respecto al anterior.</li> <li>● Poca profundidad a la clave en la llegada a C52 0,88m (&lt;1,20 m mínimo).</li> </ul>
<b><i>Cámara C51 (IPID 6312453)</i></b>	1,20 m	N/A	2,41 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>● La batea de la tubería de salida presenta emboquillado socavado, parte del caudal se infiltra hacia el material que conforma la cimentación y lleno del tramo.</li> </ul>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>● Basuras en los peldaños, posible almacenamiento de agua en eventos de lluvia.</li> </ul>
<b>Cámara C52 (IPID 6312453)</b> 	1,20 m	N/A	2,17 m	El flujo golpea contra la pared de la cámara debido al ángulo de entrada/salida, la cañuela no se construyó o remató contra la tubería de salida.
<b>6318863 (C52- C53)</b> (costado suroccidental de la calle 101C entre carreras 74 y 74 B)	800mm	6,15	9,92%	<ul style="list-style-type: none"> <li>● El flujo golpea la pared de salida de la cámara C52.</li> <li>● Red de alcantarillado combinado en concreto.</li> </ul>
<b>Cámara C53 (IPID 6316861)</b> 	1,50 m	N/A	2,77m	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cámara excéntrica.</li> <li>● Recibe caudal de los tramos C52-C532 (IPID 6318863) Y C50-C53 (IPID 6313547).</li> </ul>
<b>6313547 (C50- C53)</b> (costado nororiental de la calle 101C entre carreras 74 y 74 B)	300mm	88,38	13,63%	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Red de alcantarillado combinado en concreto.</li> <li>● Batea desgastada en el emboquillado de C50.</li> <li>● Reducción de diámetro respecto al tramo anterior.</li> </ul>
<b>Cámara C50 (IPID 6312452)</b> 	1,20 m	N/A	2,97 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cámara concéntrica.</li> <li>● La batea de la tubería de salida en el emboquillado presenta desgaste.</li> <li>● Basura en los peldaños, posible almacenamiento de agua en eventos de lluvia.</li> </ul>
<b>6318875 (C53- C54)</b> (costado suroccidental de la calle 101C entre carreras 74 y 74B)	800mm	3,55	8,72%	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Red de alcantarillado combinado en concreto.</li> </ul>

<p><b>Cámara C54 (IPID 6316417)</b></p> 	1,50 m	N/A	2,98m	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cámara excéntrica.</li> <li>● Recibe caudal del tramo A57-C54 (IPID 8542420) y C53-C54 (IPID 6318875), con salida hacia el aliviadero A55.</li> </ul>
<p><b>6318882 (C54- A55)</b> (costado suroccidental de la calle 101C entre carreras 74 y 74B)</p>	1100mm	4,17	1,44%	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Red de alcantarillado combinado en concreto.</li> </ul>
<p><b>Aliviadero A55 (IPID 6316487)</b></p>  				<ul style="list-style-type: none"> <li>● Aliviadero tipo cañuela elevada caja 2,00m x 3,00m en concreto.</li> <li>● Altura de la caja desde cota terreno a fondo 3,40 m.</li> <li>● Cañuela: Longitud=3,00m Altura de los vertederos=0,12m      Pendiente vertedero=2%</li> <li>● Sección circular no prismática con reducción entre la entrada y la salida residual de 1100 mm a 300 mm.</li> <li>● Salidas de caudal: Agua residual A55-MH56 (IPID 6318891) concreto 300 mm (colector norte) Excesos A55-BOT1 (IPID 6318934) concreto 1000mm (cobertura q. La Moreno)</li> <li>● No se observó presurización.</li> <li>● Distancia mínima entre cresta de vertederos laterales y batea de la tubería de exceso de 0,91m.</li> <li>● Basura en los peldaños.</li> </ul>
<p><b>6318891 (A55-MH56)</b> Salida residual del aliviadero</p>	300mm	6,72	8,60%	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Inicio colector norte de la quebrada La Moreno.</li> <li>● Tubería en concreto.</li> </ul>
<p><b>Cámara MH56 (IPID 6316317)</b></p> 	1,20 m	N/A	2,90 m	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cámara excéntrica.</li> <li>● Basura en los peldaños.</li> </ul>
<p><b>6318943 (MH56-MH59)</b></p>	350mm	33,82	3,16%	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Tramo colector norte de la quebrada La Moreno.</li> <li>● Tubería en concreto.</li> </ul>

<p><b>Cámara MH59 (IPID 6316591)</b></p> 	1,20 m	N/A	2,31m	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Cámara excéntrica.</li> <li>● Basura en los peldaños.</li> </ul>
<p><b>6318934 (A55-BOT1)</b></p>	1000mm	28,15	1,60%	Salida de excesos del aliviadero A55 hacia cobertura de la quebrada La Moreno.
<p><b>Descarga BOT1 (IPID8532652)</b></p> 		<ul style="list-style-type: none"> <li>● En el sitio de descarga cobertura rectangular 1,60m x 1,55m.</li> <li>● Escala con respecto a la batea de cobertura en sitio de descarga de entrega 0,73 m.</li> <li>● No se observan restos de basura al interior.</li> <li>● Parte de la sección se encuentra obstruida por la losa superior de la cobertura.</li> </ul>		
<p><b>Cobertura Quebrada La Moreno (IPID 6316805)</b></p>		 <ul style="list-style-type: none"> <li>● A los 13,58 m aguas arriba del BOT1 se presenta el inicio de la cobertura. En este se descargan 2 tuberías de 600 mm (IPID 8585592 y 8585593/fuera de servicio MDA) las cuales provienen del aliviadero A57.</li> <li>● A los 11,08 m aguas arriba del BOT1 se observó descarga de un tramo de 0,80 m de sección. Conexión no referenciada en el MDA no se sabe su procedencia.</li> </ul>		
<p><b>85542420 (A57- C54)</b> Salida de residual del aliviadero</p>	400mm	22,68	1,26%	Salida residual del aliviadero A57, se encuentra por encima de los tramos que se encuentran conectados a la cobertura.
<p><b>Aliviadero A57 (IPID 8585591)</b></p>				



