



Revisión y seguimiento al diagnóstico, alternativas y diseño de redes de acueducto en la comuna 1, municipio de Medellín y red de alcantarillado en el barrio Obrero, municipio de Bello.

Juan Pablo Castaño García

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Civil

Asesores

Alejandro De Jesús Molina González
Ingeniero Sanitario.
Especialista en gerencia de proyectos.

Bryan Valderrama Muñoz.
Ingeniero Sanitario.
Especialista en Ingeniería de Sistemas Hídricos Urbanos

Universidad de Antioquia
Facultad de ingeniería, Escuela Ambiental
Ingeniería Civil
Medellín, Antioquia, Colombia
2022

Cita	(Castaño García, 2022)
Referencia	Castaño García, J. P. (2022). <i>Revisión y seguimiento al diagnóstico, alternativas y diseño de redes de acueducto en la comuna 1, municipio de Medellín y red de alcantarillado en el barrio obrero, municipio de Bello</i> . [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
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.

Tabla de contenido

1. Resumen	9
2. Abstract	10
3. Introducción	11
4. Objetivos	13
4.1. Objetivo general	13
4.2. Objetivos específicos	13
5. Marco teórico	14
5.1. Componente de acueducto	15
5.2. Componente de Alcantarillado	17
6. Metodología	18
7. Resultados y Análisis	20
7.1. Reposición Asbesto Cemento Circuito de Santo Domingo.	20
7.1.1. Área de estudio del componente de acueducto Circuito Santo Domingo.	20
7.1.2. Diagnóstico, Investigación de las redes del circuito de Santo Domingo	21
7.1.2.1. Ejecución de Nichos	21
7.1.2.2. Descarte de tuberías a intervenir	22
7.1.2.3. Revisión del diagnóstico por parte de la interventoría	24
7.1.3. Alternativas, evaluación del alineamiento y método constructivo	25
7.1.3.1. Alternativas de Alineamiento	25
7.1.3.2. Elección de método constructivo	27
7.1.3.3. Revisión de las alternativas por parte de la interventoría	28
7.1.4. Diseño para la reposición de redes del circuito Santo Domingo	29
7.1.4.1. Visita preliminar	29
7.1.4.2. Descripción del diseño	30

7.1.4.3.	Modelación hidráulica	32
7.1.4.4.	Resultados de la modelación	33
7.1.4.5.	Revisión del diseño por la interventoría	35
7.2.	Proyecto menor de alcantarillado GPZN-1093	40
7.2.1.	Información preliminar y características del área de estudio.	40
7.2.2.	Antecedentes y generalidades de la generación del GPZ	41
7.2.3.	Investigación en campo y evaluación de la información disponible GPZN-1093	42
7.2.4.	Levantamiento topográfico GPZN-1093.	44
7.2.5.	Revisión de capacidad hidráulica	47
7.2.6.	Simulación hidráulica.	52
7.2.7.	Diseño hidráulico del alcantarillado combinado.	53
7.2.8.	Conclusiones del diseño del GPZN-1093	58
7.2.9.	Revisiones y Aprobación del diseño del GPZN-1093	60
8.	Conclusiones	62
9.	Referencias	64

Lista de tablas

Tabla 1 <i>Comparación de criterios de diseño de redes de distribución de agua potable.</i>	16
Tabla 2 <i>Comparación de criterios de diseño de redes de alcantarillado</i>	17
Tabla 3 <i>Listado de nichos ejecutados para la investigación de acueducto</i>	22
Tabla 4 <i>Material de las tuberías encontradas en los nichos de investigación</i>	22
Tabla 5 <i>Consolidado de longitudes.</i>	23
Tabla 6 <i>Agrupación y características de las tuberías.</i>	26
Tabla 7 <i>Análisis preliminar del método constructivo</i>	27
Tabla 8 <i>Consolidado del diseño Santo Domingo</i>	30
Tabla 9 <i>Proyecciones de acueducto circuito Santo Domingo.</i>	32
Tabla 10 <i>Diámetros y material propuesto en el diseño.</i>	32
Tabla 11 <i>Tiempos de revisión y entregas del Circuito Santo Domingo.</i>	40
Tabla 12 <i>Resultados inspección de cámaras por parte de EPM.</i>	42
Tabla 13 <i>Resultados inspección con CCTV.</i>	44
Tabla 14 <i>Características de los elementos inspeccionados.</i>	45
Tabla 15 <i>Investigación de cámaras de inspección.</i>	46
Tabla 16 <i>Dotaciones neta circuito Castilla - Bello.</i>	49
Tabla 17 <i>Valores de la relación máxima entre la profundidad y el diámetro de la tubería.</i>	50
Tabla 18 <i>Resultados modelación evaluación de capacidad hidráulica</i>	51
Tabla 19 <i>Diámetro interno mínimo de las cámaras de inspección</i>	54
Tabla 20 <i>Resultados modelación hidráulica del diseño del GPZN-1093</i>	56
Tabla 21 <i>Cuadro de despiece general de los tramos diseñados</i>	59
Tabla 22 <i>Tiempos de revisión y entregas del proyecto GPZN-1093</i>	61

Lista de figuras

Figura 1 <i>Diagrama diseño redes de acueducto</i>	18
Figura 2 <i>Diagrama diseño redes de alcantarillado</i>	19
Figura 3 <i>Localización Circuito Santo Domingo</i>	20
Figura 4 <i>Localización de Nichos de investigación ejecutados</i>	21
Figura 5 <i>Tramos que pasan a fase de diseño y tramos descartados</i>	23
Figura 6 <i>Nicho #472 positivo asbesto cemneto de 16”</i>	24
Figura 7 <i>Nicho #463 positivo asbesto cemneto de 12”</i>	24
Figura 8 <i>Ubicación de los tramos para diseño del circuito</i>	26
Figura 9 <i>Registro fotográfico visita Circuito Santo Domingo</i>	30
Figura 10 <i>Presiones máximas y mínimas en la red del Circuito Santo Domingo</i>	34
Figura 11 <i>Referencia de gráficas a válvulas propuestas a cierre</i>	35
Figura 12 <i>Observaciones a los planos referentes a los empalmes</i>	36
Figura 13 <i>Observaciones a los planos referentes a la escala</i>	37
Figura 14 <i>Observaciones a los planos referentes a la distancia a la clave</i>	38
Figura 15 <i>Observaciones a los planos referentes a la ubicación de las tuberías</i>	38
Figura 16 <i>Observaciones a los planos referentes al retiro de asbesto cemento</i>	39
Figura 17 <i>Ubicación del proyecto menor de alcantarillado GPZN-1093</i>	41
Figura 18 <i>Visita de campo entre interventoría y contratista Cl 37 con Cr 51</i>	42
Figura 19 <i>Tramos solicitados desde EPM para inspección con equipo de televisión</i>	43
Figura 20 <i>Tramos inspeccionados con CCTV</i>	43
Figura 21 <i>Cámaras de inspección investigadas para RCH en los levantamientos simplificados</i>	47
Figura 22 <i>Elementos del sistema de alcantarillado para RCH</i>	48
Figura 23 <i>Áreas Tributarias de aguas Residuales y Lluvias</i>	48
Figura 24 <i>Perfiles de flujo de la simulación hidráulica</i>	53

Figura 25 <i>Arreglo para la reducción de ángulos de intersección en cámaras</i>	55
Figura 26 <i>Áreas Tributarias de aguas Residuales y Lluvias para el diseño del GPZN-1093</i>	55
Figura 27 <i>Perfiles de flujo para el diseño</i>	57
Figura 28 <i>Diseño plano planta, tramos GPZN-1093</i>	58
Figura 29 <i>Corte transversal sobre la carrera 52</i>	59
Figura 30 <i>Sobreposición gráfica en planos</i>	60

Siglas, acrónimos y abreviaturas

EPM	Empresas Públicas de Medellín.
GPZN	Gestión Proyectos Menores de Alcantarillado en la Zona Norte.
CCTV	Circuito Cerrado de Televisión.
MDA	Modelo Digital de Aguas.
EPA	Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental)
SWMM	Storm Water Management Model (Modelo de Gestión de Aguas Pluviales)
HGL	Hydraulic Gradient Line (Línea de Gradiente Hidráulico)

1. Resumen

Numerosos estudios científicos en los últimos tiempos han demostrado el peligro para la salud que pueden representar los compuestos de asbesto, por este motivo, el congreso de la República de Colombia expide la Ley 1968 del 11 de Julio del 2019, mediante la cual se prohíbe el uso de asbesto en el territorio colombiano, y ordena a Empresas públicas de Medellín -EPM- realizar la reposición de las redes de asbesto cemento existentes. Para esto, la empresa Aguas Nacionales EPM S.A. E.S.P. presta 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.

En el siguiente informe, se describe la revisión ejecutada por al interventoría en cuanto al cumplimiento de las normativas vigentes y particularidades del contrato para los diseños realizados referente a los proyectos de reposición de red de acueducto en asbesto cemento en el circuito de Santo Domingo (Comuna 1 de la ciudad de Medellín), realizados por el contratista SANEAR y a los diseños para la red de alcantarillado en el barrio Obrero (municipio de Bello), realizados por el contratista UT Redes AC SMA.

Palabras clave: Asbesto - Cemento, GPZ, Circuito, Acueducto, Alcantarillado.

2. Abstract

Numerous scientific studies in recent times have shown the danger to health that asbestos compounds can represent, for this reason, El Congreso de la República de Colombia issues Law 1968 of July 11, 2019, through which the use of asbestos is prohibited. use of asbestos in Colombian territory, and orders Empresas Públicas de Medellín -EPM- to replace the existing asbestos-cement networks. For this, the company Aguas Nacionales EPM S.A. E.S.P. provides auditing services for the diagnostic, design, construction and replacement contract for aqueduct and sewage networks, connections and ancillary works, where EPM provides its services.

The following report describes the review carried out by the auditor regarding compliance with current regulations and particularities of the contract for the designs carried out regarding the projects for the replacement of the aqueduct network in asbestos cement in the Santo Domingo circuit (Comuna 1 of the city of Medellin), carried out by the contractor SANEAR and the designs for the sewage network in the Obrero neighborhood (municipality of Bello), carried out by the contractor UT Redes AC SMA.

Keywords: Asbestos - Cement, GPZ, Circuit, Aqueduct, Sewer.

3. Introducción

El asbesto es un compuesto formado por un grupo de silicatos, consistentes en finas fibras de hilos, que por su forma se clasifican en serpentininas y anfíboles, se caracterizan por presentar un alto punto de fusión, alta resistencia al calor, fuego y sustancias químicas como ácidos y bases, son incombustibles e insolubles, y tienen elevada resistencia eléctrica y al desgaste (Accinelli & López, 2016). Las fibras de asbesto son biopersistentes, siéndolo más las fibras anfibólicas debido a su baja solubilidad. Su período de latencia, desde la exposición hasta la aparición de síntomas, es de 20 a 40 años y cuanto mayor sea el tiempo que permanecen en los tejidos mayor daño producen (Accinelli & López, 2016). 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).

Por lo anterior, el asbesto ha sido clasificado como un cancerígeno humano reconocido por el Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos (HHS), por la Oficina de Protección Ambiental (EPA) y por la Oficina Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC). Existe suficiente evidencia de que el asbesto causa mesotelioma, la forma más común de cáncer asociada con la exposición al asbesto (un cáncer de las membranas delgadas que revisten el pecho y el abdomen), y cánceres de pulmón, de laringe y de ovario (IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans, 2012).

