



**Revisión y seguimiento al diagnóstico y optimización de redes de acueducto en el circuito
Porvenir y urgencia de alcantarillado en el barrio Belalcázar.**

Johann Sebastian Salas Delgado.

Informe final de práctica para optar al título de Ingeniero civil

Asesor

Alejandro de Jesús Molina González, Ingeniero Sanitario, especialista en gerencia de proyectos.

Universidad de Antioquia
Facultad de ingeniería, escuela ambiental.

pregrado

Medellín

2022

Cita	(Salas Delgado, 2022)
Referencia	Salas Delgado, J. S. (2022). <i>Revisión y seguimiento al diagnóstico y optimización de redes de acueducto en el circuito Porvenir y urgencia de alcantarillado en el barrio Belalcázar</i> . Medellín. [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Seleccione ciudad UdeA (A-Z).
Estilo APA 7 (2020)	



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

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

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano: Jesús Francisco Vargas Bonilla

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez Loaiza

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.

Contenido	
Resumen	5
Abstract	6
1. Introducción.....	7
2. Objetivos	8
2.1. Objetivo general:	8
2.2. Objetivos específicos	8
3. Marco teórico	8
3.1. Criterios de diseño en el componente de acueducto	9
3.2. Criterios de diseño en proyectos menores de alcantarillado	11
4. Metodología	13
5. Resultados y análisis.....	15
5.1. Generalidades del área de estudio del componente de acueducto.....	15
5.2. Investigación de redes en el circuito Porvenir de asbesto cemento para su diagnóstico.	15
5.2.1. Seguimiento a la investigación de redes de acueducto en circuito Porvenir y los resultados del diagnóstico.	17
5.2.2. Comparación de longitud propuesta a investigación de Asbesto Cemento por EPM y lo encontrado en campo.	20
5.3. Análisis de alternativas de alineamiento, evaluación hidráulica y método constructivo del circuito Porvenir.....	21
5.3.1. Alineamiento y trazado preliminar	21
5.3.2. Evaluación hidráulica en tramos a reponer del circuito Porvenir.	21
5.3.3. Evaluación Matriz Costo-Riesgo-Desempeño circuito Porvenir.	26
5.4. Diseño para la reposición de redes en el circuito Porvenir.	26
5.4.1. Diseño hidráulico Entrega 1 circuito Porvenir.	26
5.4.2. Revisión por parte de interventoría al diseño del proyecto.....	28
6. Conclusiones	36
Referencias	38

TABLAS

Tabla 1. Comparación de criterios de diseño de redes de distribución de agua potable.....	10
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 Porvenir.	20
Tabla 5. Comparación de presiones entre el circuito actual y el propuesto por intervenir	24
Tabla 6. Comparación de Velocidades en la tubería entre el circuito actual y el propuesto por intervenir.	25
Tabla 7. Información para cálculos hidráulicos del circuito Porvenir.	27

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 Porvenir según información suministrada por EPM	16
Ilustración 5. Localización de nichos para el diagnóstico de redes de asbesto cemento Circuito Porvenir	17
Ilustración 6. Redes de Asbesto Cemento por modificar en el Modelo Hidráulico.	22
Ilustración 7. Mapa comparativo de presiones máximas	23
Ilustración 8. Mapa comparativo de presiones mínimas.....	24
Ilustración 9. Redes diseñadas circuito Porvenir, Entrega 1	28
Ilustración 10. Trazado carrera 80	29
Ilustración 11. Detalle válvula con IPID 9421925	30
Ilustración 12. Tramo T15A	30
Ilustración 13. Tramo para ajustar.....	31
Ilustración 14. Tramo T78 y T79.....	31
Ilustración 15. Diseño GPZN-1135	34
Ilustración 16. Alineamiento a borde de la quebrada La Aguadita	34

Fotografías

Fotografía 1. Nicho 1A	18
Fotografía 2. Nicho 4A	18
Fotografía 3. Nicho 4C.....	19
Fotografía 4. Evidencia de la alta velocidad de llegada del flujo al aliviadero	33
Fotografía 5. Personal del área de interventoría y contratista	33
Fotografía 6. Vista 9 de noviembre 2021	35
Fotografía 7. Visita 9 de noviembre 2021.....	35

Resumen

En vista de la múltiple evidencia del riesgo cancerígeno que conlleva la manipulación y/o el contacto con el material asbesto cemento , el senado de la república de Colombia sancionó la ley 1969 el 11 de julio de 2019 que prohíbe a partir del 1 de enero del 2021, explotar, producir o comercializar cualquier variedad de asbesto, además de que se debe sustituir cualquier elemento ya elaborado e instalado en este materia. Empresas Públicas de Medellín quien presta el servicio de acueducto y alcantarillado al Valle de Aburra, como operador de estos, dentro de su proceso de planeación y cumplimiento normativo consideró realizar intervenciones sobre la infraestructura existente, para la reposición, optimización y modernización de esta. En virtud de lo anterior, la empresa Aguas nacionales EPM S.A. E.S.P prestó sus servicios de interventoría para el contrato de diagnóstico, diseño, construcción y reposición de Redes de Acueducto y Alcantarillado, acometidas y obras accesorias, donde EPM presta sus servicios, con el fin de garantizar el cumplimiento normativo de los trabajos de reposición de redes de acueducto en material asbesto cemento y optimización de redes de alcantarillado.

El presente informe describe el apoyo a la gestión de la interventoría para la revisión de la información entregada por el contratista UT Redes AC SMA referente a los proyecto de reposición de asbesto cemento en el circuito Porvenir y la atención al requerimiento GPZN-1067, además se mencionan algunas actividades ejecutadas durante el desarrollo de la etapa de prácticas académicas y los resultados de aprobaciones y/o devoluciones de la información de diseño o fases previas a este, según fueran necesarias

Palabras clave: Acueducto, alcantarillado, optimización, reposición, asbesto-cemento, cancerígeno

Abstract

Due to the multiple evidence of the carcinogenic risk that handling contact with asbestos-cement material entails, the Senate of the Republic of Colombia sanctioned Law 1969 on July 11, 2019, which prohibits as of January 1, 2021, exploit, produce or market any variety of asbestos, in addition to the fact that any element already made and installed in this matter must be replaced. Empresas Públicas de Medellín, which provides the aqueduct and sewage service to Valle de Aburra, as operator of these, within its planning process and regulatory compliance, considers carrying out interventions on the existing infrastructure, for its replacement, optimization, and modernization. By virtue of the foregoing, the company Aguas Nacionales EPM will provide its inspection services for the diagnosis, design, construction and replacement contract for Aqueduct and Sewerage systems, connections, and ancillary works, where EPM provides its services, to guarantee regulatory compliance for the replacement works of aqueduct system in asbestos-cement material and optimization of sewage system.

This report describes the support for the management of the auditing for the review of the information provided by the contractor UT Redes AC SMA regarding the asbestos cement replacement project in the Porvenir circuit and the attention to the GPZN-1067 requirement, in addition to They mention some activities carried out during the development of the academic internship stage and the results of approvals and/or returns of the design information or phases prior to it, as necessary.

Keywords: aqueduct, sewage, optimization, replacement, asbestos-cement, carcinogenic

1. Introducción

El asbesto es un grupo de minerales no metálicos fibrosos, compuestos de silicatos de doble cadena que poseen gran resistencia a la tensión y la degradación química y conductividad térmica baja. A pesar de la evidencia experimental y poblacional de que dichos minerales son agentes cancerígenos y de su reconocimiento como tales por la Organización Mundial de la Salud, aún se los sigue usando en muchos países, Colombia incluida. (National Cancer Institute EE.UU, 2017)

Es posible que las personas estén expuestas al asbesto en su trabajo, si los productos que contienen asbesto se sacuden, fibras pequeñas de asbesto se desprenden en el aire. Cuando se inhalan las fibras de asbesto, es posible que se alojen en los pulmones y que permanezcan ahí por mucho tiempo. Con el tiempo, las fibras pueden acumularse y causar cicatrices e inflamación, lo cual puede dificultar la respiración y llevar a serios problemas de salud. (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2016)

En vista de esto, el senado de la república de Colombia y en virtud de preservar la vida, la salud y el ambiente de los colombianos frente a los riesgos que representa la exposición al Asbesto sancionó la ley 1969 el 11 de julio de 2019 que prohíbe a partir del 1 de enero del 2021, explotar, producir o comercializar cualquier variedad de asbesto, además de que se debe sustituir cualquier elemento ya elaborado e instalado en este material. (Departamento Administrativo de la Presidencia de la República, 2019).

Empresas Públicas de Medellín (EPM) presta el servicio de acueducto y alcantarillado al Valle de Aburra, como operador de estos, dentro de su proceso de planeación y cumplimiento normativo considera realizar intervenciones sobre la infraestructura existente, para la reposición, optimización y modernización de esta, de tal forma que se garantice 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 Aburra, Valle de San Nicolás y Rionegro (EPM Empresas Públicas de Medellín), garantizando el cumplimiento de esto se requiere ejecutar los diseños y la construcción de redes primarias y secundarias de acueducto, además de redes de recolección y transporte de alcantarillado, las obras de construcción y diseño estarán encargadas por 4 contratistas; UT Redes AC SMA, UT Consorcio redes 2020, SANEAR y C&C GAAL, la interventoría técnica, administrativa, ambiental y social será ejecutada por Aguas Nacionales EPM S.A. E.S.P.

En el alcance debe tenerse en cuenta lo definido en la resolución 0330 del 08 de junio del 2017, Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y saneamiento Básico, para las actividades asociadas al objeto del contrato, el diagnóstico, diseño, construcción y reposición de redes de acueducto y alcantarillado, acometidas y obras accesorias, donde EPM presta sus servicios.