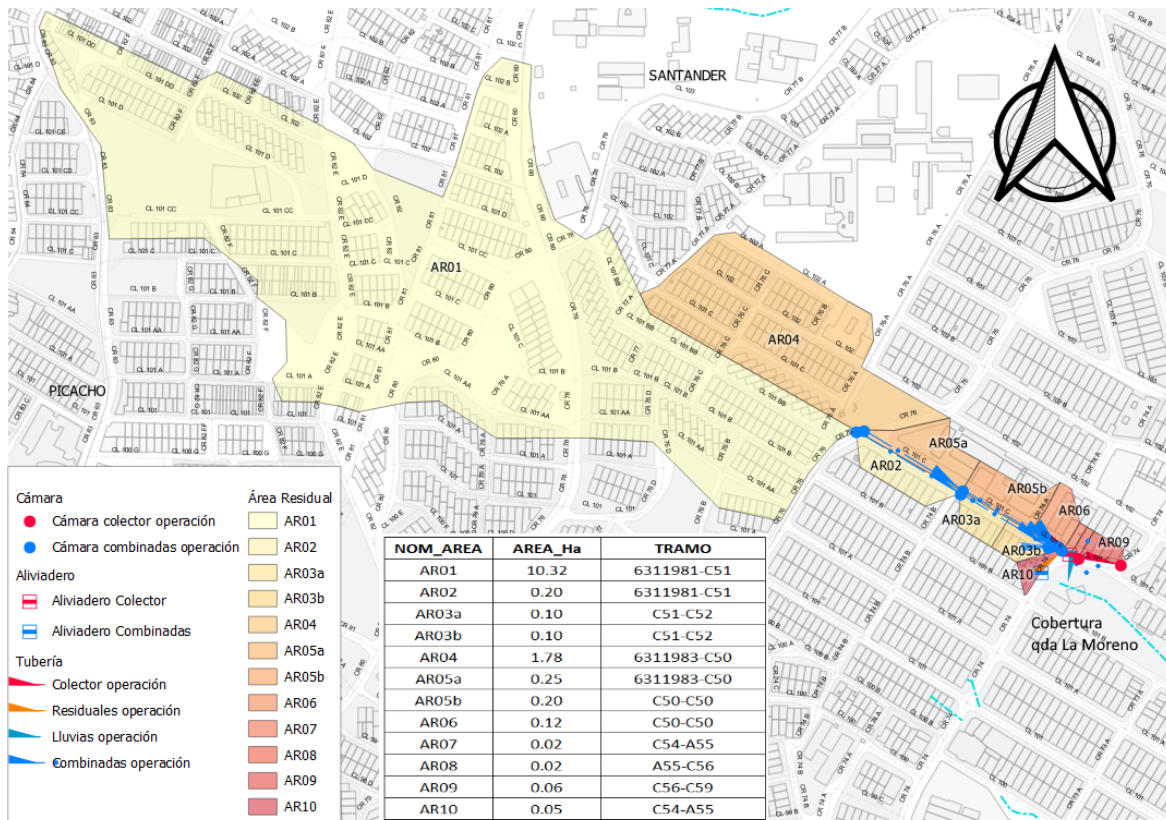
- Aliviadero tipo cañuela de fondo en caja 2,20m x 2,20m, aunque no se observa vertedero.
- Altamente sedimentado.
- Altura de la caja desde cota terreno a fondo 2,85m.
- Recibe tramos IPID 6318809 y 6318820 de concreto de 600 mm, localizados debajo del paramento de las viviendas del costado suroccidental de la CI 101C.
- Recibe tramo sin registro MDA no se conoce su procedencia. La entrada a los tramos de 600 mm (IPID 8585592 y 8585593/fuera de servicio MDA), se observan altamente sedimentados.

**Nota:** La longitud mostrada es medida desde los bordes internos de las cámaras.

#### 5.6.2. Evaluación hidráulica GPZN-1119.

En principio el contratista definió las áreas tributarias a partir del trazado de redes de alcantarillado proyectadas y las existentes, además de las curvas de nivel de la información recopilada, se asume también que como la zona es en su mayoría urbanizada y hay poca cobertura vegetal, el área de aguas residuales y de aguas lluvias es la misma, en la ilustración 18 se expone la distribución de áreas.





**Ilustración 18.** Áreas tributarias de aguas lluvias y residuales en el GPZN-1119 para evaluación hidráulica (QGIS EPM, 2021).