En Colombia, el Juzgado 39 Administrativo de Bogotá falló el 4 de marzo del 2019 a favor de las víctimas del asbesto. Ese mismo año, el 11 de julio de 2019, fue expedida por el Congreso de la República la Ley 1968 de, la cual, en su artículo segundo prohibió a partir del primero de enero del 2019 explotar, producir, comercializar, importar, distribuir o exportar cualquier variedad de asbesto y de los productos elaborados en el territorio nacional (ley 1968 de 2019). Por lo anterior, se ordena a la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, EAAB, y a las Empresas Públicas de Medellín, EPM, hacer un inventario actualizado de las redes de fibrocemento y asbesto que conforman el servicio público y presentar un plan para el cambio de estas redes.

Por tal motivo y teniendo en cuenta tanto el fallo del juzgado 39 administrativo de Bogotá como la ley 1968 de 2019, es necesario sustituir las redes de acueducto que se encuentren en

material de asbesto cemento que están ubicadas en toda el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Valle de San Nicolás y Rionegro. Para cumplir con esto, EPM dividió estos sectores en cuatro zonas y a cada zona le asignó un contratista de la siguiente forma: UT Redes AC SMA se encarga de la zona Noroccidental, SANEAR, se encarga de la zona Nororiental; Consorcio redes 2020, se encarga de la zona Suroccidental y por último Consorcio C&C-GAAL, se encarga de la zona Suroriental. Cada contratista realiza el diseño y la construcción de redes primarias y secundarias, además de redes de recolección y transporte de alcantarillado.

Durante el periodo de prácticas, se realizará apoyo administrativo al sector de diseño, de esta forma, se ayudará en la realización de informes semanales y mensuales de esta área, la actualización de los archivos de la nube y demás tareas que contribuyan con el plan de calidad de la empresa. Adicional a esto, se apoyará la revisión de diagnóstico, alternativas y diseños de algunos proyectos que se encuentran en el área de diseño de la interventoría.

Para la revisión de diagnóstico, alternativas y diseño de redes de acueducto que se encuentran en material de asbesto cemento, se plantea el circuito de Santo Domingo, localizado en la comuna 1, zona Nororiental de la ciudad de Medellín. Este circuito está a cargo de SANEAR bajo el contrato CW 106872 para Empresas Públicas de Medellín.

Para el caso de la revisión del diseño de redes de recolección y transporte de alcantarillado priorizadas para su reposición o modernización, en este informe, se plantea el GPZN-1093 (Gestión Proyectos Menores de Alcantarillado en la Zona Norte), localizado en municipio de Bello, entre carreras 51 y 52 y entre calles 35A y 37, en el Barrio Obrero. Este proyecto está a cargo de UT REDES AC SMA bajo el contrato CW 106869 para Empresas Públicas de Medellín.

Para la revisión de los proyectos anteriormente descritos, se tendrá en cuenta lo establecido en las normas técnicas de diseño de sistemas de acueducto y alcantarillado de Empresas Públicas de Medellín E.S.P., además de los parámetros y criterios de diseño establecidos en la resolución 0330 de 2017 Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

4. Objetivos

4.1. Objetivo general

Apoyar al equipo de diseño de la interventoría en la revisión del diagnóstico, alternativas y diseño de las redes de acueducto en el circuito de Santo Domingo y de las redes de alcantarillado del GPZN-1093 en el barrio Obrero del Municipio de Bello.

4.2. Objetivos específicos

- Contribuir con la elaboración de informes y con el plan de calidad de la interventoría, así como con las demás solicitudes realizadas tanto por EPM como por los contratistas, para el debido cumplimiento de los objetivos del proyecto.
- Realizar el debido control y seguimiento a las actividades del contratista según el plan de trabajo aprobado por la interventoría, respecto a las etapas de diagnóstico, alternativas y diseño.
- Analizar de manera correcta los entregables de diseño del contratista, particularmente las memorias de cálculo, los informes y los planos de diseño, sus diferencias, errores y omisiones respecto a los lineamientos de las normas de diseño de EPM y la resolución 0330 del 2017, generando observaciones para la corrección por parte del contratista.

5. Marco teórico

Los proyectos de reposición de redes de acueducto y alcantarillado que se evalúan en este documento no corresponden a diseños elaborados desde cero, corresponden a diseños que en muchos casos siguen el mismo alineamiento, lo anterior teniendo en cuenta que la reposición de las redes surge por la necesidad de remplazar las tuberías de asbesto cemento o por la necesidad del remplazo de tuberías desgastadas o que no prestan un servicio adecuado presentando problemas para la comunidad. Por ende, el planteamiento del diseño emplea principios matemáticos específicos para tener una adecuada interpretación de las problemáticas y una adecuada resolución de las problemáticas.

Los diseños elaborados comienzan con una etapa de diagnóstico en la cual se investigan las redes objeto de cada proyecto tanto en oficina con la revisión de bases de datos, como en campo con la ejecución de nichos de investigación. Luego, continúa con una etapa de alternativas en la que se plantea el método constructivo, antes de pasar a la etapa de diseño en la que se define el alineamiento de la red y sus diámetros además de otras particularidades (ambientales, geotécnicas, hidrológicas) que puede presentar el proyecto.

Aguas Nacionales EPM S.A. E.S.P en la ejecución de sus labores como interventoría del proyecto de diagnóstico, diseño, construcción y reposición de Redes de Acueducto y Alcantarillado, acometidas y obras accesorias, donde EPM presta sus servicios, se encarga de velar por el cumplimiento en los diseños conforme a 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, así como lo establecido en los pliegos de condiciones y las particularidades que se presenten en cada contrato.

En cuanto al diseño de sistemas de acueducto y alcantarillado, en el pliego de condiciones se presentan algunas condiciones tanto para el contratista como para la interventoría las cuales se muestran a continuación:

- 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 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.

5.1. Componente de acueducto

Además de las condiciones del pliego anteriormente mencionadas, los diseños de la reposición de redes de acueducto deben cumplir con una proyección de 30 años según lo

establecido en la norma de diseño de acueducto de Empresas Públicas de Medellín E.S.P., además deben cumplir con lo presentado 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 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 mínima debe ser de 20 m.c.a. La presión estática máxima debe ser de 60 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"> La velocidad máxima en las tuberías de la red de distribución, no deben superar los 2.5 m/s, El diseño debe verificar la velocidad mínima de 0.5 m/s, correspondiente al Caudal Máximo Horario QMH en el momento de entrada de operación de la red. 	
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 agua, pendiente mínima debe estar entre 0,1% y 0,15%. 	

Nota. Adaptado de Calderón Ospina (2022)

5.2. Componente de Alcantarillado

Dado la naturaleza del surgimiento de los proyectos de reposición de redes de alcantarillado, se tiene como objetivo llegar a una solución definitiva de las problemáticas presentada por la comunidad, en la **Tabla 2** se presentan algunos criterios que se tienen en cuenta en el diseño de los sistemas de alcantarillado.

Tabla 2

Comparación de criterios de diseño de redes de alcantarillado

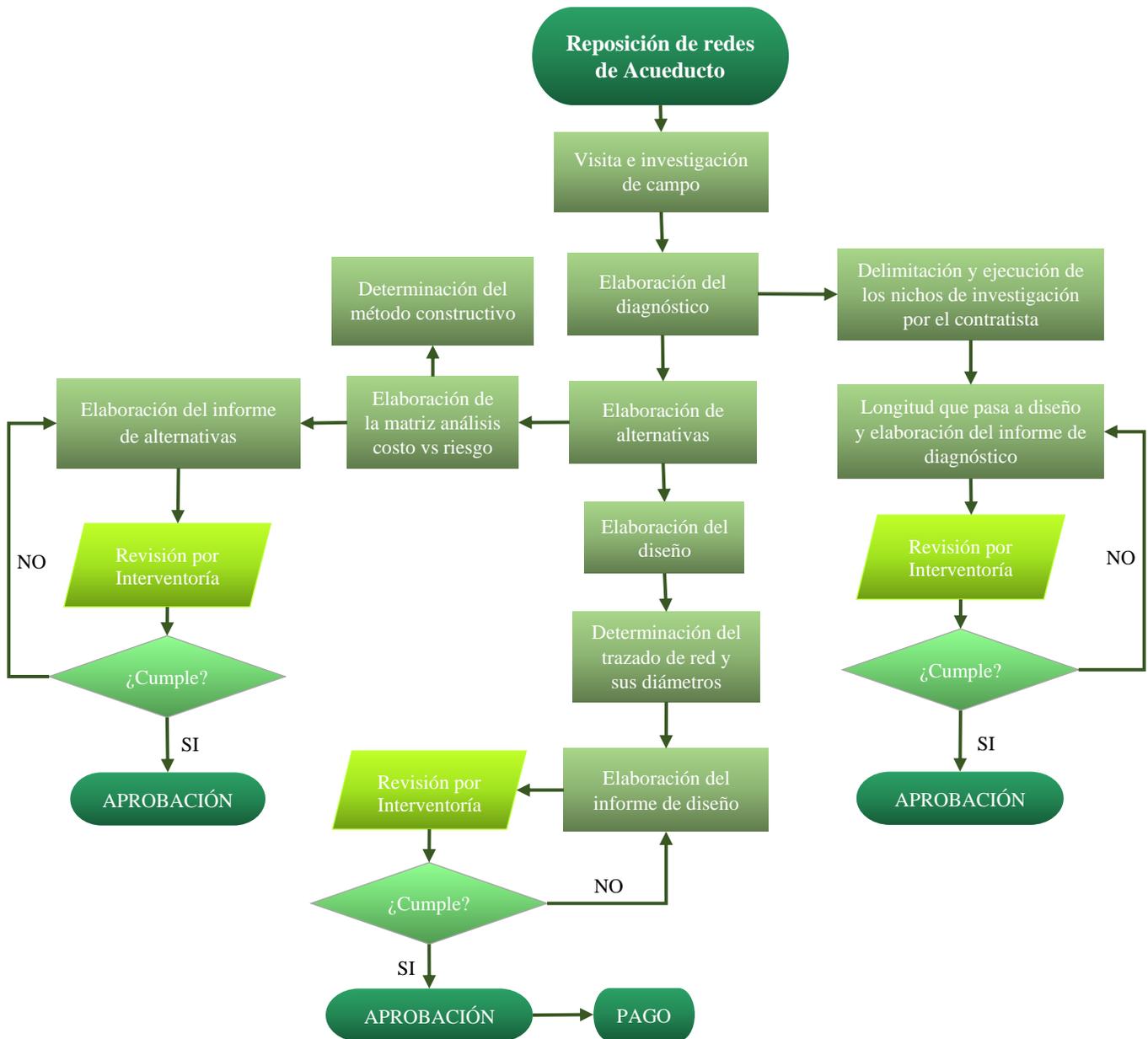
Criterios técnicos	NORMAS DE DISEÑO Y VERIFICACIÓN	
	Norma de Diseño de Alcantarillado EPM.	Resolución 0330 del 2017.
Localización de redes de alcantarillado	<ul style="list-style-type: none"> La profundidad mínima a la cota clave de las tuberías es de 1,2 m, 	<ul style="list-style-type: none"> Las distancias 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. 	<ul style="list-style-type: none"> El diámetro interno real mínimo permitido en redes de alcantarillado sanitario es 170 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. 	<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 y/d debe ser menor de 0,70, para diámetros internos entre 500 y 1.000 mm el valor debe ser menor de 0,80, y para diámetros mayores de 1.000 mm el valor debe ser menor de 0,85. 	<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%, y de 93% con el caudal de diseño a flujo lleno.
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 en 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. 	