En este trabajo se propondrá ejecutar la labor de apoyo a la interventoría, supervisando actividades de campo dentro de los objetos y plazos del contrato de interventoría, apoyando las revisiones a los diferentes entregables del contratista como: evaluaciones, chequeos, despieces, presupuestos, informes, anexos, especificaciones técnicas, planos y modelaciones hidráulicas de diseños.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general:

Evaluar y revisar el diseño y optimización de redes de acueducto en Asbesto Cemento del circuito Porvenir y redes de alcantarillado del requerimiento GPZN-1067 barrio Belalcázar

2.2. Objetivos específicos

- Apoyar a la interventoría en el análisis de la información e investigación realizada previamente por EPM para la identificación de las redes en material asbesto cemento y los antecedentes de requerimientos de alcantarillado.
- Hacer seguimiento a las actividades del contratista para la ejecución de las etapas evaluadas en el contrato; diagnóstico, alternativas, diseño y construcción.
- Apoyar en el proceso comparativo de metodologías de cálculo y/o valores identificados de chequeos, despieces, presupuestos, especificaciones técnicas, planos y modelaciones hidráulicas de diseños, verificando la aplicación, por parte del contratista, de las normas del sector para diseño de redes de acueducto y alcantarillado.
- Recomendar y realizar observaciones según criterio de los ingenieros de interventoría a los diseños planteados por el contratista.
- Apoyar en la revisión de la información suministrada para el diseño de la optimización de un aliviadero, verificando que cumpla con las especificaciones presentadas en las normas de diseño de alcantarillado de EPM

3. Marco teórico

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 del componente de acueducto 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, respecto al componente alcantarillado, se inicia con un requerimiento a EPM, desde la comunidad, donde se indica una problemática, el contratista realiza la Revisión de Capacidad Hidráulica (R.C.H) y posterior a esto se inicia el diseño para la solución del requerimiento.

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 diseños se realicen de acuerdo con lo establecido en los pliegos de condiciones y las particularidades que se tengan, (EPM, Empresas Públicas de Medellín, s.f.).

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 con el 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 presentes en el terreno estén referenciados 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 abalada por la interventoría para proceder con el correcto trazado de diseño.
- EPM suministrara los modelos hidráulicos actuales de los circuitos de cada grupo de contratación en software Water GEMS.
- Las redes en acueducto a cambiar se deben diseñar con material de polietileno en los respectivos diámetros comerciales.
- Para las redes mayores de 300mm de diámetro interno, se deben considerar paralelas de mínimo 75mm, 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 EPASWMM.
- 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.

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 uno 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.

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"> • El modelo matemático se realiza con la ecuación de Darcy Weisbach y Colebrook- White. • El modelo suministrado contiene; curvas de consumo, las demandas basadas en clientes, cotas del tanque, coeficientes de rugosidad, calidad del agua y presiones. 	<ul style="list-style-type: none"> • El modelo matemático debe utilizar el método del gradiente. • Debe modelarse con periodo extendido y con frecuencia horaria. • Calibrar con valores de presión, caudal y niveles de tanque.
LOCALIZACIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Tuberías en alineamiento de alto flujo vehicular profundidad a la cota clave mínima de 1m. • Si la tubería es necesario colocarla entre 0,60m y 1m de profundidad se debe hacer análisis estructural. • La profundidad máxima a la cota clave es de 1,50m. • Si se tienen alineamientos por pasos peatonales la profundidad mínima es de 0,60m. • Si se tienen cruces de quebradas, ríos o canales se deben diseñar estructuras especiales. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tuberías menores o iguales a 12" (300 mm) deben estar separadas de los paramentos a una distancia horizontal mínima de 0,50 m. • Tuberías mayores de 12"(300 mm) deberán ir por calzadas y tener un corredor libre de mantenimiento de mínimo 1 m lado a lado. • La tubería de achucuto no deben estar ubicadas en la misma zanja de las tuberías de alcantarillado. • La distancia mínima entre tuberías de acueducto y alcantarillado, en dirección horizontal 1 m y 0.30 m en la dirección vertical. • Las profundidades mínimas a cota clave de la tubería de acueducto es de 1 m en la zona urbana y rural.
PRESIONES DE SERVICIO MÍNIMAS EN LA RED DE DISTRIBUCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • La presión dinámica en la red de distribución no debe superar de 65 m.c.a. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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.
VELOCIDAD EN LAS TUBERÍAS DE DISTRIBUCIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • 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. 	
PENDIENTES MÍNIMAS DE LAS TUBERÍAS	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando el aire acumulado tiende a circular en el sentido del flujo del agua, pendiente mínima de 0,04%. • Cuando el aire fluye en el sentido contrario del flujo del 	

CRITERIOS TÉCNICOS	NORMAS DE DISEÑO Y VERIFICACIÓN	
	NORMA DE DISEÑO DE ACUEDUCTO EPM	RESOLUCIÓN 0330 DEL 2017
	agua, pendiente mínima debe estar entre 0,1% y 0,15%.	

Fuente: ((EPM) Empresas Públicas de Medellín) (Ministerio de Vivienda, 2017)

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 para tener en cuenta en ambos componentes acueducto y alcantarillado:

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

CRITERIOS TÉCNICOS	NORMAS DE DISEÑO Y VERIFICACIÓN	
	NORMA DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO EPM	RESOLUCIÓN 0330 DEL 2017
LOCALIZACIÓN DE REDES DE ALCANTARILLADO	<ul style="list-style-type: none"> La profundidad mínima a la cota clave de las tuberías es de 1,2 m, para conexiones domiciliarias de una pendiente mínima del 2%. 	<ul style="list-style-type: none"> 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.
DIÁMETRO INTERNO MÍNIMO PERMITIDO	<ul style="list-style-type: none"> 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. 	<ul style="list-style-type: none"> 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.
VELOCIDAD MÁXIMA Y MÍNIMA	<ul style="list-style-type: none"> 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. La velocidad mínima en los alcantarillados es de 0,45 m/s. 	<ul style="list-style-type: none"> La velocidad máxima en los alcantarillados por gravedad no debe sobrepasar los 5,0 m/s.
RELACIÓN MÁXIMA DE PROFUNDIDAD Y DIÁMETRO DE LA TUBERÍA (Y/D)	<ul style="list-style-type: none"> Se establece que para tuberías con diámetros internos menores de 500 mm el valor de la relación máxima de la profundidad del flujo 	<ul style="list-style-type: none"> La relación máxima de la profundidad del flujo y el diámetro de la tubería del alcantarillado es de un máximo

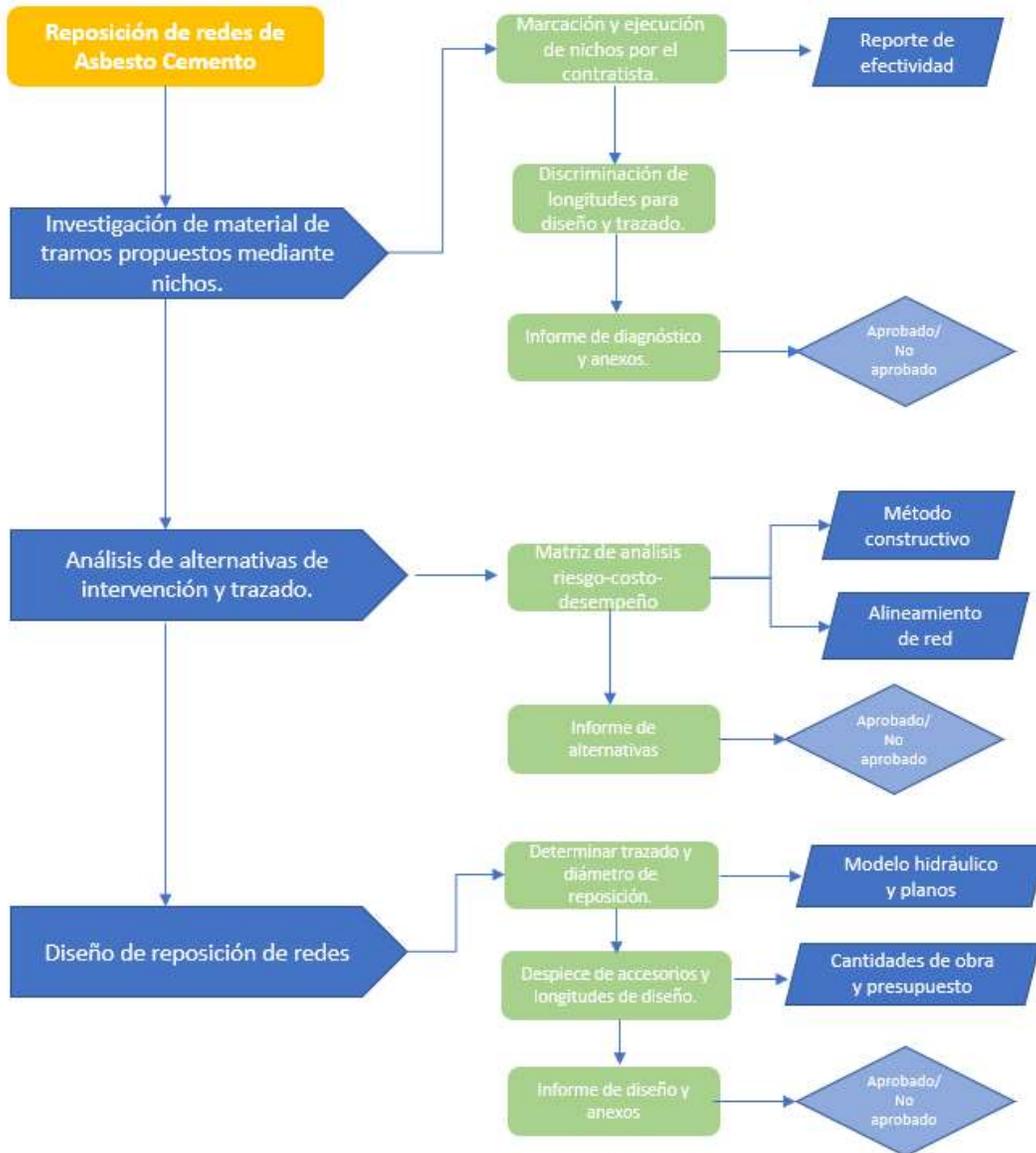
CRITERIOS TÉCNICOS	NORMAS DE DISEÑO Y VERIFICACIÓN	
	NORMA DE DISEÑO DE ALCANTARILLADO EPM	RESOLUCIÓN 0330 DEL 2017
	y el diámetro debe ser menor de 0,70, para diámetros internos entre 500 y 1 000 mm el valor de y/d debe ser menor de 0,80, y para diámetros mayores de 1 000 mm el valor de y/d debe ser menor de 0,85.	permisible de 93% con el caudal de diseño a flujo lleno. <ul style="list-style-type: none"> • 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.
ESFUERZO CORTANTE O FUERZA TRACTIVA	<ul style="list-style-type: none"> • 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/m². 	<ul style="list-style-type: none"> • La velocidad mínima real permitida en el colector de alcantarillado sanitario es aquella que genere un esfuerzo cortante e • n la pared de la tubería mínimo de 1,0 N/m².
ANCLAJES POR PENDIENTE EN TUBERÍAS DE ALCANTARILLADO	<ul style="list-style-type: none"> • 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. 	