Posterior a que el contratista definió los caudales empleando criterios la Norma de diseño de sistemas de alcantarillado EPM, parámetros y criterios de diseño establecidos en la resolución 0330 de junio de 2017, empleo para la evaluación hidráulica los siguientes criterios de la norma EPM y verificar su cumplimiento:

1. Características del flujo en cada tramo, considerando que sea flujo uniforme empleando el coeficiente de Manning y la variabilidad de la profundidad.
2. Velocidades máximas y mínimas.
3. Esfuerzo cortante mínimo.
4. Pérdida en las cámaras de inspección.
5. Calcular y dibujar el flujo gradualmente variado presentado a lo largo de cada tramo para condición de flujo permanente (caudal constante en cada tramo igual a caudal de diseño)
6. Variable  $y/d$  profundidad máxima del flujo en la tubería en la norma EPM:

$y/d < 0,70$  para diámetros internos menores de 500mm.

$y/d < 0,80$  para diámetros internos entre de 500 mm y 1000 mm.

$y/d < 0,85$  para diámetros internos mayores de 1000mm.

7. Control de orificio: Cuando la red presenta flujo supercrítico, se presenta cuando la energía del flujo entrante a la cámara no es la suficiente para evacuar el caudal hacia el tramo siguiente, y en consecuencia el fluido debe ganar energía potencial (incrementar el nivel de flujo en la estructura de inspección) hasta la condición de equilibrio en que el caudal

entrante a la cámara es igual al caudal que sale de la misma, ocasionando botada de tapa y sumergencia de los tramos localizados aguas arriba. ((S&E y MA), 2021)

En la tabla 11 se muestra el resumen de la evaluación hidráulica diagnóstico realizado por el contratista, estos cálculos se realizaron en una hoja de cálculo que el mismo contratista creo ya que puede calcular los perfiles de flujo gradualmente variado y definir si se presenta control de orificio, los resultados subrayados en rojo indican los tramos que presentan insuficiencia hidráulica:

**Tabla 11. Resumen de revisión de capacidad hidráulica**(Informe UT redes S&E y MA, 2021).

Tramo		QDR (l/s)	Qllu (l/s)	Caudal adicional acumulado (No Aliviado) Qa acum (l/s)	Caudal (QT para comb.) (l/s)	Long tramo tubería (m)	Pend. %	Diám. (mm)	Caudal a tubo lleno (Q) (l/s)	Características del flujo para el caudal de diseño de alcantarillados de lluvias o combinados (QT) o de residuales (QDR)				Verificación de la Capacidad Hidráulica para el caudal de diseño (criterio y/d)	Material	Comentarios sobre capacidad del tramo	Comentarios sobre chequeo de posible control por orificio
De	A									q/Q	v/V	y/d	Rh/d				
<b>Tramos de IPID 6313544 - 6318863 - 6318875 - 6318882 (red combinada sobre la calle 101C entre carreras 74B y 74)</b>																	
631198 1	C51	20.3 0	2 089.63	0.00	2 109.92	98.38	4.06	700	1864. 5	1.1 3	---	---	0.25	NO	Concreto	presurizado	No hay control de orificio, flujo a presión
C51	C52	20.5 9	2 123.75	0.00	2 144.34	82.94	12.96	500	1353. 7	1.5 8	---	---	0.25	NO	Concreto	presurizado	No hay control de orificio, flujo a presión
C52	C53	20.5 9	2 123.75	0.00	2 144.34	6.15	9.92	800	4154. 8	0.5 2	0.86 5	0.57 6	0.27	SI	Concreto	y/d adecuado	No se descarta control de orificio, calcular pérdidas en cámara
C53	C54	24.0 6	2 589.40	0.00	2 613.46	3.55	8.72	800	3898. 0	0.6 7	0.93 7	0.67 3	0.29	SI	Concreto	y/d adecuado	Control orificio; botaría tapa
C54	A55	24.1 6	2 601.83	280.15	2 906.15	4.17	1.44	1 100	3709. 3	0.7 8	0.98 3	0.74 3	0.30	SI	Concreto	y/d adecuado	No se descarta control de orificio, calcular pérdidas en cámara
<b>Tramos de IPID 6313547 - 6318875 (red combinada sobre la calle 101C entre carreras 74B y 74)</b>																	
631198 3	C50	3.98	368.89	0.00	373.20	94.75	5.41	375	407.7	0.9 2	1.02 9	0.83 3	0.30	NO	Concreto	y/d Alto	Control orificio, pero no botaría tapa

C50	C53	4.53	403.51	0.00	408.04	88.38	13.63	300	355.4	1.15	---	---	0.25	NO	Concreto	presurizado	No hay control de orificio, flujo a presión
<b>Tramos de IPID 6313547 - 6318875 (red combinada sobre la calle 101C entre carreras 74B y 74)</b>																	
A55	MH56	24.19	3.50	318.90	346.59	6.72	8.60	300	283.1	1.22	---	---	0.25	NO	Concreto	presurizado	No hay control de orificio, flujo a presión
MH56	MH59	24.27	15.25	318.90	358.42	33.82	3.16	350	259.4	1.38	---	---	0.25	NO	Concreto	presurizado	No hay control de orificio, flujo a presión
<b>Tramo de IPID 6318934 (red de lluvias que va a cobertura de la quebrada La Moreno, calle 101C con carrera 74)</b>																	
A55	BOT1		0.00	0.00	2906.15	28.15	1.60	1000	3031.0	0.96	1.042	0.866	0.30	NO	Concreto	y/d Alto	Control orificio, pero no botaría tapa

De los resultados anteriores se concluye que los tramos que se requieren reponer trabajan presurizados y pueden presentar control de orificio, lo que indica que en caso de presentarse un evento de precipitación alta las cámaras de inspección pueden botar las tapas.