Nota. Adaptado de Calderón Ospina (2022)

6. Metodología

En la **Figura 1** se resume el proceso de las actividades necesarias para la elaboración de un proyecto de acueducto en su etapa de diseño desde sus primeras etapas, hasta la conclusión del proyecto antes de pasar a la etapa de construcción. Entendiendo lo anterior, la interventoría realiza el seguimiento de estas actividades para validar la correcta ejecución en esta etapa.

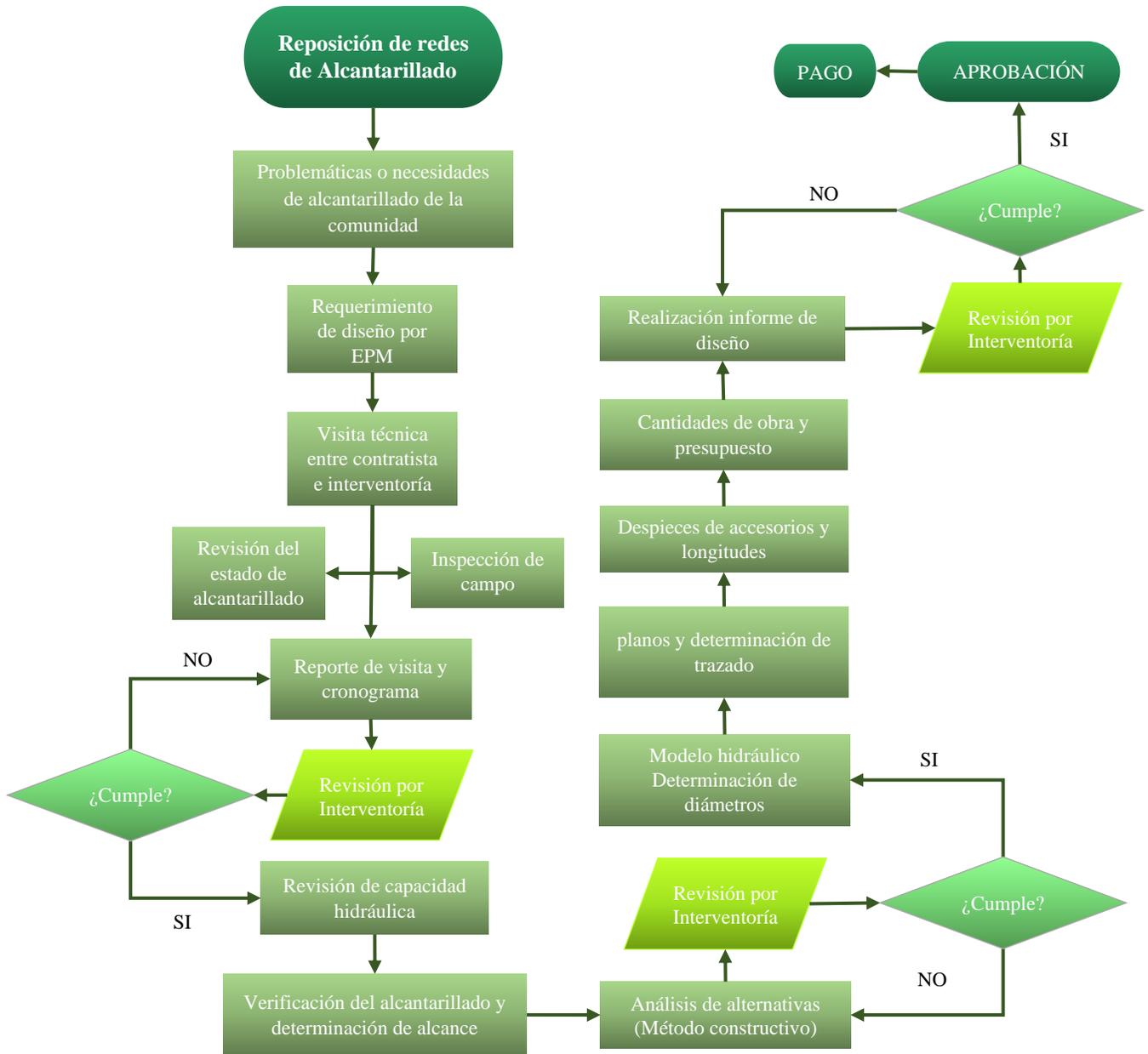
Figura 1
Diagrama diseño redes de acueducto



Nota. Adaptado de Rosero Mora (2022)

De manera análoga a lo anterior, en la **Figura 2** se describe el proceso de revisión de la interventoría teniendo en cuenta que los proyectos menores de alcantarillado surgen a raíz de quejas de la comunidad por problemas manifiestos en las redes, por este motivo se evalúan desde un punto de vista más técnico para resolver las dificultades.

Figura 2
Diagrama diseño redes de alcantarillado



Nota. Adaptado de Rosero Mora (2022)

7. Resultados y Análisis

7.1. Reposición Asbesto Cemento Circuito de Santo Domingo.

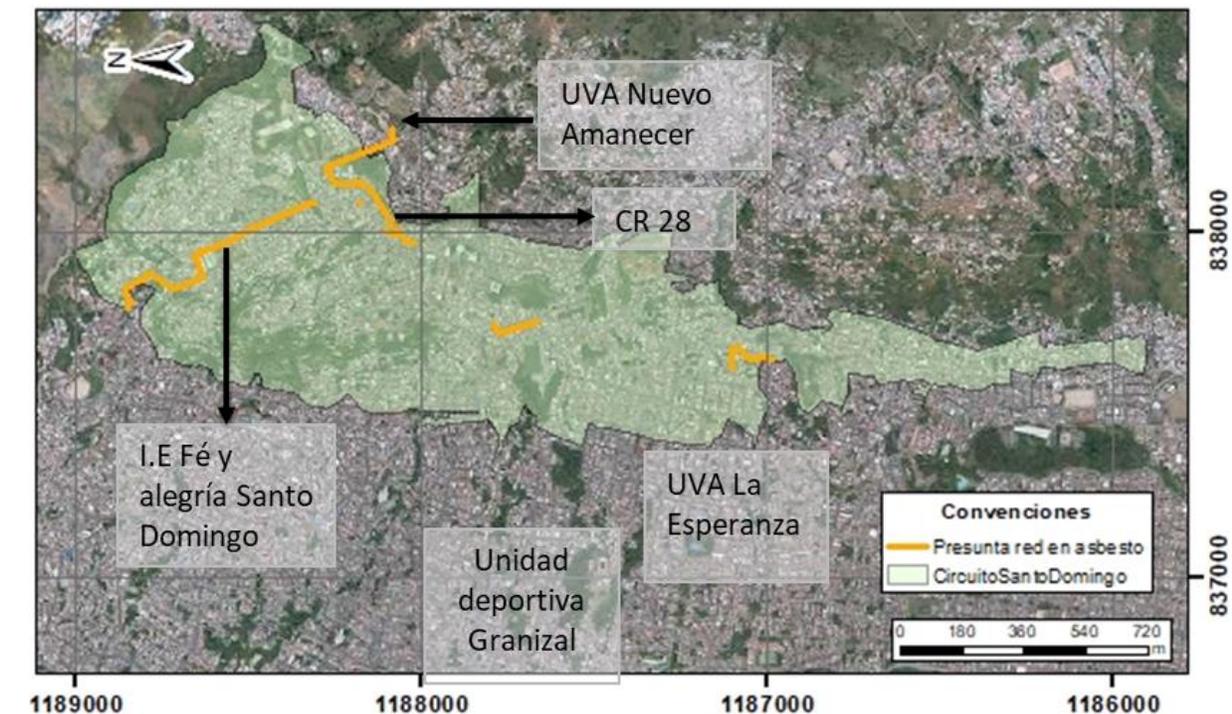
El circuito de Santo Domingo contó con entregables de las etapas de Diagnóstico, alternativas y diseño en las cuales se presentan los estudios realizados por el contratista y las propuestas de reposición de redes en esta zona de la ciudad de Medellín,

7.1.1. Área de estudio del componente de acueducto Circuito Santo Domingo.

El Circuito de Santo Domingo, se encuentra localizado en la zona nororiental de la ciudad de Medellín, pertenece a la comuna 1 Popular y presta sus servicios de acueducto a los barrios: Santo Domingo Savio No. 1, Santo Domingo Savio No. 2, Granizal, Moscú No. 2, La Salle, San Pablo, San José La Cima No. 1, San José La Cima No. 2, Las Granjas, Popular, El Compromiso, Carpinelo, Oriente, La Esperanza No. 2, Aldea Pablo VI y La Avanzada. Este circuito tiene una longitud total de 1778,08 metros, en diámetros entre 200 mm y 400 mm En la **Figura 3** se puede ver la posición geográfica del circuito Santo Domingo.

Figura 3

Localización Circuito Santo Domingo



Nota. Tomado de SANEAR (2022)

7.1.2. Diagnóstico, Investigación de las redes del circuito de Santo Domingo

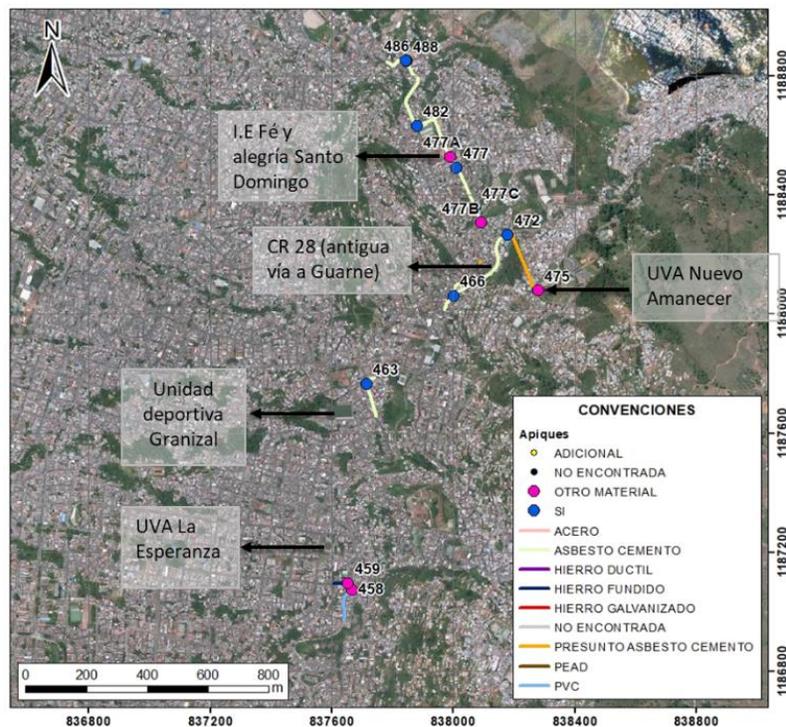
Para llevar a cabo la investigación del circuito, EPM suministró la contratista una base de datos de las redes de todos los circuitos de la zona Nororiental objeto del contrato, esta base fue revisada por el contratista teniendo en cuenta la herramienta G/Net Viewer¹ y las observaciones realizadas en campo para la verificación de los datos. Con esta información, descartó los tramos que ya se han intervenido, que cuentan con otro material o que en la actualidad no se encuentran en operación, dejando solo los tramos reportados en asbesto cemento y así, proyectó los nichos de investigación en diferentes tuberías para comprobar en campo la existencia de asbesto cemento.