Fuente: (E.P.M. Empresas Públicas de Medellín. E. S., 2013) (Ministerio de Vivienda, 2017)

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, en las ilustraciones 1 y 2 se muestran los diagramas de flujo que representan las actividades del contratista para la elaboración del diseño de los componentes de acueducto y alcantarillado de este contrato:

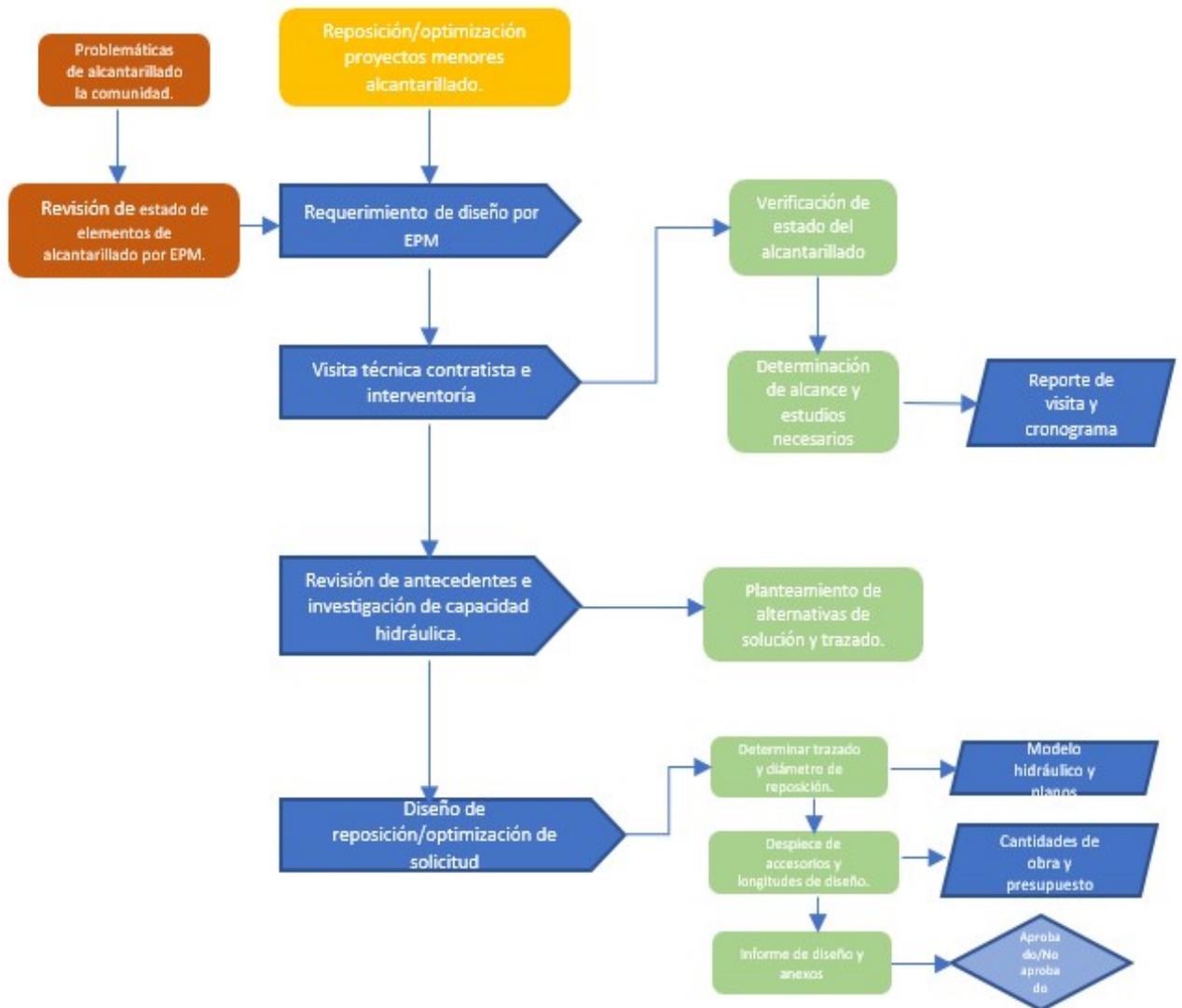
Ilustración 1. Metodología de diseño para la reposición de redes.



Fuente: Elaboración propia.

Es importante aclarar que, las solicitudes de proyectos menores de alcantarillado surgen de quejas presentadas por la comunidad por tal motivo el procedimiento para la atención, dada su complejidad, necesita ser evaluado desde un enfoque de diseño técnico para sortear las dificultades, como se muestra en la siguiente ilustración:

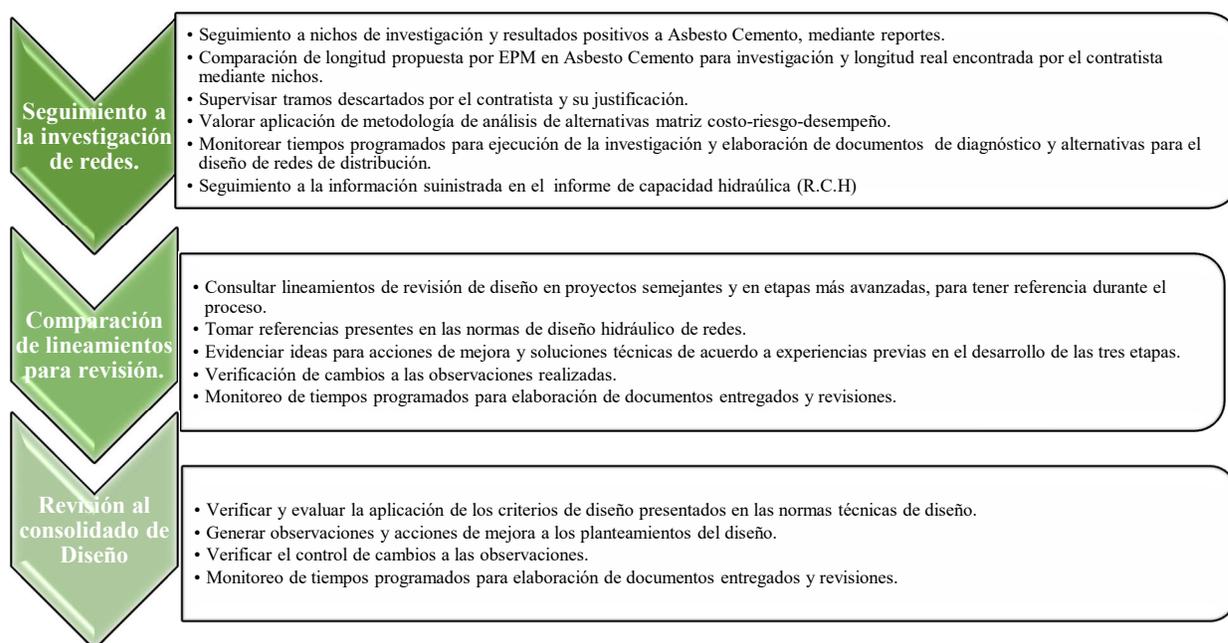
Ilustración 2. Metodología de diseño para un proyecto menor de alcantarillado.



Fuente: Elaboración propia.

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 la siguiente ilustración, 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.



Fuente: Elaboración propia.

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.

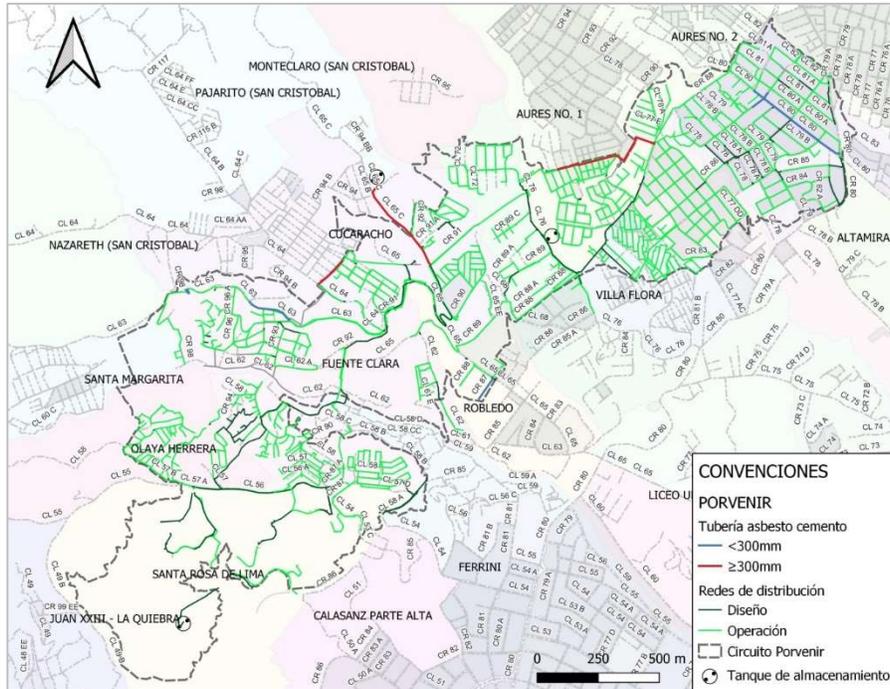
La cobertura de área del circuito Porvenir es de 277.1 ha, presta servicio de acueducto a doce (12) barrios; El Diamante, Bello Horizonte, Aures 1, Villa Flora, Palenque, Cucaracho, Robledo, Fuente Clara, Blanquizal, Olaya Herrera y Santa Rosa de Lima, con 20.992 clientes al año 2021.

5.2. Investigación de redes en el circuito Porvenir de asbesto cemento para su diagnóstico.

Empresas Públicas de Medellín suministró información al contratista UT Redes AC SMA el 14 de enero del 2021, la información engloba un listado de 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 visitas de ubicación y marcación de nichos de investigación.