Adicional a la revisión de capacidad hidráulica de las redes requeridas el contratista analizó el aliviadero tipo cañuela elevada que se conecta a las redes del colector norte de la quebrada La Moreno, concluyendo y calculando que el caudal no aliviado que continua hacia los tramos del colector IPID 6318891-6318943 empleando la metodología A sugerida por Ramírez (2011). Esta metodología se basa en los datos experimentales obtenidos en el “Modelo Físico de Aliviaderos Laterales” realizado para Empresas Públicas de Medellín E.S.P por HIDRAMSA y la Escuela de Ingeniería de Antioquia en 1995.

El valor estimado por el contratista es 318,90 L/s este caudal adicional sigue a por la red afectando la capacidad hidráulica de los tramos aguas abajo, por lo cual se recomienda un rediseño del aliviadero, pero como este no hace parte del alcance del requerimiento GPZN-1119 se incluye como recomendación a EPM.

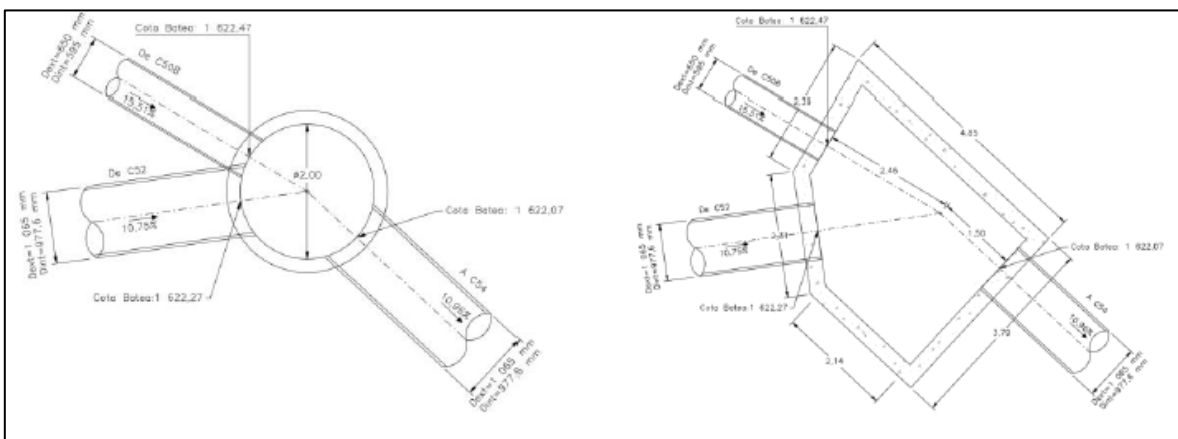
### 5.6.3. Diseño hidráulico alcantarillado combinado GPZN-1119.

El contratista plantea en el informe de diseño del GPZN-1119 las siguientes intervenciones por el mismo alineamiento de las redes existentes:

- Reposición del tramo C51-C52 requerido en el GPZ, por los tramos C51-C51B y C51B-C52 en tubería PVC de 39” (diámetro interno de 977,6 mm).
- Reposición de los tramos C52-C53-C54-C55 para evitar reducción de diámetro con respecto al tramo anterior, en tubería PVC de 39” (diámetro interno de 977,6 mm).
- Reposición del tramo C50-C53 requerido en el GPZ, por los tramos C50-C50B y C50B-C53 en tubería PVC de 24” (diámetro interno de 595 mm).

- Reemplazo de los MH existentes C51, C52 (excéntrica) y C54 (excéntrica) por cámaras circulares de diámetro D=2,00 m. La cámara C51 se proyecta con tapa losa debido a que el tramo de llegada de IPID 6313441 se encuentra por fuera del alcance del GPZ y quedaría con profundidad a la clave de 0,97 m, es decir, menor a los 1,20 m exigidos en las normas de construcción NC\_AS\_IL02\_05 y NC\_AS\_IL02\_06.
- Reemplazo del MH existente C50 por una cámara circular de diámetro D=1,50 m.
- Reemplazo de la cámara existente C53 por una caja especial, para evitar la interferencia geométrica entre los tramos C52-C53 y C50B-C53. A esta cámara se deberá conectar el sumidero S2 (véanse planos de diseño), también proyectado en lugar del sumidero de IPID 6323398 el cual debe ser demolido para permitir la construcción de la caja especial.
- Se proyectan las cámaras de inspección C51B y C50B en diámetros de 2,00 m y 1,50 m respectivamente. A estas cámaras se deberán conectar el sumidero existente de IPID 6314735 y el proyectado S1 (véanse planos de diseño).