7.1.2.1. Ejecución de Nichos

En la **Figura 4** y la **Tabla 3** se observa el material encontrado en las redes durante la ejecución de los nichos por parte del contratista luego de previa marcación, así mismo se detallan la profundidad de la tubería a la cota clave y el diámetro de esta.

Figura 4

Localización de Nichos de investigación ejecutados



Nota. Tomado de SANEAR (2022)

¹ Herramienta de consulta de información para los diferentes modelos digitales de aguas.

Tabla 3*Listado de nichos ejecutados para la investigación de acueducto*

No. Nicho	IPID Asociado	Material	Profundidad (m)	Ø (mm)
477	2657854	Asbesto cemento	0,90	250
477A	2657854	PVC	0,80	250
482	2658683	Asbesto cemento	0,90	300
486	2659789	PVC	0,90	75
466	2656041	Asbesto cemento	1,30	400
472	2657966	Asbesto cemento	1,30	400
463	2651617	Asbesto cemento	1,10	300
458	2653831	PVC	0,70	200
459	2653788	Hierro fundido	1,10	200
477B	2657865	PVC	1,30	250
488	9088230	Asbesto cemento	0,80	200
475	9956221	Hierro dúctil	1,00	400
477C	4593720	Asbesto cemento	0,80	250

Nota. Adaptado de SANEAR (2022)

En la **Tabla 4** se muestra el resumen de los 13 nichos ejecutados a lo largo del circuito Santo Domingo, así como el material encontrado en la verificación.

Tabla 4*Material de las tuberías encontradas en los nichos de investigación*

Material	Número de Nichos	Porcentaje Investigado (%)
Asbesto cemento	7	53,85
Otro material	6	46,15
No encontrada	0	0,00
Total	13	100,00

Nota. Adaptado de SANEAR (2022)

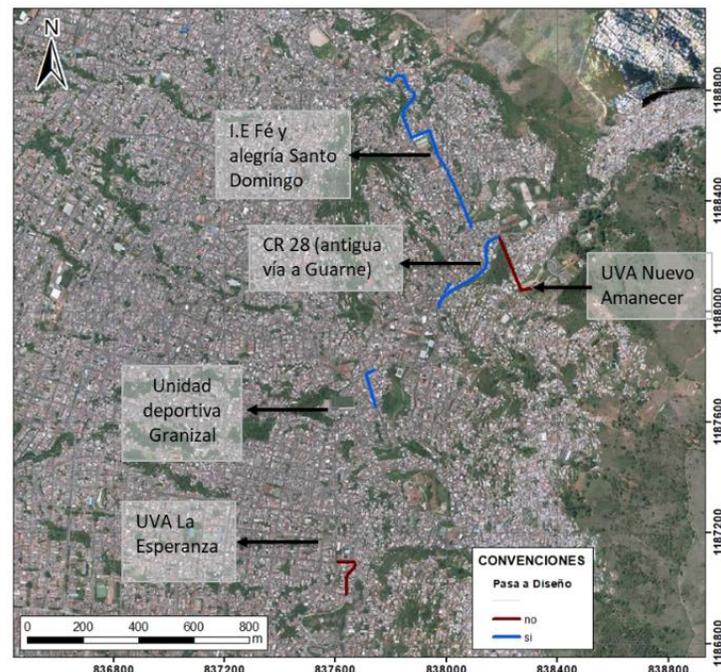
7.1.2.2. Descarte de tuberías a intervenir

Con los resultados obtenidos y teniendo en cuenta la configuración de las presuntas redes en asbesto cemento, el contratista descartó algunos tramos luego de la comprobación en campo que muestra un material diferente a asbesto cemento, o porque la tubería hace parte de otro proyecto de acueducto. Por lo anterior, el contratista descartó un total de 440,77 metros de tubería las cuales no serán incluidas en el diseño. En la **Figura 5**, se muestran los tramos que pasan a diseño y los que fueron descartados luego de la ejecución de los nichos. Respecto a los tramos descartados, la

interventoría realizó observaciones sobre algunos IPID² debido a la inconsistencia de las longitudes reportadas en el informe de diseño y compradas en la base de datos suministrada al contratista.

Figura 5

Tramos que pasan a fase de diseño y tramos descartados



Nota. Tomado de SANEAR (2022)

Luego de descartar algunos tramos, la longitud total de redes de acueducto que pasan a la etapa de diseño es igual a 1345,88 metros con diámetros entre 200 mm y 400 mm, de los cuales 1233,86 metros requieren topografía por tener diámetros mayores o iguales a 300 mm. En la **Tabla 5** se muestra el resumen de estas redes diagnosticadas para el circuito Santo Domingo.

Tabla 5

Consolidado de longitudes.

Descripción	Longitud (m)
Tramos en base inicial para investigación	1.778,08
Tramos descartados para fase de diseño	440,77
Tramos efectivos para asbesto cemento	1.337,31
Tramos adicionales para diseño	8,57
Tramos totales para diseño circuito Santo Domingo	1.345,88
Tramos que requieren topografía	1.233,86

Nota. Adaptado de SANEAR (2022)

² Número de identificación del elemento hidráulico

7.1.2.3. Revisión del diagnóstico por parte de la interventoría

La interventoría en su ejercicio de seguimiento adelantó la revisión del informe del contratista corroborando las redes descartadas y las que pasaban a diseño, como parte de esta revisión encontró algunas diferencias entre las longitudes de los tramos reportada en los informes y las longitudes originalmente suministradas en la base de datos.

Así mismo, validó la ejecución de los nichos y realizó observaciones sobre el registro fotográfico en el cual, se debe evidenciar de manera clara el material de la tubería de asbesto, identificada por su color gris o en caso de que la tubería presente un color más oscuro se deben evidenciar estrías realizadas para la comprobación del material como se observa en la **Figura 6** para que no sea confundida con hierro fundido o galvanizado. En la **Figura 7** se observa un registro fotográfico con poco detalle y claridad para la comprobación de asbesto cemento, por lo cual se le precisó al contratista mejorar el registro adjuntado.

Figura 6

Nicho #472 positivo asbesto cemento de 16"



Nota. Adaptado de SANEAR (2022)

Figura 7

Nicho #463 positivo asbesto cemento de 12"



Nota. Tomado de SANEAR (2022)

Respecto a la **Tabla 5** la interventoría realizó observaciones a las longitudes reportadas, esto tras evidenciar que el contratista contabilizó tuberías reportadas en la base de datos con diámetros de 250 mm, por lo cual no cumplen con el criterio establecido en el anexo técnico en cual se debe realizar topografía a tuberías con diámetros mayores o iguales a 300 mm de diámetro.

De igual forma, teniendo en cuenta observaciones anteriormente mencionadas sobre la longitud de algunos IPID, se le pidió al contratista actualizar y corroborar todas las longitudes reportadas.

7.1.3. Alternativas, evaluación del alineamiento y método constructivo

Tomando como base la guía metodológica para la toma de decisiones de EPM con algunos ajustes dadas las condiciones particulares del contrato, además de indicaciones realizadas por EPM y Aguas Nacionales, el contratista determinó y documentó el método y los criterios para la elaboración del informe de alternativas, todo lo anterior siguiendo los lineamientos establecidos en la norma ISO 55001.

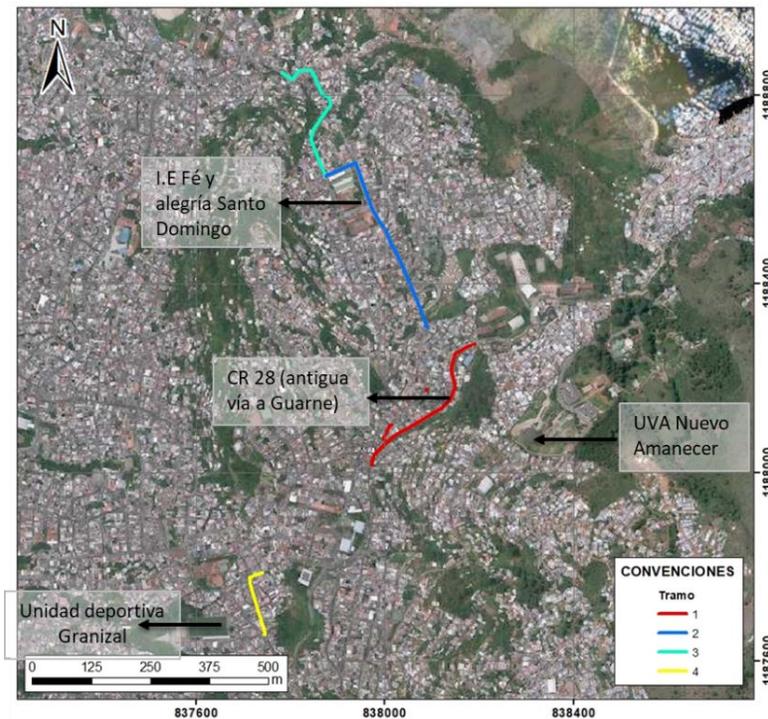
7.1.3.1. Alternativas de Alineamiento

El contratista basándose en la cartografía, la base de datos suministrada por EPM y la visita realizada en campo, realizó un trazado preliminar del diseño para los tramos establecidos tratando de conservar el alineamiento original y a su vez, teniendo en cuenta las redes de otros servicios, la red existente, la conexión de acometidas y las particularidades de la zona. Lo anterior con el fin de conservar las condiciones topológicas e hidráulicas, sin embargo, en algunos casos puntuales no será posible cumplir con los requisitos de diseño establecidos como distancias con otras redes de servicios públicos, por la existencia de espacios estrechos y saturación de redes; por lo cual, será necesario hacer desvíos que se analizarán a detalle en el diseño. (SANEAR, 2022)

Para este circuito se establecieron un total de 4 tramos para la etapa de diseño teniendo en cuenta su ubicación y las características de los sectores donde se instalará la tubería. La ubicación más precisa de estos tramos se describe a continuación y se pueden observar en la **Figura 8**.

- **Tramo 1:** CR 28 entre CL 107BA y CR 31; CR 29 entre CR 28 y CL 107B.
- **Tramo 2:** CR 29 entre CL 108 y con CL 111; CL 111 entre CR 29 y CR 30.
- **Tramo 3:** CR 30 entre CL 111 y CL 121; CL 121 entre CR 30 y CR 42B.
- **Tramo 4:** CR 33D entre CL 102 y CL 102B; CL 102B entre C 33D y CR 33C.

Figura 8
Ubicación de los tramos para diseño del circuito



Nota. Tomado de SANEAR (2022)

En la **Tabla 6** se muestra el resumen de la alternativa de diseño para los 4 tramos de redes en el circuito de Santo Domingo, así como las principales características de las tuberías.

Tabla 6
Agrupación y características de las tuberías.