Ilustración 4. Circuito Porvenir según información suministrada por EPM

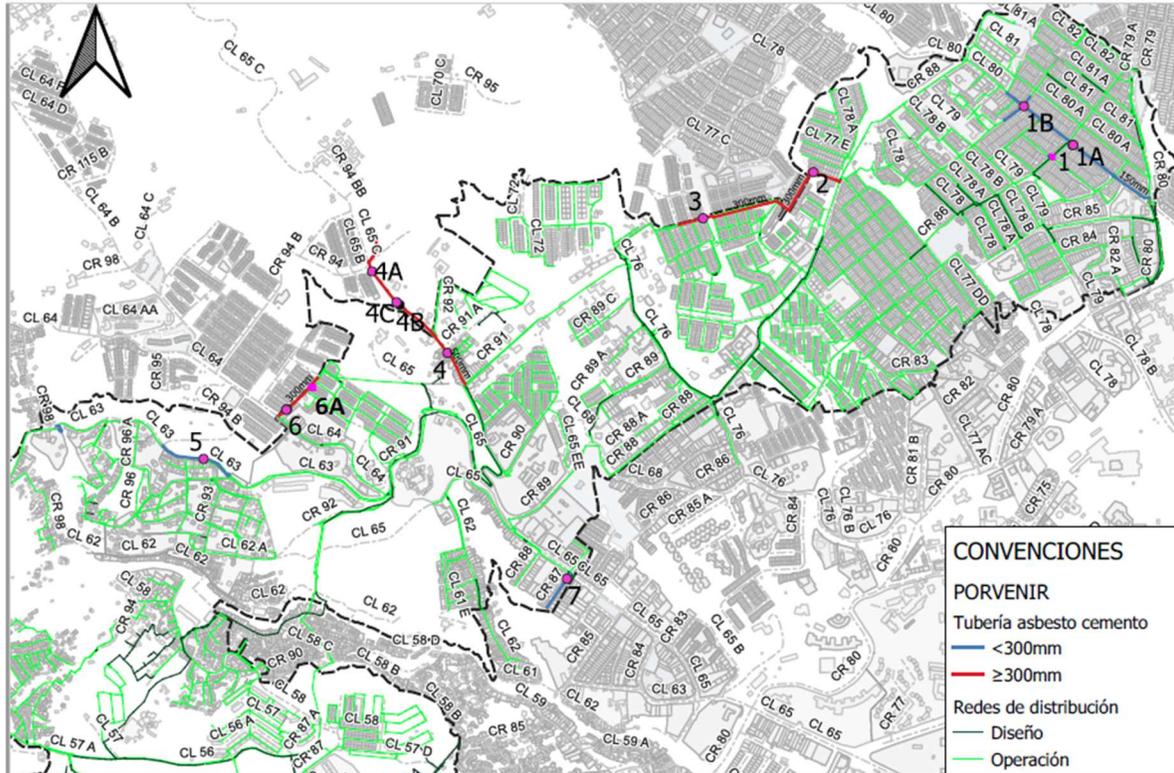


Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

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.

Durante la etapa de diagnóstico se realizaron en total 13 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 de asbesto cemento Circuito Porvenir



Fuente: (UT redes AC SMA, 2021).

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

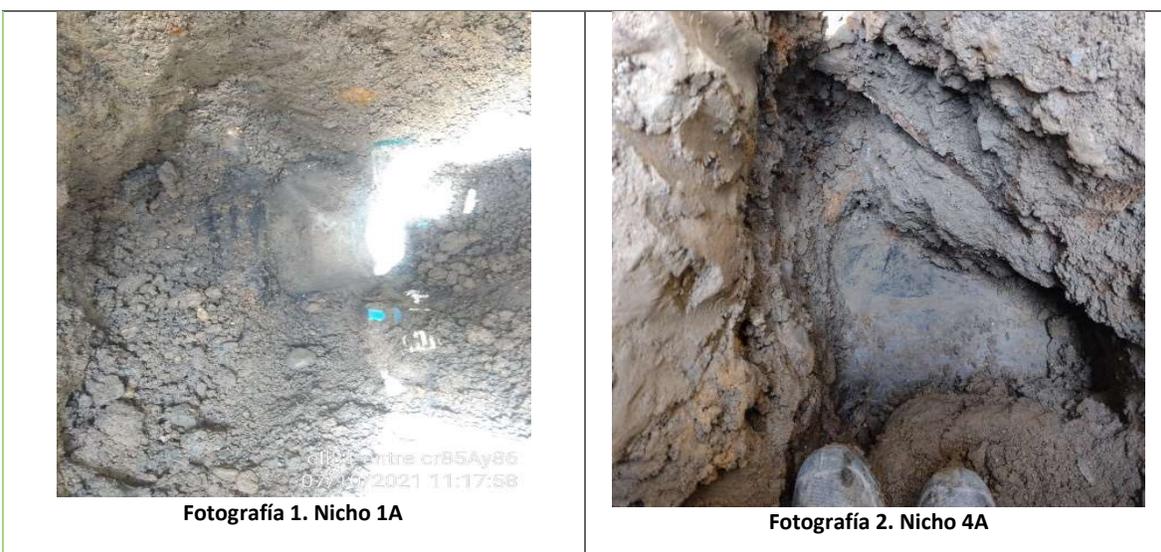
Como se mencionó anteriormente el contratista recopiló información de cada nicho ejecutado esta se consolidó en el “Reporte Nichos de Investigación” el cual se anexa a la entrega de diagnóstico del circuito en el que se establece los tramos que pasan a las etapas de alternativas y diseño, además de la longitud correspondiente. La etapa de diagnóstico de este circuito ha tenido dos entregas la primera fue realizada el 19 de octubre del 2021 por el contratista, donde se realizó apoyo en la revisión del registro fotográfico de nichos y de la información contemplada en el informe. Como resultado de esta revisión se compilaron algunas observaciones, la mayoría de forma, y las siguientes que son relevantes para la calidad de las fases posteriores al diagnóstico:

- No se usó nomenclatura Vault para el nombre de los anexos e informes
- En los reportes de nichos ejecutados se encontró que las fotografías de los nichos 1A, 4A y 4C no son claras lo cual no permite evidenciar que el material encontrado fuera asbesto cemento.
- para el mensaje escrito por el contratista *“tramos con IPID: 2682034, 9938761 Y 9472464, Estos tramos salen del tanque de distribución del circuito Porvenir, los dos primeros en 600mm (IPID 2682034 y 9938761) y el tercero en 500mm (IPID 9472464). Para ejecutar un nicho de investigación para verificar estos tramos, se requiere un permiso especial, puesto que está en el predio de la UVA Los Guayacanes. Sin embargo, se pudo verificar visualmente el material de la tubería en una caja de válvula localizada a la salida del tanque, verificando que el material de la tubería no es Asbesto Cemento, sino acero.”* (UT redes AC SMA, 2021). Se le recomienda al

contratista realizar el nicho de verificación, pues si bien se verifica visualmente que la tubería no es asbesto cemento, este material pudo ser cambiado justo para la válvula y no es garantía de la reposición completa de los tramos.

Estas observaciones fueron enviadas al contratista el día 7 de enero del 2022, mediante correo electrónico

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 MDA¹ 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 los nichos que no cumplen con la calidad esperada.



Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

¹ Modelo Digital de Aguas



Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

La ficha clave como evidencia del material es el registro fotográfico que presenta el contratista, este 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 esta es ambigua o de mala calidad como se muestra en las fotografías 1, 2 y 3, entonces 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 300m 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

Consolidado de nichos	Cantidad
Total nichos marcados inicialmente	7
Nichos ejecutados	13
Nichos donde se encontró tubería de Asbesto Cemento	7
Nichos donde se encontró tubería de otros materiales	3
Nichos no efectivos (no se encontró ninguna tubería)	3

Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

De los 13 nichos ejecutados solo el 53,84% de ellos resultaron positivos para asbesto cemento, 23,07% resultó en tuberías de otros materiales y 23,07% no se encontró ninguna tubería.

La segunda entrega fue enviada por el contratista el 12 de enero del 2022, en esta segunda versión se atienden las observaciones realizadas al informe de la primera entrega de la siguiente forma:

- para la observación relacionada a la utilización del estándar Vault, el contratista nombró las carpetas y archivos con este estándar, dando solución al requerimiento
- relacionado con los tramos con IPID 2682034, 9938761 Y 9472464, el contratista informa que se realizará investigación de estos con el objeto de dejar certeza frente al material de las tuberías.
- Respecto al registro fotográfico de los nichos 1A, 4A y 4C, el contratista manifiesta que no cuenta con un registro fotográfico más detallado y los nichos ya fueron cerrados. Para dar solución a esta observación, el contratista y la interventoría llegaron al acuerdo de avanzar con la revisión de este entregable y los demás, pero cuando se vaya a ejecutar la obra, el contratista deberá realizar nuevamente nichos de investigación en los 3 puntos de interés para proporcionar una evidencia fotográfica satisfactoria.

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 40 tramos equivalentes a 1897,56 m reportados en asbesto cemento por EPM, mediante nichos de investigación y verificación de estado en las bases de datos, reponer 34 tramos equivalentes a 1634,52m correspondiente al 86,14% de tubería efectiva para asbesto cemento, excluyendo 6 tramos equivalentes a 263,04 m de acuerdo con las siguientes condiciones:

- Se identificó un material diferente a asbesto cemento en la ejecución de nichos, esto se presentó en el nicho número 4, 6A y 7, esta información fue revisada por la interventoría mediante el registro fotográfico entregado por el contratista, encontrando concordancia entre lo informado y las fotos.

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 Porvenir.

Información de referencia	Característica	No. de tramos	Longitud de tubería (m)
Base de datos EPM	Asbesto Cemento D<300 mm	23	840,47
	Asbesto Cemento D=>300 mm	17	1056,69
	Total Asbesto Cemento	40	1897,56
	Asbesto D<300 mm	21	740,19
	Asbesto D=>300 mm	13	894,33

Información de referencia	de	Característica	No. de tramos	Longitud de tubería (m)
Resultado diagnóstico	del	Total asbesto	34	1634,52

Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

La interventoría aprueba y emite oficio de aprobación de la etapa de diagnóstico el día 2 de marzo del 2022.

5.3. Análisis de alternativas de alineamiento, evaluación hidráulica y método constructivo del circuito Porvenir.

El contratista realizó el análisis de alternativas siguiendo directrices de EPM e interventoría, normatividad vigente, ítems precisables 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 contratista planteó la definición del alineamiento, la evaluación hidráulica del cambio de tubería (material y diámetro), y la evaluación y selección del método constructivo óptimo para los tramos a reponer, todo esto basado en las directrices de EPM y las normas vigentes, para este circuito se presentaron las siguientes consideraciones:

- **TRAMOS CON IPID 2641207 Y 2641181:** Tras análisis hechos por el contratista, se evidenció que los tramos identificados con IPID 2641207 y 2641181 deben descartarse en esta etapa de alternativas, puesto que no se cuenta con una vía o bocacalle a la que se abastezca mediante estos tramos de asbesto cemento.

Con lo anterior se deduce que para la etapa de diseño del circuito Porvenir pasan 32 de los 34 tramos mencionados en la etapa de diagnóstico para una longitud total de 1600,88 metros para la fase de diseño.