El planteamiento de la caja especial y los diámetros del contratista fueron expuestos previamente al diseño, dado que se presentaban dos situaciones relevantes para que el contratista pudiera avanzar con el diseño, en principio cuando se empezaron a realizar los cálculos variando el diámetro de las tuberías para identificar el indicado que cumpliera con todos los criterios de diseño de las normas se encontró que los tramos C51-C51B-C52 cumplían los requisitos de capacidad con el diámetro interno de 1054 mm, este diámetro de tubería no se encuentra en los ítems precisables de pago para diseño por lo que se solicitó realizar la evaluación de diámetros menores y que puedan cumplir la capacidad de transporte del flujo, el contratista realizó el cálculo y determinó interno de 97,6 mm, por otro lado, en el planteamiento de la caja especial el contratista manifestó que la geometría circular de las cámaras de inspección, el alineamiento de las tuberías y su diámetro no permite la implementación de estas ver ilustración 19 ni usando el diámetro máximo de cámara circular de 2m, por lo que optó por una caja especial con una geometría no convencional.



**Ilustración 19.** Comparación geometría entre estructuras de inspección para conexión de tramos proyectados C53. Cámara circular de D=2,00m (izquierda) y Caja especial (derecha)(UT Redes S & E y Mejía Acevedo, 2021).

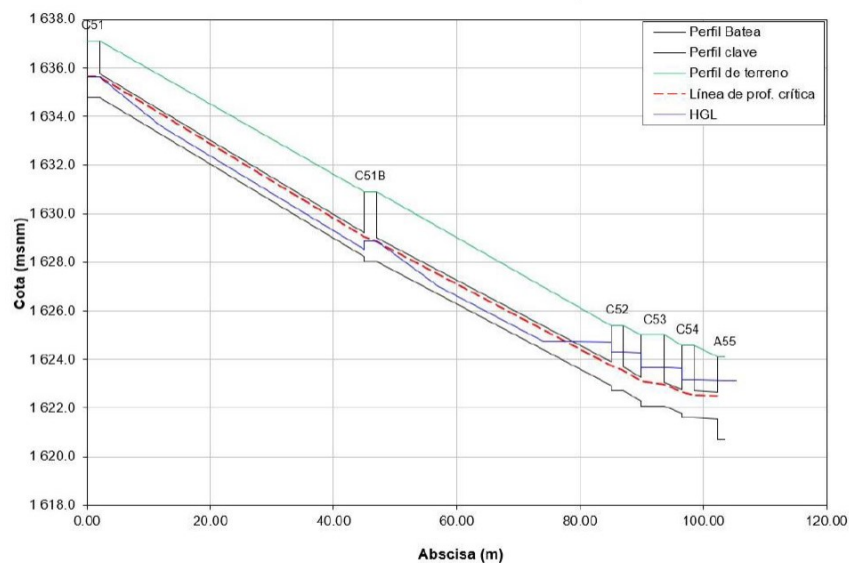
La interventoría después de revisar los cálculos hidráulicos del tramo C51-C51B-C52 aprobó el diámetro evaluado y la caja especial propuesta por el contratista el de septiembre del 2021.

Finalmente, el contratista envía el diseño el 7 de septiembre del 2021 con las siguientes características presentadas en la tabla 12:

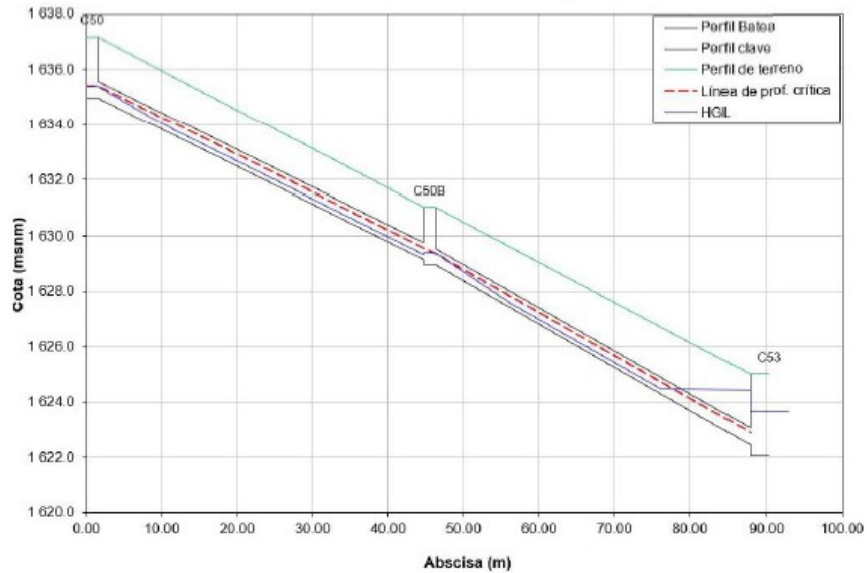
**Tabla 12.** Despiece general de los tramos de red de alcantarillado combinado diseñados(UT Redes S & E y Mejía Acevedo, 2021).