Tramo	IPID's de la tubería existente	Longitud (m)	Diámetros existentes (mm)	Alternativa de trazado
1	2656041, 2656033, 2658013, 2656038, 2656057, 2656072, 2656078, 2655824, 9090693, 2657954, 2657966, 2658024, 2658023, 9277994, 9225127	406,33	400-250	Paralela a la existente, Requiere además red paralela de 90 mm para la conexión de acometidas
2	2657829, 2657842, 2657825, 2658777, 2658779, 9090671, 9938833, 2657848, 2657854, 2657865, 4593720, 9392916, 2658705, 2658711, 9526477, 9977276, 2658770, 2658774	449,8	250	Paralela a la existente
3	2659784, 2659761, 2658683, 2658699, 9090604, 2659789, 2659790, 2659787, 9040890, 9088230, 9893808	332,41	200	Paralela a la existente
4	2651500, 2651566, 2651611, 2651619, 2651656, 9090660	157,34	300	Paralela a la existente

Nota. Adaptado de SANEAR (2022)

7.1.3.2. Elección de método constructivo

El análisis preliminar para establecer el método constructivo de las redes de diseño será realizado mediante la aplicación de 7 preguntas. Teniendo en cuenta las respuestas a estas preguntas será definido el método para la instalación de la tubería y si se requiere o no el análisis de costo-riesgo (SANEAR, 2022). El análisis de estas 7 preguntas realizado por el contratista se describe en la **Tabla 7** donde se da respuesta a cada uno de estos interrogantes teniendo en cuenta los parámetros establecidos para luego definir el método constructivo.

Tabla 7

Análisis preliminar del método constructivo

Pregunta	Parámetros	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4
1. ¿Se puede aplicar la construcción mediante tecnología sin zanja?	Disponibilidad de espacio para ubicación de pozos y equipos, teniendo en cuenta que no se tiene conocimiento del tipo de suelo presente en la zona	SI	SI	SI	SI
2. ¿Existe restricción por parte de una autoridad para intervenir el pavimento?	Se verifica que el pavimento no es nuevo y existen cicatrices por obras realizadas anteriormente	NO	NO	NO	NO
3. ¿La cantidad de acometidas implica una reposición significativa del pavimento?	Se tiene en cuenta como base la longitud y cantidad de acometidas por cada tramo	SI	SI	SI	NO
4. ¿Se puede presentar afectación ambiental o patrimonial?	verificación de la existencia y afectación de individuos arbóreos, así como de estructuras que estén catalogadas como bienes patrimoniales de la ciudad	NO	NO	NO	NO
5. ¿Se puede presentar afectación a la seguridad de las personas y/o a la comunidad en general?	Se toma como base que en toda obra serán implementados todos los programas necesarios para generar el menor impacto posible en las obras a desarrollar	NO	NO	NO	NO
6. ¿Es una vía arteria o principal con alto flujo vehicular, con impedimentos para hacer cierres y/o trabajos nocturnos?	Viabilidad de poder realizar cierres y/o trabajos nocturnos en las diferentes vías de intervención, así mismo, si dichas vías presentan alto flujo vehicular por su categoría de vía arteria o principal en la zona de inferencia	SI	NO	NO	NO
7. ¿Se puede presentar afectación a la estabilidad del terreno o estructuras?	Posibilidad de generar daños o perjuicios a las estructuras o construcciones existentes, ocasionar desestabilización en los terrenos o taludes aledaños a las zonas de ejecución	NO	NO	NO	NO
Verificación		CRD³	Con Zanja	Con Zanja	Con Zanja

Nota. Adaptado de SANEAR (2022)

³ Análisis Costo-Riesgo-Desempeño

Teniendo en cuenta la **Tabla 7**, el contratista realizó la evaluación de la matriz Costo-Riesgo-Desempeño para el tramo 1, para lo cual se concluyó que: Dada la cantidad de acometidas que se requieren reconectar a la red paralela, la vía será intervenida de manera significativa así sea instalación sin zanja, además dado que es una vía estrecha con dos sentidos de flujo vehicular, la localización de la maquinaria para la instalación sin zanja (PHD⁴) restringiría la circulación a un carril, por lo que los riesgos asociados a instalación con zanja y sin zanja son muy similares en este sector en particular, por tanto, se concluye que para este tramo la mejor alternativa es también instalación con zanja (SANEAR, 2022).

Con los resultados obtenidos, el contratista concluyó que la reposición de la totalidad de los tramos de asbesto cemento en el circuito Santo Domingo se realizará por el método de excavación tradicional a zanja abierta.

7.1.3.3. Revisión de las alternativas por parte de la interventoría

La interventoría ejecutó la revisión de las alternativas presentadas por el contratista en las cuales realizó observaciones referentes al informe consignado, en este se presenta el análisis de la matriz CRD en cuyo resumen, se concluye que la intervención del tramo 1 se propone “Sin Zanja” lo que contradice lo desarrollado en el informe en el que se propone intervención con zanja abierta, como se mostró en la elección de método constructivo. Por tal motivo la interventoría solicitó corroborar estos puntos del informe.

En cuanto a la matriz CRD, se realizaron diferentes anotaciones en cuanto a los valores de ponderación en los cálculos referentes a los costos del proyecto con y sin zanja, debido a la falta de una justificación en la elección de estos valores con los cuales se encuentran los riesgos que puede conllevar la elección del uno u otro método constructivo.

Adicional a esto y tal como se muestra en la **Tabla 7**, la pregunta 2 plantea la verificación del estado funcional del pavimento, todo esto teniendo en cuenta los problemas que puedan existir en términos de licencias de ruptura a la hora de intervenir vías recientemente pavimentadas. A esta

⁴ Perforación Horizontal Dirigida.

pregunta para el tramo 1, se contesta de manera negativa, pero en la visita preliminar⁵ realizada, se verificó que el pavimento era reciente y podría presentar problemas a la hora de gestionar los permisos de ruptura con el municipio de Medellín.

7.1.4. Diseño para la reposición de redes del circuito Santo Domingo

Para el Circuito de Santo Domingo se elaboró el diseño de 1859,18 m de tubería en material PEAD PN16 (como lo define el anexo técnico) en diámetros entre 63 mm y 500 mm, garantizando las aptas condiciones hidráulicas de la tubería y las demás características establecidas en la norma de diseño de EPM y la resolución 0330 de 2017.

La longitud total del diseño incrementó respecto al diagnóstico (**Tabla 5**) un total de 513,30 metros dado el número de empalmes, pequeñas modificaciones en el alineamiento y la proyección de redes paralelas en los sectores 1 y 4 para la conexión de redes domiciliaria. Todo lo anterior con el fin de mejorar las condiciones operativas y minimizar el impacto en el momento de ejecución de la obra.

7.1.4.1. Visita preliminar

La interventoría en conjunto con el contratista y EPM (profesional PMT⁶), realizó una visita previa al circuito de Santo Domingo el día 10 de mayo del 2022 cuyo registro fotográfico se puede observar en la Figura 9 y en la cual se encontró:

- Vías muy estrechas para la ejecución de las obras con zanja abierta y circulación de vehículos en todos los tramos. La vía CR 28 con intervención reciente de repavimentación.
- Desfase en la alineación de la tubería y en la ubicación de elementos como válvulas de aislamiento e hidrantes respecto a lo reportado en GNET.
- Desfase en la ubicación en GNET de las cajas de telecomunicaciones, postes y cajas de válvulas reguladoras de presión ubicadas sobre la CR 28, CR 29 y CR 33D, lo cual se validó con levantamiento topográfico.

⁵ Visita preliminar al Circuito para la verificación del alineamiento, problemas y dificultades que se puedan presentar

⁶ Plan de Manejo de Transito

Figura 9*Registro fotográfico visita Circuito Santo Domingo***7.1.4.2. Descripci3n del diseño**

En comparaci3n con lo estipulado en las etapas de diagn3stico y alternativas, en la **Tabla 8** se muestran las longitudes diseñadas por el contratista, así como sus diámetros y la ubicaci3n para los 4 tramos propuestos los cuales se aprecian de manera más gráfica en la **Figura 8**.

Tabla 8*Consolidado del diseño Santo Domingo*

Sector	Longitud diagn3stico (m)	Longitud real diseño (m)	Diámetros propuestos (mm)	Direcci3n
1	406,33	792,84	63,90,180,315,355 Y 500	CR 28 entre CL 107BA y CR 31; CR 29 entre CR 28 y CL 107BB
2	449,8	534,43	63, 90,125,180, 250 y 315	CR 29 entre CL 108 y con CL 111; CL 111 entre CR 29 y CR 30
3	332,41	342,16	63,90,125 y 250	CR 30 entre CL 111 y CL 121; CL 121 entre CR 30 y CR 42B.
4	157,34	189,75	63, 90,180, 250 Y 355	CR 33D entre CL 102 y CL 102B; CL 102B entre C 33D y CR 33C

Nota. Adaptado de SANEAR (2022)

Respecto a la **Tabla 8**, la interventoría realiz3 observaciones en cuanto al diámetro propuesto de 63mm, esto teniendo en cuenta lo estipulado en la norma de acueducto de EPM la cual dicta que el diámetro interno mínimo permitido para zonas residenciales es de 75mm, lo que equivale a un diámetro nominal de 90mm en PEAD, por lo anterior la se pidi3 al contratista

verificar la zona y el diámetro propuesto, o si la tubería de 63mm será utilizada para instalar válvulas sobre redes existente, dar claridad en el informe.

El trazado de las redes de acueducto, según las normas se debe realizar preferiblemente por el costado norte y oriental de las carreras y calles, además el contrato de este proyecto contempla la conservación del alineamiento de la red existente. Para el caso de este trazado el contratista presentó dificultades para seguir estas condiciones puesto que para varios sectores no es posible dadas las particularidades de la zona como lo menciona SANEAR (2022) a continuación:

- **Subsector 4-B y 1-A:** por el mismo costado donde se encuentra actualmente la red de asbesto, también hay cámaras de alcantarillado y teléfono, sin embargo, no hay acometidas para reconectar, puesto que hay una red paralela de 75mm de diámetro por el costado opuesto, donde deben estar las acometidas.
- **Subsector 1-B:** adicional a que la red de asbesto está hacia un costado (suroriental) y la red de alcantarillado hacia el otro costado (noroccidental) hay un talud que puede representar riesgo para excavación en su base en caso de un alineamiento por ese costado, por lo que la red se proyecta más hacia el centro de la vía.
- **Subsector 2-A:** la vía es estrecha y hay cámaras de alcantarillado en el costado oriental y cajas de teléfono en el occidental, el alineamiento quedó más hacia el eje de la vía y por esta razón se propone la gestión ante las empresas transportadoras en esta zona para desplazar “El reversadero” a la CR 28E durante la ejecución.
- **Subsectores 2-B y 2-C:** se proyectó el alineamiento un poco más pegado al costado occidental, muy cerca a la brecha de las redes telefónicas, a fin de dejar alrededor de los 3 m de vías libres para circulación de vehículos durante la ejecución, sin embargo, en los empalmes a la VRP si se requiere un cierre total.
- **Sector 3:** la configuración curva de las vías y la cantidad de redes existentes hacia los costados no posibilitan el alineamiento por un mismo costado.

7.1.4.3. Modelación hidráulica

Para la elaboración del modelo hidráulico, EPM suministró al contratista las proyecciones de ANC⁷, clientes, consumo total, dotación neta y suministro desde el año 2019 hasta el año 2050 como se muestra en la **Tabla 9**, por tal motivo no se requirió un análisis de caudales y población. Adicional a esto EPM, proporcionó el modelo hidráulico en el software WaterGEMS⁸ para el cual el contratista conservó los valores de las demandas y los parámetros iniciales inmersos en este, y solo se modificaron los datos geométricos y propiedades de las tuberías proyectadas.

Tabla 9

Proyecciones de acueducto circuito Santo Domingo.