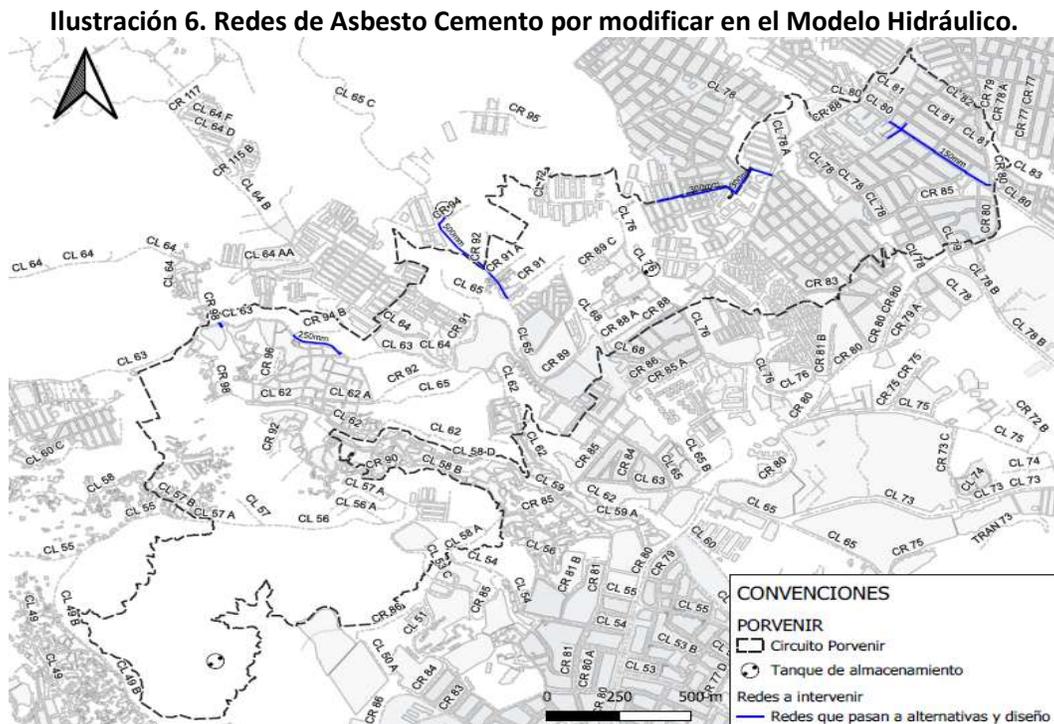
5.3.2. Evaluación hidráulica en tramos a reponer del circuito Porvenir.

El contratista analiza el modelo hidráulico proporcionado por EPM cambiando el material de asbesto cemento a polietileno en los 40 tramos inicialmente propuestos con material asbesto cemento, esto quiere decir que para la modelación se modificó el coeficiente de rugosidad $K_s = 0,0015$ mm y el diámetro interno.

Para proceder con la evaluación hidráulica, el contratista realiza diferentes modelaciones con los escenarios hidráulicos suministrados por EPM, esto con el fin de garantizar el cumplimiento de la normatividad durante el tiempo de vida útil de los materiales, sin embargo, en la primera entrega realizada por el contratista el 19 de octubre del 2021, solo tomaron en cuenta el escenario base, bajo la justificación de que en los documentos compartidos por EPM solo se encontraba este. Se brindo el apoyo en la respuesta a este comentario y se le explicó al contratista que esta modelación con escenarios futuros es necesaria y sí los modelos hidráulicos no se encontraban en los archivos compartidos por EPM debió ser solicitada a la interventoría con anterioridad, por tal motivo no es justificación válida y debe emitirse una nueva versión de este entregable con el análisis de los modelos proyectados. Esta observación fue enviada mediante correo electrónico el 7 de enero del 2022.

El contratista entregó la versión 2 de las alternativas para este proyecto el 12 de enero del 2022, en esta fue subsanada la inconformidad respecto a los modelos actualizados. De la modelación realizada con los diferentes escenarios se obtuvo la siguiente información.

En la ilustración número 8 se presenta el esquema de tramos a reponer para el circuito porvenir presentadas en el modelo hidráulico.

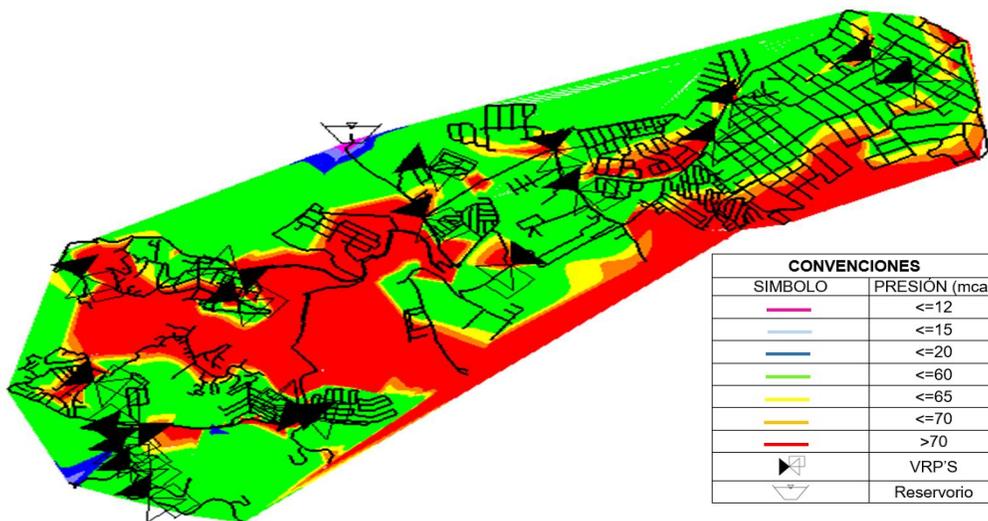


Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

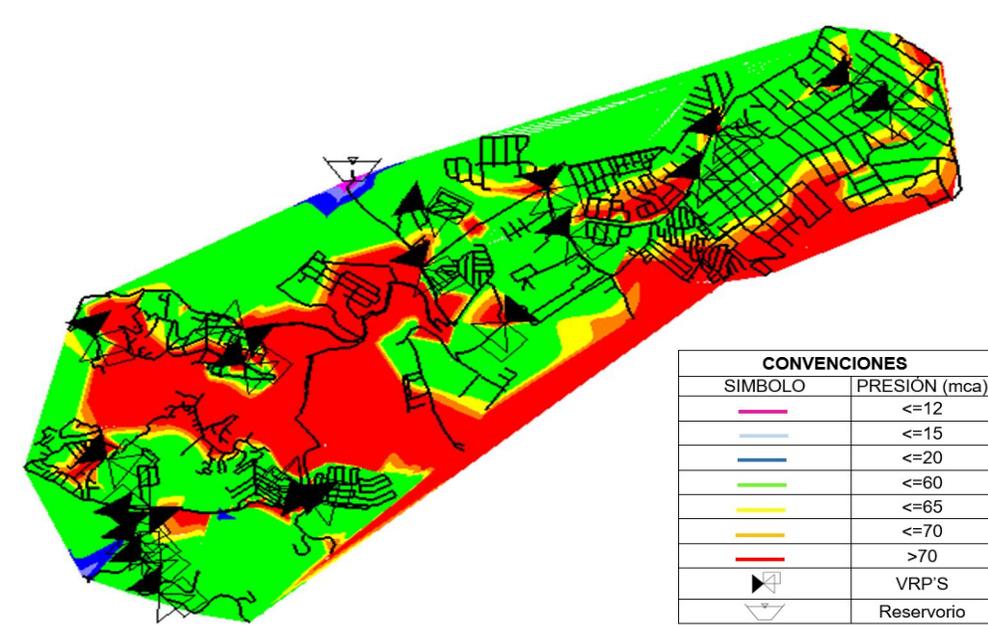
En las ilustraciones 9 y 10 se muestran los gráficos de presión máxima y mínima del circuito Porvenir en dos condiciones, con y sin reposición. Como se puede observar, estas presiones no cambian mucho en ambas condiciones manteniendo aproximadamente el mismo porcentaje, adicionalmente comparando las dos ilustraciones mencionadas anteriormente, se identifica que en las zonas del circuito en donde se ubican los tramos a reponer las presiones se mantiene menores o iguales a 60 m.c.a en ambos escenarios por lo que el modelo hidráulico cumple con los criterios de diseño. En la tabla 5 se presentan los valores de presión máxima y mínima en las condiciones mencionadas anteriormente y en las que se puede notar más claramente los resultados.