Diámetro interno (mm)	Diámetro nominal (mm)	Material	Longitud real (m)
595	650	PVC S4, RM 28	85,91
977,60	1065	PVC S4, RM 28	87,76
<b>Total</b>			<b>173,66</b>
Cámara de inspección convencional, D= 1,50m			4,24m (2und)
Cámara de inspección convencional, D= 2,00m			10,95 m (4 und)
Caja Especial			2,93 m (1 und)
Sumidero Tipo B			(2und)

En los cálculos del contratista se evalúa nuevamente la capacidad hidráulica del aliviadero tipo cañuela elevada, los tramos que conectan al colector norte de la quebrada La Moreno y el tramo que descarga el caudal de excesos a la cobertura de la quebrada La Moreno, encontrando que aunque los tramos diseñados transportan el caudal de diseño se podría presentar un remanso desde el tramo A55-BOT1 (tramo descarga a la quebrada) hacia el aliviadero A55 y desde este a los tramos C54-A55, C53-C54, C52-C53 Y C50-C53, por el control de orificio que se genera en el aliviadero, aun así en caso de que pase un fenómeno externo de precipitación la red tiene la capacidad de almacenar temporalmente caudal sin que presente botada de tapas en las cámaras de inspección, el perfil de flujo de los tramos diseñados se presenta en la ilustración 20 y 21, debido a que el aliviadero A55 y los tramos de salida a la cobertura BOT1 se encuentran por fuera del alcance del GPZ la situación mencionada anteriormente se puede presentar en tiempos de lluvia.

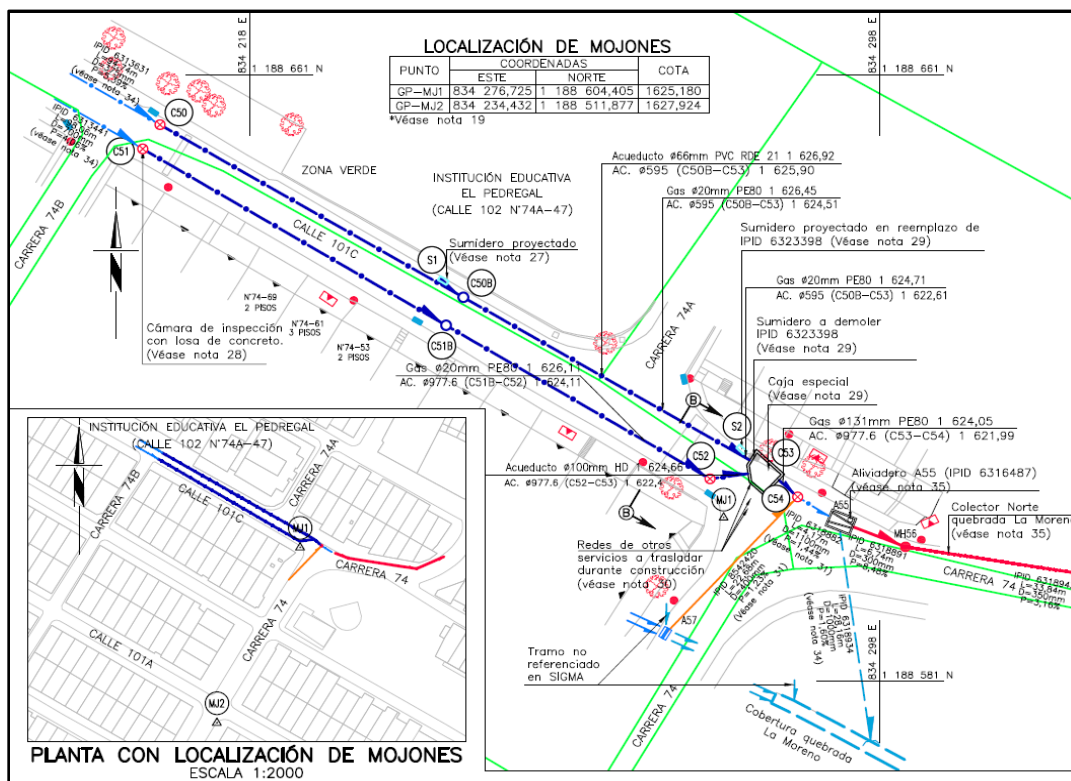


**Ilustración 20.** Perfil hidráulico de los tramos diseñados C51-C51B-C52-C53-C54 (Control desde la tubería de excesos)(UT Redes S & E y Mejía Acevedo, 2021).

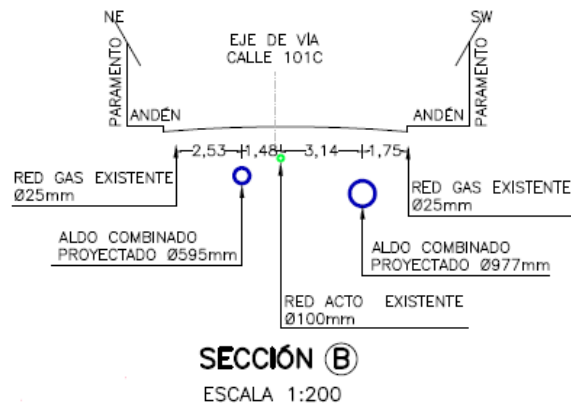


**Ilustración 21.** Perfil de flujo tramos diseñados C50-C50B-C53-C54 (Control desde la tubería de excesos)(UT Redes S & E y Mejía Acevedo, 2021)

Gráficamente el trazado y la posición de las cámaras y sumideros se presentan en la ilustración 22 y en la ilustración 23 se puede apreciar la profundidad de la tubería de alcantarillado combinado con otros servicios.



**Ilustración 22.** Plano en planta versión 2 del trazado diseñado para el GPZN-1119(UT Redes S & E y Mejía Acevedo, 2021).