Descripción	2019	2030	2040	2050
ANC	61%	58%	56%	54%
Clientes	14031	14699	15208	15759
Consumo total (L/s)	53,68	49,37	49,10	50,14
Dotación neta (m ³ /mes)	9,92	8,71	8,37	8,25
Suministro (L/s)	137,67	116,73	110,35	109,25

Nota. Suministrado por Empresas Públicas de Medellín.

Los diseños elaborados para los sectores evaluados se tomaron de acuerdo con lo planteado en las etapas de diagnóstico y alternativas, adicional a esto para el alineamiento se verificaron las interferencias con otras redes de la red de acueducto proyectada, así como el perfil en los sectores con diámetros igual a 200 mm. Los diámetros proyectados en este diseño con los cuales se elaboraron las modelaciones se presentan en la **Tabla 10**.

Tabla 10

Diámetros y material propuesto en el diseño.

Diámetros propuestos (mm)	Material propuesto	Longitud real (m)
63	PEAD PE100 PN16	13,62
90	PEAD PE100 PN16	448,93
125	PEAD PE100 PN16	11,88
180	PEAD PE100 PN16	9,27
250	PEAD PE100 PN16	335,66
315	PEAD PE100 PN16	510,31
355	PEAD PE100 PN16	160,69
500	PEAD PE100 PN16	368,81
Longitud total		1859,17

Nota. Adaptado de SANEAR (2022)

⁷ Agua No Contabilizada.

⁸ Software de la empresa Bentley que permite simular, tanto en régimen estático como en régimen dinámico sistemas de distribución de agua.

En cuanto a la **Tabla 10**, la interventoría realizó observaciones en cuanto al diámetro de 63mm mencionado anteriormente en la **Tabla 8**, y adicional a esto pide especificar o verificar si la longitud total de 1859,17.

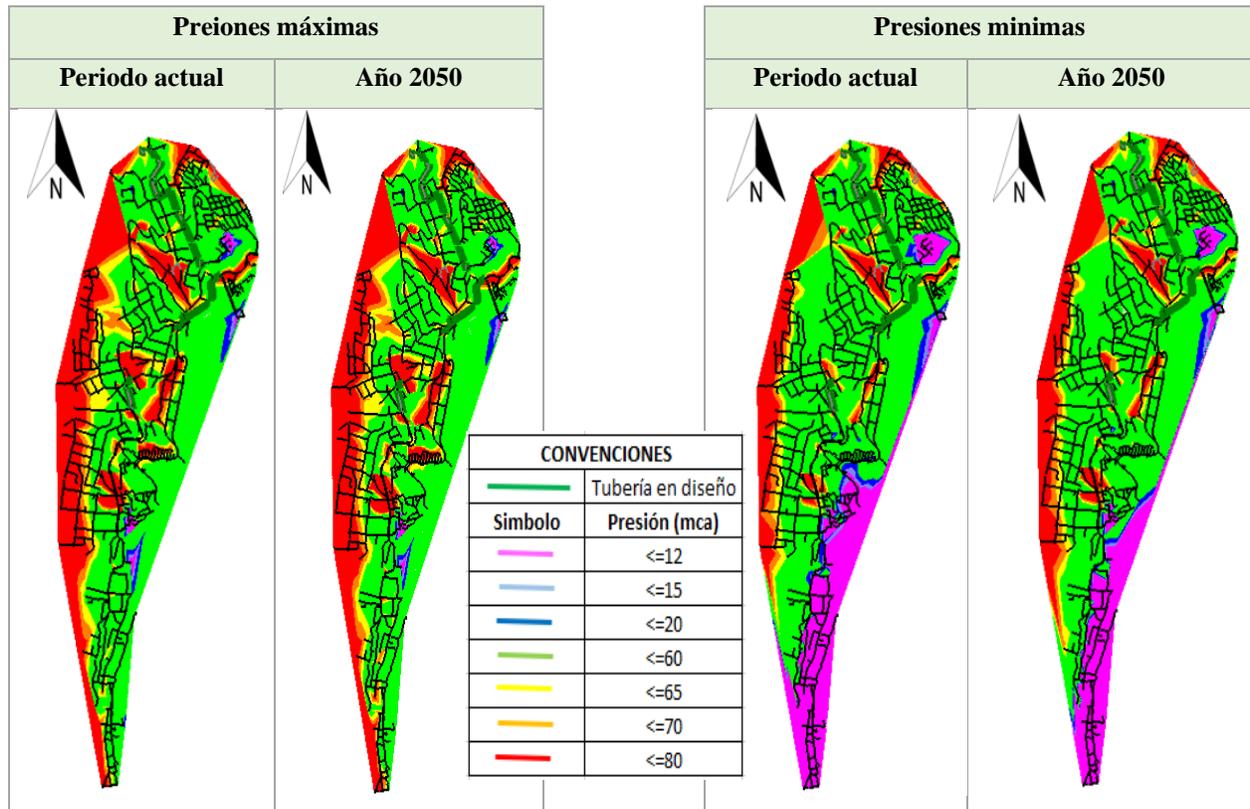
Adicional, los tramos propuestos a reponer del circuito Santo Domingo cuenta con la proyección de 24 válvulas de aislamiento para generar el menor grado de afectación para los clientes a la hora de presentarse daños o reparaciones, 4 son auxiliares de hidrante, una auxiliar de la ventosa y 19 de aislamiento; de las de aislamiento 18 válvulas son de tipo compuerta de vástago no ascendente en diámetros nominales entre 75 y 300 mm y 1 válvula mariposa de doble excentricidad de diámetro 500 mm. Para las acometidas se deben reconectar un aproximado de 311, dentro de las cuales se encuentran 2 colegios.

Respecto al análisis de cálculos de las válvulas, la interventoría realizó algunas observaciones en cuanto a los datos utilizados para analizar la válvula ventosa en uno de los subtramos debido a que utiliza información de otra válvula, por lo cual se le pide al contratista aclarar por qué se utilizó dicha información.

7.1.4.4. Resultados de la modelación

Con los datos presentados en la modelación hidráulica, el contratista obtuvo los datos presentados en la **Figura 10** las cuales corresponden al escenario actual y al año 2050. Es importante mencionar que el modelo suministrado por EPM para las horas de máximo consumo presenta presiones negativas en la parte suroriental del circuito para la cual no se ejecutará ninguna reposición de asbesto, por tal motivo estas zonas permanecerán con presiones negativas al no hacer parte del alcance del contrato.

Figura 10
Presiones máximas y mínimas en la red del Circuito Santo Domingo.



Nota. Adaptado de SANEAR (2022)

En general tanto en el escenario actual, el cual es el más desfavorable, como en el futuro (año 2050), con las redes diseñadas se presentan rangos altos de presión; se recomienda revisar y evaluar propuestas para optimizar el circuito, no se presenta alternativas para estos nodos, ya que no es el alcance de este proyecto (SANEAR, 2022).

Teniendo en cuenta lo anterior, la interventoría en su revisión solicita al contratista verificar si aumentando el diámetro se pueden mejorar presiones, esto teniendo en cuenta que el tramo 1 se encuentra a la salida del tanque.

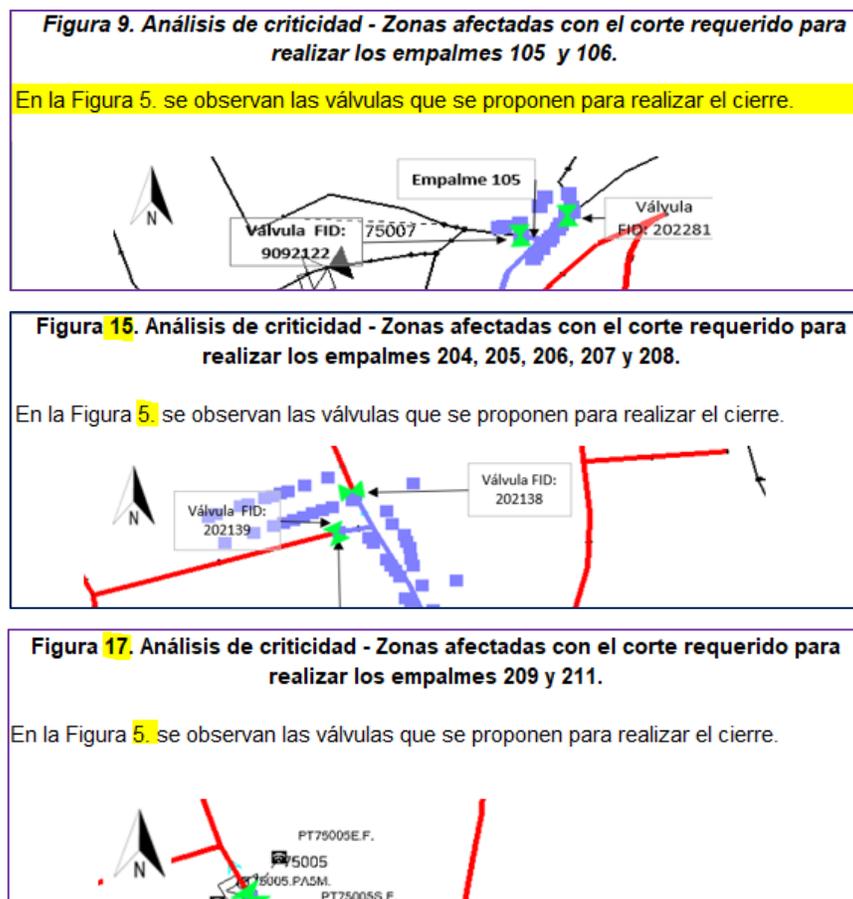
7.1.4.5. Revisión del diseño por la interventoría

Adicional a las observaciones mencionadas en los puntos anteriores, la interventoría realizó algunas anotaciones en cuanto a las siguientes características consignadas en el entregable de diseño del contratista:

- Con relación a los títulos y numeración de las gráficas consignadas en el informe, debido a que no se entiende a qué se hace referencia o están repetidas como muestra la **Figura 11**, por lo cual se deben revisar todos los “pie de página” que contengan esta figura, verificar que si sea la que represente las válvulas propuestas para cierre de cada uno de los sectores.