Ilustración 7. Mapa comparativo de presiones máximas

Condición 2050

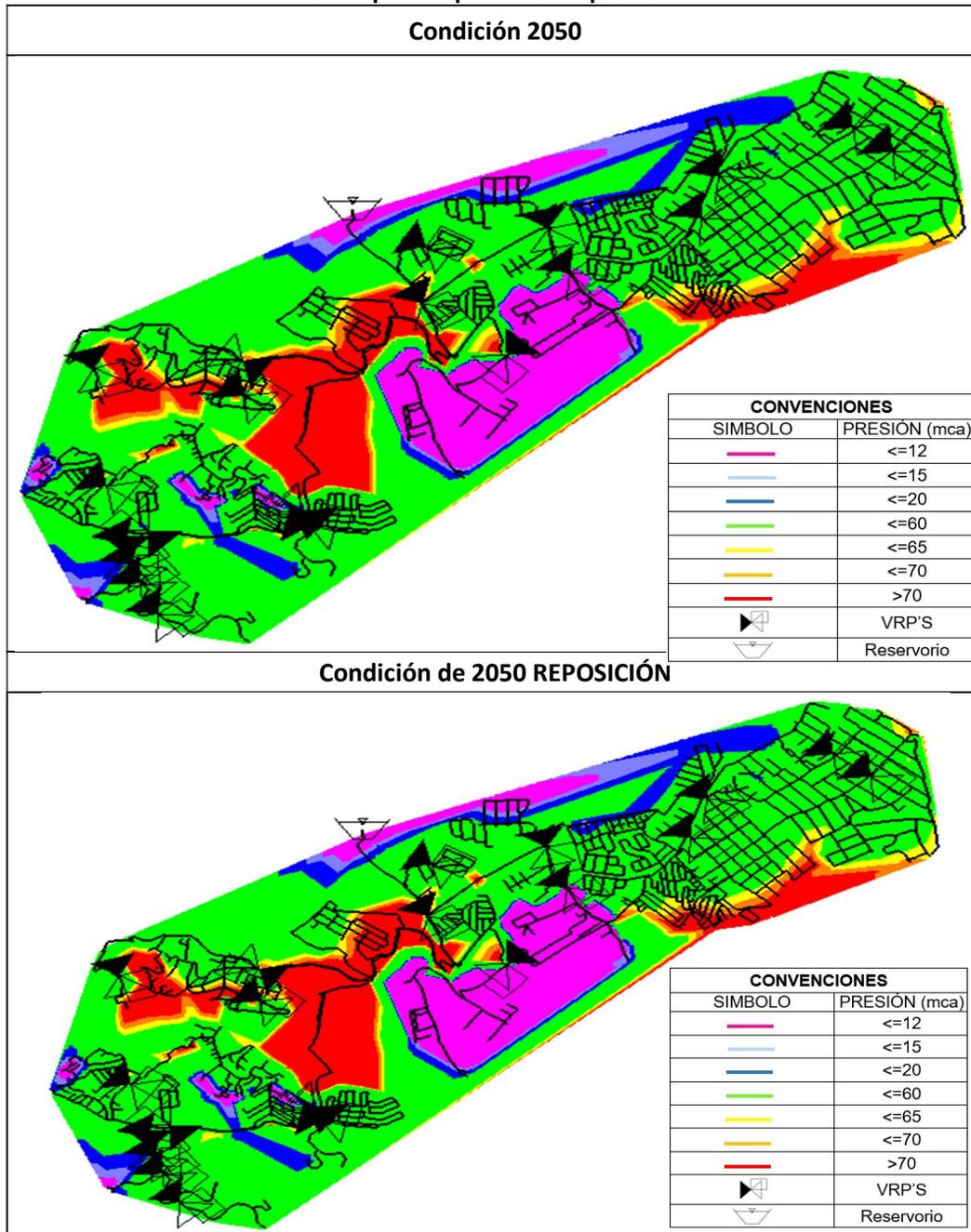


Condición 2050 REPOSICIÓN



Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

Ilustración 8. Mapa comparativo de presiones mínimas.



Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

Tabla 5. Comparación de presiones entre el circuito actual y el propuesto por intervenir

Escenario Base	Presión máxima				Presión mínima			
	2050		2050 REPOSICIÓN		2050		2050 REPOSICIÓN	
Rango (mca)	# nodos	%	# nodos	%	# nodos	%	# nodos	%
<12	3	0,1%	3	0,1%	214	7,0%	214	7,0%

Escenario Base	Presión máxima				Presión mínima			
	2050		2050 REPOSICIÓN		2050		2050 REPOSICIÓN	
12 a 15	3	0,1%	3	0,1%	18	0,6%	19	0,6%
16 a 20	7	0,2%	7	0,2%	85	2,8%	80	2,6%
21 a 60	1647	54,2%	1647	54,2%	1985	65,3%	1988	65,4%
61 a 65	240	7,9%	240	7,9%	148	4,9%	146	4,8%
66 a 70	209	6,9%	209	6,9%	93	3,1%	94	3,1%
>70	929	30,6%	929	30,6%	495	16,3%	497	16,4%
Total (# nodos)	3.038		3.038		3.038		3.038	
Nodo P máxima (mca)	188,95		188,98		177,58		177,78	
Nodo P mínima (mca)	7,96		7,96		-39,38		-39,37	
P promedio en los nodos (mca)	62,11		62,12		47,39		47,45	

Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

Del modelo hidráulico también se extraen valores como la velocidad, cuyos resultados, plasmados en la tabla 6, no superan los 2,5 m/s máximos permitidos y las pérdidas unitarias las cuales se mantienen por debajo de los 10 m/km

Tabla 6. Comparación de Velocidades en la tubería entre el circuito actual y el propuesto por intervenir.

Escenario Base	Velocidad máxima				Velocidad mínima			
	2050		2050 REPOSICIÓN		2050		2050 REPOSICIÓN	
Rango (m/s)	# tramos	%	# tramos	%	# tramos	%	# tramos	%
<0,5	2709	80,8%	2703	80,7%	3286	98,1%	3285	98,0%
0,5 a 2,5	618	18,4%	624	18,6%	65	1,9%	66	2,0%
>2,5	24	0,7%	24	0,7%	0	0,0%	0	0,0%
Total (# tramos)	3.351		3.351		3.351		3.351	
Tramo Vel Max (m/s)	6,48		6,48		1,84		1,84	
Tramo Vel Min (m/s)	0,00		0,00		0,00		0,00	
Vel promedio tramos (m/s)	0,28		0,28		0,08		0,08	

Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

5.3.3. Evaluación Matriz Costo-Riesgo-Desempeño circuito Porvenir.

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 (UT redes AC SMA, 2021).

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 19 de octubre del 2021 por el contratista se tiene como resultado que todos los tramos por intervenir se pueden realizar mediante método convencional a zanja abierta, toda esta información fue revisada por la interventoría y no suscito observación alguna.

Después de revisar los diferentes aspectos relevantes en la propuesta de alternativas, la interventoría envió observaciones al contratista el día 7 de enero del 2022, las cuales se pueden resumir en: realizar las simulaciones con los modelos hidráulicos a futuro y cuestiones de forma del informe, los ajustes correspondientes fueron entregados con el contratista el día 12 de enero del 2022, estos fueron revisada por el área de diseño de interventoría y aprobados el día 2 de marzo del 2022.

5.4. Diseño para la reposición de redes en el circuito Porvenir.

Para la etapa de diseño de este proyecto, se conceptuó desde la programación inicial dividirlo en dos entregas, la primera entrega contaría con las redes a intervenir con diámetros nominales menores a 300mm, la segunda se encargaría del diseño de las redes mayores o iguales a 300mm

5.4.1. Diseño hidráulico Entrega 1 circuito Porvenir.

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 ANC², 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.

² Agua no contabilizada

Tabla 7. Información para cálculos hidráulicos del circuito Porvenir.

Concepto	2021	2030	2040	2050
ANC	39%	37%	35%	34%
Dotación Neta (m ³ /mes)	10,5	9,9	10,1	10,0
Clientes	20.992	22.151	28.006	30.470
Consumo total (L/s)	85,2	84,3	109,3	117,1
Suministro	139	133	169	178

Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

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. En la primera entrega del diseño de este proyecto, realizada el día 12 de noviembre del 2021 por el contratista realizaron los cálculos de los parámetros; presiones, velocidades y pérdida, evaluando solo el escenario base, pues según el contratista, era la única información que había en los archivos compartidos desde EPM. Al igual que como se hizo en las etapas de alternativas, la interventoría no avaló esta justificación, aludiendo a que se pudo solicitar los modelos hidráulicos actualizados con antelación a la entrega del diseño. La interventoría compartió los modelos hidráulicos actualizados y dejó como observación la inclusión en el informe de diseño, los resultados obtenidos con la nueva información suministrada

En el diseño 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.

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.

Tabla 8. Resumen de las redes diseñadas para el circuito Porvenir, Entrega 1.

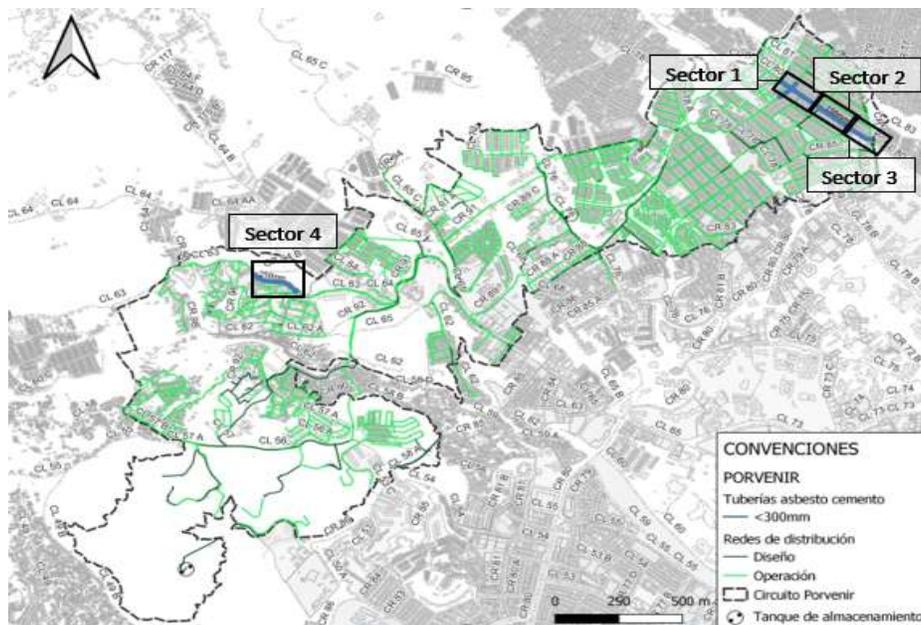
Diámetro de la tubería PEAD PN 16(mm)	No. de tramos	Longitud redes (m)
90 mm	22	103,07
125 mm	7	11,15
180 mm	42	457,42
250 mm	6	3,98
315 mm	9	185,21
Total	86	760,83

Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

Para la manipulación, corte, transporte y disposición final de asbesto cemento el contratista emplea 3 manuales; Programa para el manejo de materiales y residuos de asbesto cemento, Guía para manejo de materiales de asbesto cemento (UNGRD) y la guía técnica para la gestión ambiental. Residuos de asbestos y de los productos que los contengan Contrato 222 de 2013 (UT redes AC SMA, 2021)

En la ilustración 9 se puede apreciar la división en sectores de los tramos a diseñar.

Ilustración 9. Redes diseñadas circuito Porvenir, Entrega 1



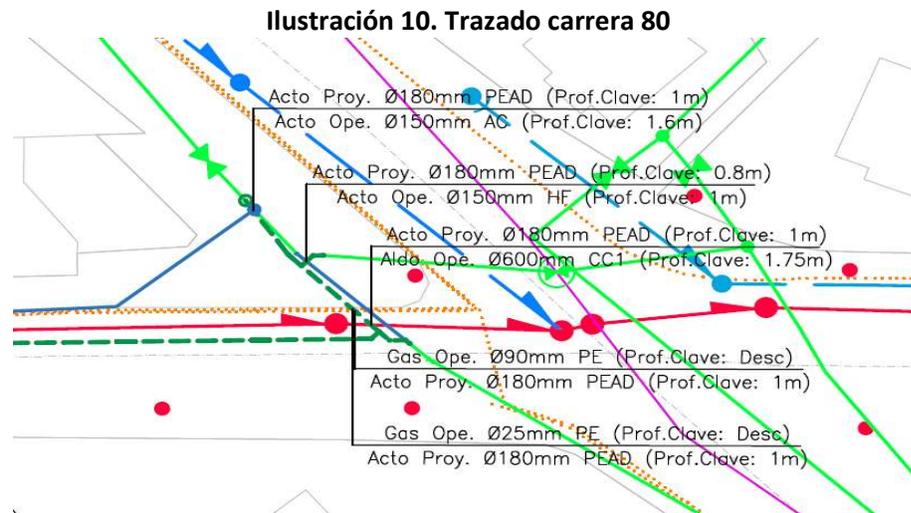
Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

5.4.2. Revisión por parte de interventoría al diseño del proyecto.

Para la revisión del diseño propuesto por el contratista, la interventoría verificó que los diseño cumplieran con la norma de EPM para el diseño de redes de acueducto, algunos de los parámetros

más importantes se plasmaron en la tabla número 1, además si verificaron cruces, un alineamiento óptimo con la menor cantidad de individuos arbóreos o pavimentos recientes. A continuación se presenta un resumen de las observaciones más relevantes al diseño versión 1 entregado por el contratista el día 12 de noviembre del 2021 de este proyecto.