**Ilustración 23.** Corte transversal a la vía Calle 101C(UT Redes S & E y Mejía Acevedo, 2021).

Finalmente, el diseño hidráulico del GPZN-1119 comprende la reposición de cinco tramos con una longitud horizontal entre ejes de cámaras de 186,07m, el método de intervención de esto proyecta es zanja convencional (UT Redes S & E y Mejía Acevedo, 2021).

#### 5.7. Monitoreo de tiempos programados para entregas de diagnóstico, alternativas y Diseño del GPZN-1119.

Como este proyecto como una urgencia de diseño no se encontraba dentro de la programación del contratista, por lo que el contratista elaboró un cronograma de actividades, en el que se planteaba la atención del requerimiento de diseño en 5 semanas iniciando en la semana del 26 de julio del 2021 y finaliza el 10 de septiembre del 2021, entre las actividades que presentó el contratista se tiene; el levantamiento topográfico con amarre geodésico, diseño de la alternativa, elaboración de cantidades de obra, revisión de la interventoría y ajustes de observaciones para aprobación.

El contratista inició las actividades de levantamiento topográfico en la semana del 2 de agosto del 2021, lo desplazó la entrega de diseño 2 semanas entregando el 6 de septiembre del 2021 la primera versión de diseño, a pesar de la demora no significó atraso en la construcción ya que los permisos de rotura y PMT también presentaron dilaciones, posterior a la revisión de la interventoría el contratista entregó la segunda versión el 6 de octubre del 2021 cumpliendo con la atención de todas las observaciones, la interventoría aprueba el diseño el 15 de octubre del 2021. Las observaciones más notables se enuncian a continuación:

- Los cálculos realizados por el contratista se desarrollaron tanto en la hoja de cálculo propia como en la requerida por EPM, en la primera revisión de esta se encontró una diferencia entre los caudales de aguas lluvia de 400 L/s en algunos tramos entre la hoja de cálculo de EPM y HIDRAMSA, adicionalmente en la hoja de cálculo de EPM los tramos C51-C51B y C52-C53 sobrepasan la velocidad máxima permitida en cambio en las memorias de cálculo de HIDRAMSA se tienen resultados más conservadores, además en estas memorias de HIDRAMSA se encuentran valores como texto y sin ningún tipo de formulación, por lo que

desde la interventoría no se puede evaluar la formulación matemática y validar la información. Estas observaciones fueron ajustadas por el contratista en la segunda versión del diseño y si bien aún se encontraba una diferencia en el cálculo de los caudales de aguas lluvias se presentaron en menor proporción y las velocidades se ajustaban en ambas memorias de cálculo, aun así se hace la claridad que la memoria de cálculo aceptada por interventoría es la de EPM ya que al no tener formulación en la memoria de HIDRAMSA no cumple con las condiciones del anexo técnico numeral 6.7 *memorias de cálculo*.

- Se solicita presentar la evidencia fotográfica con la fecha correspondiente.
- En la revisión de los planos la interventoría solicitó agregar el perfil del tramo C 54-A 55 para tener referencia del empalme de la nueva red con la existente, además se solicitó agregar una nota constructiva indicando que debido al mal estado de la red se deberá cambiar la total del pavimento en la vía del requerimiento. Estas solicitudes fueron aceptadas por el contratista en la segunda versión de diseño.
- Una de las observaciones relevantes se realizó con respecto a los archivos de topografía en los que faltaba el cálculo de la cota ya que el certificado de planeación no tiene el cuadro que indica el error de cierre en la poligonal, esto en parte atrasó la entrega de subsanación a las observaciones, pero se logró resolver por parte del contratista, también se pidió corregir los planos del levantamiento topográfico y agregar los certificados de equipos y referenciador topográfico.

También se debe considerar la fecha de la primera entrega de observaciones por parte de la interventoría el día 01 de octubre del 2021.

## 6. Conclusiones

- La verificación y comparación de la información de cada entregable es crucial en el desarrollo de la revisión de cada componente, por tanto se determina que el enfoque de la interventoría en el análisis de la información presentada por el contratista en el diagnóstico del componente de acueducto se centra en la evidencia fotográfica de la ejecución de nichos y la sustentación de la depuración de tramos positivos a Asbesto Cemento que pasan a las siguientes etapas, ambos elementos deben coincidir para proceder con el aval, en el caso del objeto de estudio se realizan observaciones a la evidencia fotográfica y se realiza un hallazgo de acción de mejora en el cuerpo del informe y la sustentación de retiro de los tramos que inciden en el proyecto Metro de la 80, posterior al ajuste de estas observaciones pasa a las siguientes etapas una longitud de 5.368,04 m de Asbesto cemento a reponer equivalente a un 72% de la longitud entregada inicialmente por EPM. Por otro lado en el componente de alcantarillado la revisión y el análisis de la información de diagnóstico e investigación se enfoca en el reporte de visita del proyecto y la investigación del contratista a los elementos encontrados que inciden en la problemática, en este análisis la interventoría aprueba la ampliación del requerimiento



de diseño de EPM según los hallazgos del contratistas, el cual logró identificar inconvenientes no solo en los elementos sujetos al requerimiento si no fallas en redes aguas abajo más precisamente en el aliviadero y colector norte de la quebrada La Moreno.