Figura 11

Referencia de gráficas a válvulas propuestas a cierre

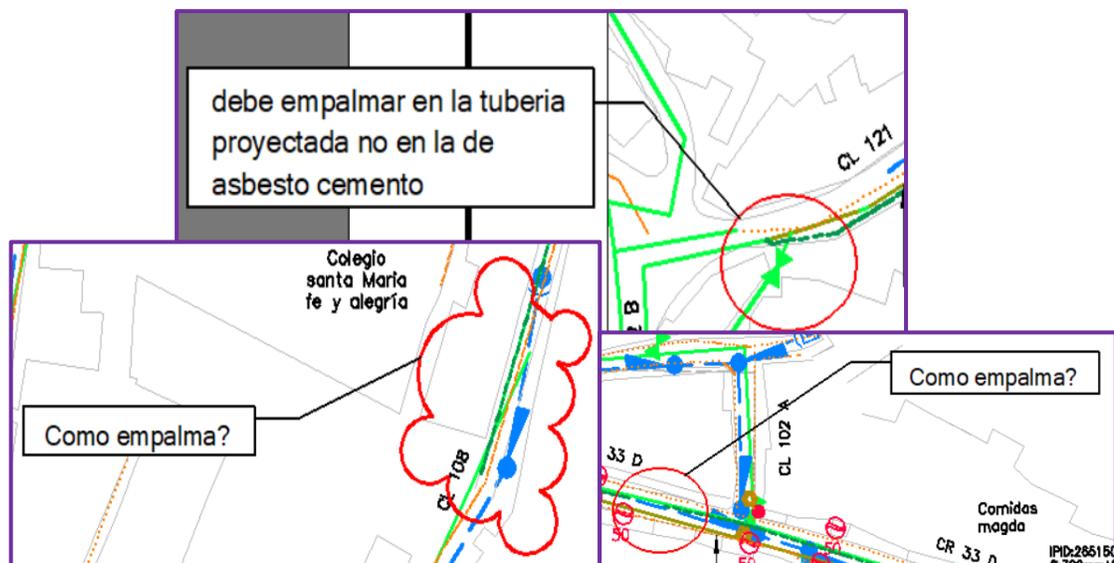


Nota. Adaptado de SANEAR (2022)

- Se pide al contratista aclarar si se necesita permiso de rotura y PMT en el ítem de *permisos y licencias* presentado en el informe, o relacionarlo con el ítem de *permisos que deben tramitarse para la ejecución de las obras* que se presenta más adelante.
- En cuanto a la modelación hidráulica se toman como parámetros de diseño pérdidas técnicas máximas de 15%, pero en la resolución 0330 de 2017, las pérdidas máximas son del 25% y en la norma de EPM las pérdidas técnicas más las comerciales llegan a un 25%. Por lo cual se le pide al contratista aclarar.
- Para los análisis que se realizan de las presiones en los escenarios 2019 y 2050, el contratista utiliza la norma de EPM, sin embargo, en los datos de entrada de los parámetros de diseño se dice que se va a analizar con la resolución 0330 de 2017, por lo cual se le pide al contratista aclarar con cual se va a analizar.
- En cuanto a los planos anexados, se realizaron observaciones referentes a:
 - La claridad sobre los empalmes que tendrá la red diseñada con las redes existentes, como se muestra en la **Figura 12**.

Figura 12

Observaciones a los planos referentes a los empalmes

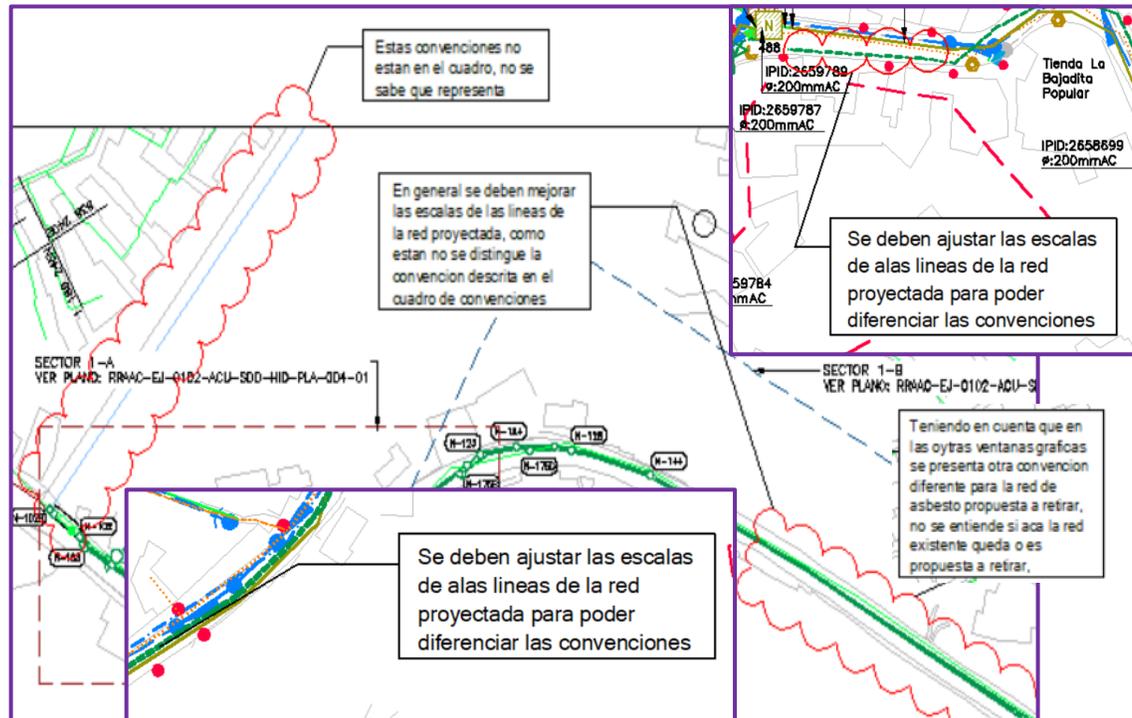


Nota. Adaptado de SANEAR (2022)

- Las escalas utilizadas en las líneas que no permiten diferenciar el tipo de elemento al cual se hace referencia, así como a la claridad sobre algunas convenciones presentados como muestra la **Figura 13**.

Figura 13

Observaciones a los planos referentes a la escala

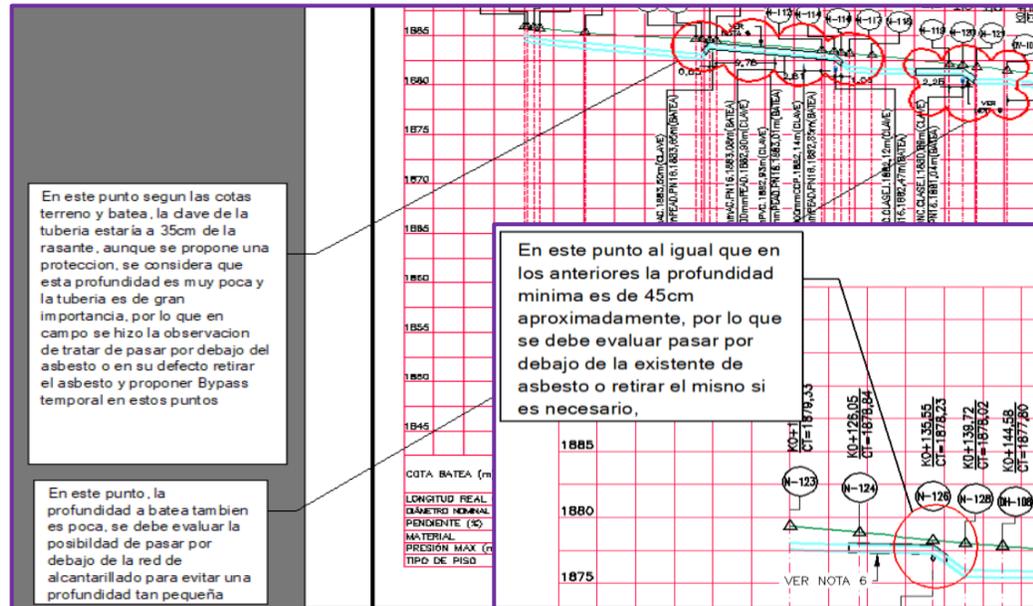


Nota. Adaptado de SANEAR (2022)

- La profundidad a la clave que se propone en algunos tramos la cual no cumple la distancia mínima estipulada en la norma de EPM y la resolución 0330, y aunque se propone una protección para la tubería, por su importancia se considera una mejor opción retirar la tubería de asbesto, todo lo anterior se muestra en la **Figura 14**

Figura 14

Observaciones a los planos referentes a la distancia a la clave

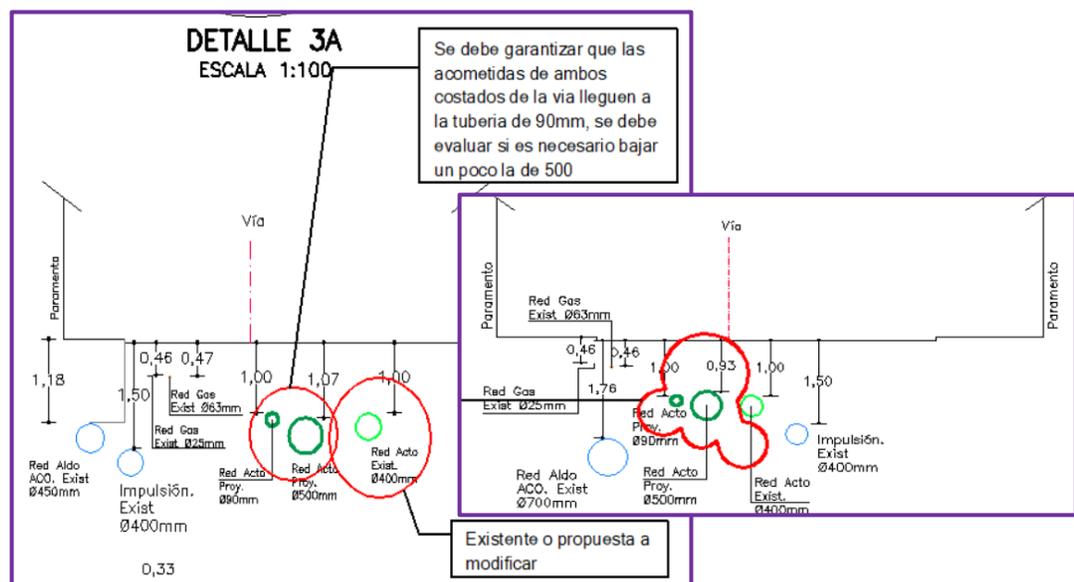


Nota. Adaptado de SANEAR (2022)

- La ubicación de las tuberías teniendo en cuenta que se deben conectar acometidas a los dos lados de la tubería de 90mm por lo cual la de 500mm podría interferir en esas conexiones como se muestra en la **Figura 15**.

Figura 15

Observaciones a los planos referentes a la ubicación de las tuberías

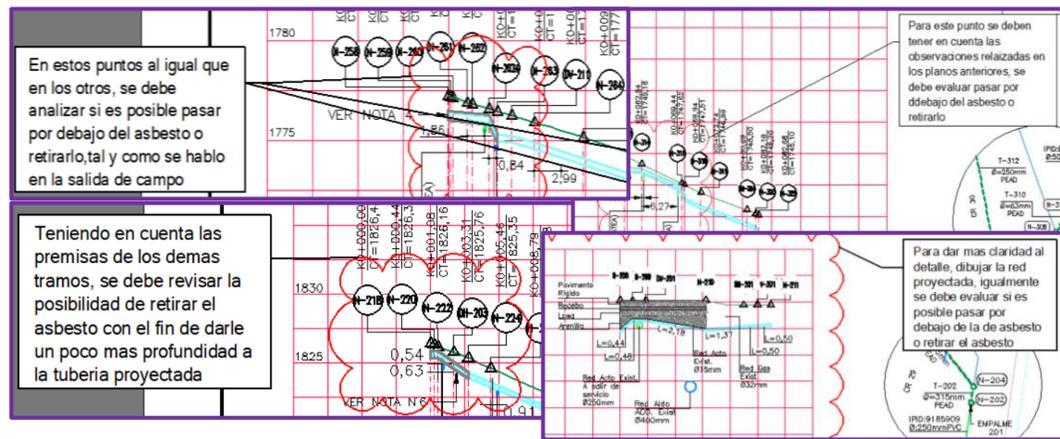


Nota. Adaptado de SANEAR (2022)

- La evaluación de la posibilidad de pasar por debajo de la red de asbesto cemento la tubería diseñada o retirar el asbesto cemento debido a la poca profundidad y al riesgo que puede presentar el diseño teniendo en cuenta el tráfico vehicular propio de los sectores a intervenir, lo anterior se aprecia en la **Figura 16**.