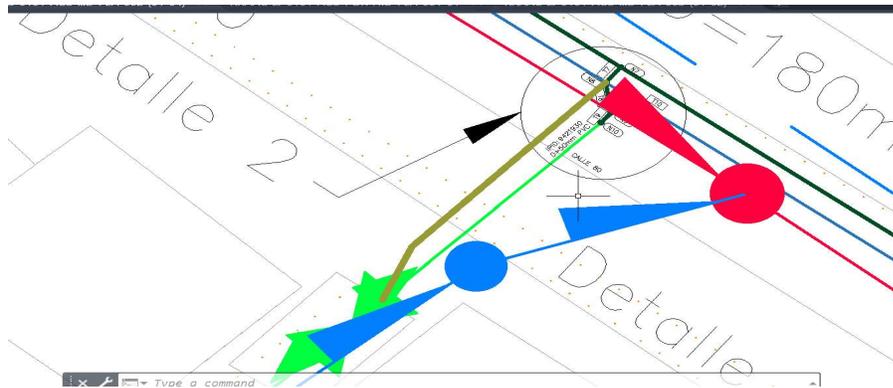
- Se le recomendó al contratista ajustar trazado en carrera 80 con calle 80, ya que existe otro proyecto de EPM y el de reposición de Asbesto Cemento está quedando al lado contrario del empalme, adicionalmente la red está quedando por el andén, donde existen individuos arbóreos. En la ilustración 12, a continuación, se evidencia el trazado de la red en diseño (línea verde discontinua) la cual se trazó sobre el andén.



Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

- El proyecto PBP220PORVENIRDWACU600449, según la base de datos se encuentra en diseño, se debe agregar una nota indicando que el empalme se debe realizar según el estado en el cual se encuentren las redes en la actualidad y se debe socializar con EPM, adicionalmente se debe proponer el cruce de la calle 80, para evitar doble intervención en un corto plazo, sobre esta zona.
- Sabiendo que la válvula con IPID 9421925 es de 75 mm, se sugiere proyectar la red cruzando la vía hasta dicha válvula en 75 mm, ya que se hará la intervención sobre la calle 80. Se debe dejar cruce cumpliendo la normatividad y evitar dos estrangulamientos en menos de 8 metros. En la ilustración 13 se muestra el detalle de la válvula mencionada y la red de acueducto en operación (línea continua verde)

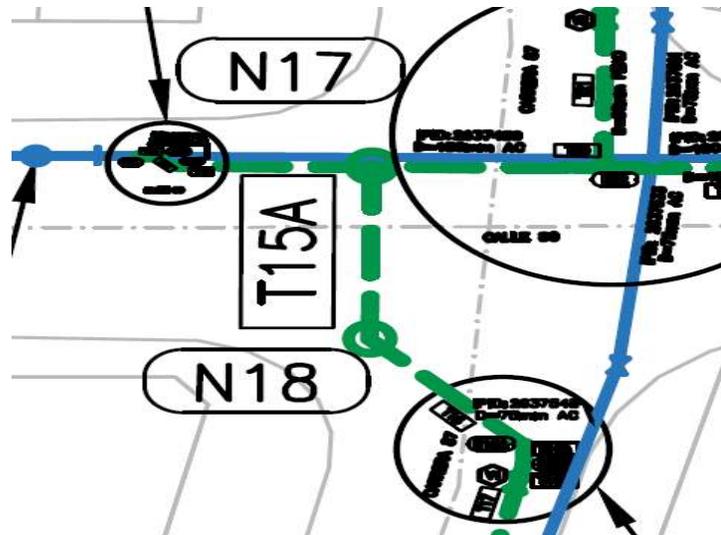
Ilustración 11. Detalle válvula con IPID 9421925



Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

- En la válvula reguladora con IPID 9939165 se evidencia desplazamiento entre lo referenciado topográficamente y lo existente en campo; por lo anterior, se solicita a contratista realizar nichos de investigación desde diseño para trazar la red adecuadamente y dar punto de empalme al ejecutor mediante detalle. Pues como se tiene en la actualidad es como si la red a construir fuera por los andenes.
- Por donde se trazó el tramo T15A se cruza con caja de telecomunicaciones, se debe buscar un trazado sin interferencias. En la ilustración 14 se puede visualizar el trazado del tramo 15A (línea discontinua verde), donde, según geoportal de EPM, se encuentra caja de telecomunicaciones.

Ilustración 12. Tramo T15A



Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

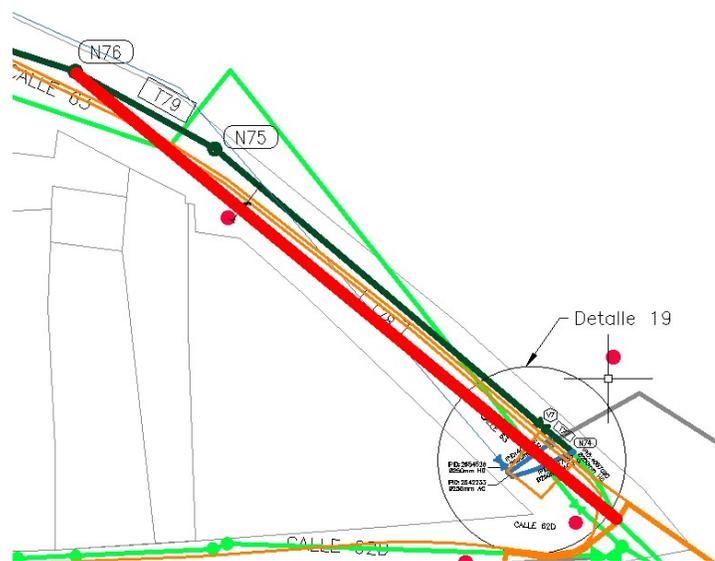
- Desde el nodo N82 se está trazando la red nueva hacia el centro de la vía, esto se puede ver en la ilustración 15 con la línea discontinua verde, aunque es claro que la información del MDA esta desactualizado respecto a la realidad, es recomendable proponer la red por el borde de la vía, en caso de tener dudas sobre el espacio disponible proponer uno o dos nichos para identificar los espacios disponibles, pues estás trazando la red muy centrada y por este sector hay muy pocas redes existentes.



Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

- La ilustración número 15 muestra los tramos T79 y T78 (la línea discontinua verde), bastante centrados a la vía. Se le solicitó al contratista Ajustar el trazado de estos tramos, para no plantearlos tan centrados, adicionalmente se le solicitó conectar a nodo con IPID 4056101, para rectificar el trazado.

Ilustración 14. Tramo T78 y T79



Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

Estas observaciones fueron enviadas al contratista el día 7 de enero del 2022, el contratista trabajó cerca de 2 semanas en sus ajustes y envió las correcciones el día 21 de enero del 2022. Después de revisado el diseño de la entrega 1 versión 2 y habiendo cumplido con los requisitos de aceptabilidad respecto a la normatividad vigente, la interventoría emitió oficio de aprobación del proyecto en su entrega 1 el día 2 de marzo del 2022.

La entrega 2, con redes mayores a 300 mm fue entregada a la interventoría el día 4 de febrero del 2022, aun no se cuenta con una revisión para este entregable, pero se le comunicó al contratista, que la entrega 2 debió ser enviada el 27 de diciembre del 2021.

5.5. Proyecto alcantarillado.

Es clave aclarar que, desde EPM, la nomenclatura para los proyectos de alcantarillado es GPZ y se le adiciona la zona donde está ubicado el requerimiento, siendo posibles la inclusión de las letras N (Norte), S (Sur) y C (Centro), además de un número asignado desde la misma gestión de proyectos de EPM, siendo el caso de estudio de este informe la zona norte, el proyecto fue denominado GPZN-1067, ubicado en el barrio Belalcázar y que tiene como requerimiento el rediseño del aliviadero con código de identificación IPID 9877249 por vertimientos frecuentes de aguas residuales a la quebrada Las Tinajas.

La entrega del informe y anexos de diseño para el GPZN-1067 por parte de UT REDES AC SMA está programada para el día 18 de marzo del 2022, según programación aprobada por interventoría Aguas Nacionales EPM S.A. E.S.P, por tal motivo a la fecha de entrega de este informe no se tiene un avance en la gestión de revisión de diseño para el proyecto, sin embargo se debe recalcar que en común acuerdo entre el contratista y la interventoría el diseño de este proyecto se planeaba adelantar para hacer frente al cumplimiento de las metas físicas y financieras estipuladas en el contrato. Esta idea no pudo ser llevada a cabo por razones que se detallarán más adelante.

El día 21 de octubre del 2021 se realizó visita técnica al sitio de interés, en esta participó la interventoría y el contratista, se pudo identificar que el flujo de aguas en el aliviadero llega con alta velocidad y energía, además que la cota batea de la tubería combinada de llegada al aliviadero se encuentra a una altura considerable por encima del fondo de la cámara, esto hace que el flujo presente una caída parabólica y que parte del mismo choque contra la losa de fondo y rebote por encima del muro vertedero, mientras que otra parte del flujo choque directamente contra dicho muro, ocasionando el vertimiento en tiempo seco. También se observó una descarga importante de aguas residuales proveniente de, posiblemente, la Feria de Ganado.

Durante la visita técnica se encontró un MH con IPID 9292356 que se encuentra conectado, aguas arriba, al aliviadero de interés. Este MH cuenta con tapa de seguridad y medidor digital de caudal. según criterio del contratista es de vital importancia conocer esas mediciones, por lo tanto desde interventoría se acudió a la Dirección de Proyectos de EPM para solicitar la apertura de esta tapa y los registros del medidor. El día 23 de febrero del 2022, la interventoría compartió al contratista la información de registros de caudales suministrada por la Dirección de Proyectos de EPM, además se programó visita para el día 4 de marzo del 2022, con el fin de poder inspeccionar el MH.