- La etapa de alternativas favorece el contraste de las situaciones presentadas sean de índole ambiental, económico y/o social en cada proyecto y ofrece un panorama en el que se va a desarrollar el diseño, esto analiza particularmente en el componente de acueducto en el que se hace relevante evaluar el alineamiento de las redes de acuerdo a las situaciones que se presentan en el circuito Altavista Sur, precisamente se decide realizar empalmes provisionales en la zona de influencia del proyecto Metro de la 80 y la intervención de tramos en vías recién pavimentadas, estas situaciones deben analizarse y contrastarse en la matriz costo- riesgo-desempeño en las que se decide si es más efectivo realizar una intervención con o sin zanja o se cambia el alineamiento, en contraste con las alternativas del proyecto del componente de alcantarillado en las que se convierte en relevante el estudio de RCH con el que se decide la optimización de las redes sea modificando diámetros, pendientes y modernización de elementos.
- En el seguimiento temporal y supervisión de las actividades se encuentra que en ambos componentes se ve un periodo de aprendizaje alto en la etapa de diagnóstico e investigación, esto midiendo a partir de los semanas gastadas por el contratista para desarrollar esta etapa y resolver las observaciones de la interventoría, por un lado en el componente de acueducto el contratista presentó un mes de atraso en la realización del diagnóstico, debido a retrasos en los permisos de rotura y PMT para la realización de apiques y en la asimilación de la información, a su vez en el componente de alcantarillado la investigación amplió su alcance atrasando en 2 semanas la entrega de la siguiente etapa de diseño, aun así esta investigación abarcó los elementos sujetos al requerimiento y agregó redes aguas abajo que inciden en la problemática, resolviendo la solicitud. Se espera que con la experiencia de estas entregas el contratista presente los siguientes circuitos y proyectos menores de forma más ágil.
- Un punto clave para el desarrollo del diseño en ambos componentes son las visitas a campo y los recorridos por la zona de influencia, en conjunto entre interventoría y contratista, con profesionales de diseño y obra de cada entidad, esto permite visualizar las interferencias de los trazados, justificar alineamientos planteados por el contratista y discutir posibles alternativas constructivas que pueden influir directamente en el diseño.

- En la etapa de diseño se consolida lo presentado en las etapas anteriores y es fundamental centrar la revisión en los planos presentados, las cantidades de obra y presupuesto, sin dejar de atender los otros entregables, el enfoque y análisis en la revisión de esta etapa en el componente de acueducto se centró en el trazado de los sectores de reposición en el circuito Altavista Sur, generando acciones de mejora en la longitud del tramo T 96 empalme provisional y notas en plano que garanticen el entendimiento en la ejecución de la obra, estas observaciones modifican las longitudes de diseño y los demás entregables (cantidades de obra, informes, memorias), en el caso del diseño GPZN-1119 el contratista presenta memorias de cálculo y planteamientos de elaboración propia, por lo que la interventoría manifiesta y vela por el cumplimiento de la normatividad de las condiciones de Empresas Públicas de Medellín, realizando observaciones concretas a las formulaciones siguiendo los lineamientos y condiciones de EPM, abarcando lo estrictamente requerido en cada situación de los componentes.
- Para el diseño el seguimiento temporal se presentó en la Entrega 1 del circuito Altavista Sur un mes entre ajustes del contratista y observaciones de la interventoría, se espera disminuir estos tiempos con la experiencia adquirida de esta entrega.
- La revisión de las entregas por parte de la interventoría, se ha ido estandarizando para acortar los tiempos de revisión, si bien según el pliego de condiciones del contrato estipula una revisión de 10 días, en ocasiones la no atención de observaciones y ajustes del contratista, produce reprocesos afectando el tiempo de revisión, esto se evidencio en la solicitud de ajuste de planos en el diseño de reposición de acueducto del Entrega 1 del circuito Altavista Sur, retrasando la aprobación de este.

## 7. Referencias

- *Consortio de redes 2020, U. S. Ma. (2021a). Alternativas de redes de acueducto y alcantarillado, acometidas y obras accesorias, donde EPM presta sus servicios. zona sur occidental. 1.*
- *Consortio de redes 2020, U. S. Ma. (2021b). Diagnóstico de redes de acueducto y alcantarillado, acometidas y obras accesorias, donde EPM presta sus servicios. zona sur occidental. 447.*

- *Diagnostico Consorcio de redes. (2021). Diagnostico circuito Altavista Sur Consorcio de redes.*
- *EPM. (2009). Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto.*
- *INC(EE.UU).(2017). Exposición al asbesto y el riesgo de cáncer. <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causasprevencion/riesgo/sustancias/asbesto/hoja-informativa-asbesto>.*
- *Informe Consorcio de redes. (2021). Informe de Alternativas circuito Altavista Sur.*
- *Ministerio de Vivienda, C. y T. (2017). Resolución 0330.*
- *QGIS EPM. (2021). Cartografía suministrada por EPM para el desarrollo del contrato.*
- *UT Redes S & E y Mejía Acevedo. (2021). Informe de diseño versión 2 GPZN-1119.*
- *Valencia, N. (2019). Riesgos y problemas en la salud por uso del asbesto. <https://conexioncapital.co/problemas-salud-por-uso-del-asbesto/>*