Fotografía 4. Evidencia de la alta velocidad de llegada de flujo al aliviadero



Fotografía 5. Personal del área de interventoría y contratista

Fuente: Elaboración propia

5.6. Otros proyectos dentro del área de interventoría

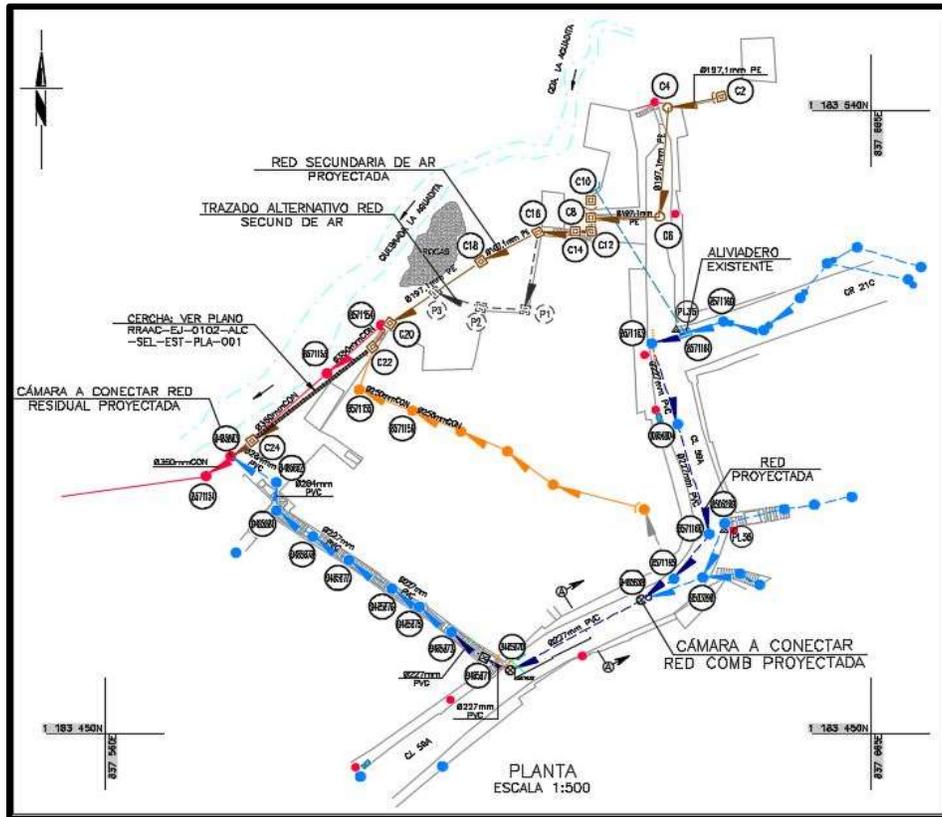
Si bien, dentro del tiempo estipulado para las practicas académicas, no se pudo realizar un apoyo al área de interventoría en el análisis de diseño del proyecto de alcantarillado, por razones mencionadas en el numeral 5.5, se prestó el apoyo en otras tareas de gran valor para el desarrollo de los objetivos del área:

5.6.1. Apoyo en la revisión de los parámetros geotécnicos GPZN-1135:

El requerimiento inicial realizado al contratista SANEAR S.A , consiste en realizar el diseño para el cambio de alineamiento en el colector La Aguadita en la comuna 8 sector Los Mangos y analizar diferentes opciones para mitigar la problemática en el sector donde se presenta inundaciones en los sótanos de las viviendas. las redes tienen construcciones sobre ellas, por esta razón, no fue posible de ninguna forma la desobstrucción del colector a la altura de la calle 59A con la carrera 21B-14 Interior 101 que a pesar de haber taponado permanentemente el aliviadero ubicado en la CL 58A con 21C (IPID 8571161) y desviar todas las aguas a la quebrada, no ha sido posible solucionar el problema de inundaciones.

En vista de lo anterior, el contratista SANEAR S.A planteó la opción de dos alineamientos, uno por la vía principal calle 59 y el otro cerca a la quebrada, estos se pueden observar en la ilustración 15. El alineamiento se encuentra cerca del talud (ilustración 16) cuenta con una alta pendiente, por lo cual fue necesario un análisis geotécnico.

Ilustración 15. Diseño GPZN-1135



Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

Ilustración 16. Alineamiento a borde de la quebrada La Aguadita
ESTABILIZACIÓN DE TALUD VER DETALLES 9 Y 12 EN
PLANO RRAAC-EJ-0102-ALC-SEL-HID-PLA-003-01



Fuente: (UT redes AC SMA, 2021)

El análisis geotécnico fue realizado por la empresa GEOSOLUM S.A y enviado a la interventoría el día 4 de febrero del 2022, si bien para la fecha de entrega de este informe no se han enviado inconformidades o aprobado este estudio, se ha brindado apoyo a la interventoría en la revisión de esta información en la cual no se ha presentado mayores observaciones más que:

- Se debe presentar los archivos de la simulación donde se obtuvieron los factores de seguridad para el análisis de estabilidad de taludes.
- Presentar calibración del equipo SPT usado (esta observación aún está en consideración si es necesaria o no).
- Algunos valores presentados no cuentan con las unidades métricas necesarias.

Durante la revisión que se le ha brindado a la información del estudio de suelos se verificó que los valores presentados estuvieran acordes con las ecuaciones y cumplieran los requerimientos de la Norma Sismorresistente Colombiana (NSR-10), además que las correlaciones tenidas en cuenta para la realización de los cálculos estuvieran dentro de los rangos descritos en la bibliografía técnica del área de estudio de suelos.



Fuente: (SANEAR S.A, 2021)

5.6.2. Auditoría interna

Durante el mes de febrero se llevó a cabo una auditoría interna del área de interventoría, esto con el fin de reconocer los errores procedimentales que pudieran estar llevándose en el cumplimiento del anexo técnico de interventoría. como parte del desarrollo de las practicas académicas, se realizó una gestión documental extensa, que consistía en la organización de carpetas por nombre y fecha del proyecto, suministrar material faltante dentro de los archivos de gestión como actas de pago o versiones de proyecto y actualización de bitácoras de planos y seguimiento de los proyectos. Esta actividad requería de especial cuidado pues la información allí establecida era de suma importancia, por tal motivo se procedió con sumo cuidado en la manipulación de carpetas y archivos. En el proceso de auditoría, el área de diseño obtuvo un excelente resultado, encontrándose 0 fallas según lo estipulado en el anexo técnico de interventoría.

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 registro fotográfico donde en 3 nichos (1A,4A Y 4C), posterior al ajuste de estas observaciones pasa a las siguientes etapas una longitud de 1634,53 m de Asbesto cemento a reponer. 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, lamentablemente para el proyecto en cuestión de este informe, no se pudo avanzar en el análisis de información pues, según contratista, era necesario conocer la información de caudales registrados en el medidor ubicado en el MH con IPID 9292356.
- 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 Porvenir, precisamente se decide retirar 2 tramos con IPID 2641207 y 2641181, ya que estos no prestaban servicio.
- 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.
- Según la ilustración 2, metodología de diseño para un proyecto menor de alcantarillado, se ha logrado llegar hasta el paso “reporte de visita y cronograma” , para poder continuar con los pasos siguientes se requiere información del medidor y apertura de tapa del MH con IPID 9292356.

- 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 Porvenir, generando acciones de mejora en diferentes cruces y la presentación del informe de diseño, en el caso del diseño GPZN-1067 se pudo evidenciar que en el área de la ingeniería se deben estipular tiempos suficientes entendiendo que pueden existir diferentes dificultades que retrasarían un cronograma idealista.
- La organización de gestión documental es un valor muy importante dentro del área de la ingeniería pues permite mayor eficacia en la búsqueda de información de proyectos, por tal razón las auditorías internas brindan una campanada de alerta para atender aspectos en los que se encuentran flaquezas respectivas al control de documentos dentro de una organización.

Referencias

- (EPM) Empresas Públicas de Medellín . (s.f.). *Anexo técnico diagnóstico, diseño, construcción y reposición de redes de acueducto de alcantarillado y obras accesorias, donde EPM presta as sus servidores.* . Medellín .
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (3 de noviembre de 2016). *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*. Obtenido de ATSDR: https://www.atsdr.cdc.gov/asbestos/health_effects_asbestos.html
- E.P.M, Empresas Públicas de Medellín. (2009). *Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto de EPM*. Medellín.
- E.P.M. Empresas Públicas de Medellín. E. S. (2013). *Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín. E. S. P.* Medellín.
- EPM Empresas Públicas de Medellín. (s.f.). *Anexo técnico diagnóstico, diseño, construcción y reposición de redes de acueducto de alcantarillado y obras accesorias, donde EPM presta as sus servidores.* Medellín.
- EPM, Empresas Públicas de Medellín. (s.f.). Anexo Técnico diagnóstico, diseño, construcción y reposición de redes de acueducto y de alcantarillado y obras accesorias, donde EPM presta sus servicios. *Anexo 2. Técnico Contratista*. Medellín.
- Instituto Nacional del Cáncer EE.UU. (7 de junio de 2017). *Exposición al asbesto y el riesgo de cáncer*. Obtenido de cancer.gov: <https://www.cancer.gov/espanol/cancer/causas-prevencion/riesgo/sustancias/asbesto/hoja-informativa-asbesto>
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2017). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*. Bogotá D.C.
- National Cancer Institute EE.UU. (7 de junio de 2017). *National Cancer Institute*. Obtenido de cancer.gov: <https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/substances/asbestos/asbestos-fact-sheet>
- Salas Delgado, J. S. (2022). *Revisión y seguimiento al diagnóstico y optimización de redes de acueducto en el circuito Porvenir y urgencia de alcantarillado en el barrio Belalcázar*. Medellín.
- SANEAR S.A. (2021). *Informe de diseño GPZN-1135*. Medellín.
- UT REDES AC SMA. (2021). *DIAGNÓSTICO, DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y REPOSICIÓN DE REDES DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO, ACOMETIDAS Y OBRAS ACCESORIAS, DONDE EPM PRESTA SUS SERVICIOS. ZONA NOR OCCIDENTAL*. Medellín.
- UT redes AC SMA. (2021). *Informe visita GPZN-1067* . Medellín.
- Valencia, N. (20 de junio de 2019). Riesgos y problemas en la salud por uso del asbesto .