Figura 16

Observaciones a los planos referentes al retiro de asbesto cemento



Nota. Adaptado de SANEAR (2022)

El total de estas observaciones al diseño del circuito de Santo Domingo, fueron enviadas al contratista el día 09 de septiembre del 2022 para su subsanación, una vez el contratista realice los ajustes solicitados, la interventoría procede con una segunda revisión y en caso de encontrar el producto conforme a lo establecido en la normatividad vigente, se emite comunicado de aprobación por parte del área de diseño de la interventoría.

En total el circuito de Santo Domingo contó con dos entregables de diagnóstico, dos de alternativas y uno de diseño, así mismo, la interventoría ejecutó la revisión de las primeras versiones de cada uno de estos entregables. Al finalizar el periodo de práctica, este proyecto se encuentra en revisión por parte de la interventoría en cuanto al diagnóstico y alternativas en sus segundas versiones y en ajustes por parte del contratista en cuanto al diseño. Lo anterior se puede ver de manera resumida en la **Tabla 11**.

Tabla 11*Tiempos de revisión y entregas del Circuito Santo Domingo.*

Proyecto	Versión	Entrega	Revisión	Aprobación
Diagnóstico Circuito Santo Domingo	1	5/04/2022	23/08/2022	Devuelto
Diagnóstico Circuito Santo Domingo	2	6/09/2022	En ejecución	
Alternativas Circuito Santo Domingo	1	5/04/2022	23/08/2022	Devuelto
Alternativas Circuito Santo Domingo	2	8/09/2022	En ejecución	
Diseño Circuito Santo Domingo	1	12/07/2022	9/09/2022	Devuelto

7.2. Proyecto menor de alcantarillado GPZN-1093

Es proyecto menor de alcantarillado, contó con los entregables correspondientes a la etapa de diagnóstico (Revisión de Capacidad Hidráulica) y a la etapa de diseño, en la cual se propuso un trazado para la reposición del alcantarillado combinado similar al existente pero que contaba con una variación en los diámetros de las tuberías.

7.2.1. Información preliminar y características del área de estudio.

El proyecto menor de alcantarillado GPZN-1093, se encuentra ubicado en el suroccidente del municipio de Bello, entre las carreras 51 y 52 y entre calles 35A y 37 del Barrio Obrero, en inmediaciones de la Parroquia San José Obrero y la cancha de fútbol de Comfama. Cuenta con vías amplias (ancho promedio de 8 m), pendientes relativamente suaves y de mediana circulación vehicular. Los tramos que componen la evaluación del diseño de este proyecto corresponden a una red combinada existente de alcantarillado en concreto y se encuentran localizadas bajo las vías, con diámetros internos que van desde los 200 mm hasta los 525 mm. El área de estudio pertenece a la cuenca sanitaria La Loca y el Hato y se hace parte del circuito de acueducto Castilla-Bello. En la **Figura 17** se muestra la ubicación de este proyecto.

Figura 17

Ubicación del proyecto menor de alcantarillado GPZN-1093



Nota. Fuente Google Earth, y QGIS

7.2.2. Antecedentes y generalidades de la generación del GPZ

Desde la Vicepresidencia de Proyectos de EPM, se solicitó el estado de las redes del sector en el cual se ubica este GPZ, esto con motivo de pavimentación de la carrera 52 entre las calles 35 y 38 en el municipio de Bello, de esta consulta interna se obtiene que no existen redes en diseño, se trata de una red de alcantarillado en concreto que data del año 1978, sin embargo, la comunidad en el proceso de socialización informa que cuando llueve en la zona la red de alcantarillado colapsa, al punto de salir el agua por las cámaras de inspección. En cuanto al sector, se conforma por ser un terreno plano por tratarse de una zona baja del Barrio Obrero, por esto, los antecedentes de reportes por parte de mantenimiento de EPM hacen relación a inundaciones por el desbordamiento de la quebrada La Loca, especialmente en eventos de lluvia fuerte lo cual afecta esta zona.

Teniendo en cuenta lo anterior, el equipo de mantenimiento y operaciones de EPM realizó visita de campo (MAX 47283) en la cual se inspeccionó la red de alcantarillado del sector obteniendo los hallazgos mostrados en la **Tabla 12**.

Tabla 12*Resultados inspección de cámaras por parte de EPM.*

Cámara (IPID)	Hallazgos
6045281	Operando bien sin evidencia de rebose ángulo de 90.
6045278	Operando bien sin evidencia de rebose ángulo de 90.
6045269	Operando bien sin evidencia de rebose ángulo de 90.
6045319	Transporta alto caudal y se evidencia que ha rebosado.
6045362	Transporta alto caudal y se evidencia que ha rebosado.
6045363	Transporta alto caudal y se evidencia que ha rebosado.

Nota. Adaptado de UT Redes AC SMA (2022)

Luego de la vista de campo, se ejecuta inspección de la res de alcantarillado con CCTV EPMTV2311 en la cual se concluye que las redes se encuentran en un alto grado de deterioro y por tal motivo se requiere el diseño de la reposición de estas. Por lo anterior, la unidad operación integrada agua y saneamiento de EPM genera la solicitud para realizar el diseño de la reposición de los tramos con IPID 6045314, 6045316, 6045317, 6045318, 6045320, 6045322, 6045324, 6045326, solicitud que es entregada a Aguas Nacionales EPM S.A. E.S.P. y cuyo diseño es ejecutado por UT REDES AC SMA.

7.2.3. Investigación en campo y evaluación de la información disponible GPZN-1093

El día 14 de enero del 2022, se realizó visita de campo entre la interventoría y el contratista, en esta visita de reconocimiento se realizó una evaluación preliminar de las intervenciones proyectadas, además se realizó una inspección de las cámaras en la cual se pudo observar evidencia de rebose en la cámara 6045319, como se había informado en el reporte de EPM. En la **Figura 18** se muestra el registro fotográfico de esta visita.

Figura 18*Visita de campo entre interventoría y contratista Cl 37 con Cr 51*

Nota. Adaptado de Aguas Nacionales EPM (2022)

En la solicitud de inspección con CCTV de EPM, se requería realizar la televisación de los 13 tramos que se muestran en la **Figura 19**, sin embargo, la inspección solo se realizó a 4 tramos, los cuales se muestran en la **Figura 20**.

Figura 19

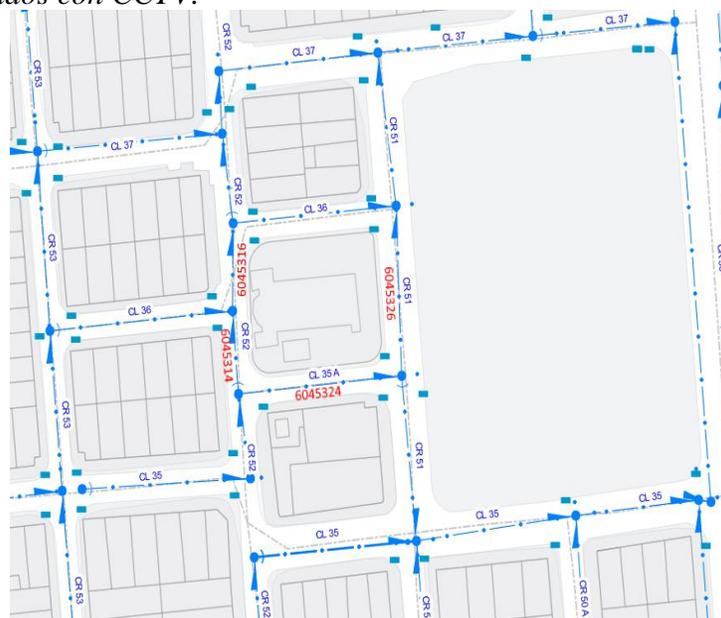
Tramos solicitados desde EPM para inspección con equipo de televisión



Nota. Tomado de Informe CCTV EPMTV2311, EPM (2022)

Figura 20

Tramos inspeccionados con CCTV.



Nota. Generada en QGIS y Adaptado de UT Redes AC SMA (2022)

Con esta información, el contratista realizó la revisión en detalle de la inspección con CCTV en la cual se confirmó que los tramos con IPID 6045314 y 6045324 efectivamente presentaban alto grado de deterioro y pasaron directamente a la etapa de diseño para su reposición. Para los tramos con IPID 6045316 y 6045326 se recomendó reposición al ser una tubería con servicio superior a 40 años, lo cual supera su vida útil, además de no tener una correcta operación debido a las fracturas, depósitos y demás problemas evidenciados. Lo anterior se resume en la **Tabla 13**.

Tabla 13

Resultados inspección con CCTV.

Tubería (IPID)	Grado de deterioro	Hallazgos
6045314	5	Depósitos de concreto; Acometidas con huecos; Hueco; Fractura múltiple.
6045316	3	Empozamiento; Depósitos de concreto; Reparación defectuosa; Solo pudo ser inspeccionado el 64% del tramo.
6045324	5	Agregado visible; Empozamientos; Depósitos de residuos sólidos; Huecos; Cambio de material a PVC.
6045326	3	Fisuras longitudinales; Depósitos de concreto; Infiltración; Fractura longitudinal.

Nota. Adaptado de UT Redes AC SMA (2022)

7.2.4. Levantamiento topográfico GPZN-1093.

Como la solicitud presentada por EPM define de manera explícita los tramos a intervenir: “Realizar el diseño de la reposición de los tramos con IPID 6045314, 6045316, 6045317, 6045318, 6045320, 6045322, 6045324, 6045326, en informe de televisación EPMTV2311 se encontraron con un alto grado de deterioro”. El contratista solicitó a la interventoría la aprobación para el levantamiento de 2 tramos aguas abajo (IPID 6045522 y 6045536) y un tramo localizado en el medio de dos tramos a evaluar (IPID 6045327).

El día 07 de febrero del 2022, el contratista ejecutó el levantamiento simplificado de diez cámaras de inspección de la red combinada de alcantarillado como se muestra en la **Figura 21**. En la **Tabla 14** se muestran los datos más relevantes de los elementos inspeccionados, así mismo en la **Tabla 15** se resumen las propiedades geométricas de estos elementos.

Tabla 14*Características de los elementos inspeccionados.*

Topografía	IPID	Diámetro (m)	Tipo de cámara	Estado	Observaciones
MH10 	6045281	1.2	Concéntrica	Buena	Cámara doble propósito, intermedia de una red y arranque de otra red.
MH11 	6045279	1.2	Concéntrica	Buena	La presencia de basuras en los peldaños evidencia la ocurrencia de remansos en la cámara
MH12 	6045278	1.2	Concéntrica	Buena	Cámara doble propósito, intermedia de una red y arranque de otra red. Por la presencia de basuras en los escalones de acceso se evidencia un gran incremento del nivel del flujo al interior de la cámara
MH19 	6045321	1.2	Concéntrica	Buena	No se observaron señales de sobrelevación del flujo en la cámara
MH15 	6045319	1.2	Concéntrica	Buena	La presencia de basuras en los peldaños de acceso evidencia un gran incremento del nivel del flujo al interior de la cámara
MH16 	6045361	1.2	Concéntrica	Buena	Por la presencia de basuras en los peldaños de acceso se evidencia un gran incremento del nivel del flujo al interior de la cámara
MH17 	6045362	1.2	Concéntrica	Buena	La presencia de basuras en los peldaños evidencia la ocurrencia de remansos en la cámara

Topografía	IPID	Diámetro (m)	Tipo de cámara	Estado	Observaciones
MH18 	6045323	1.2	Concéntrica	Buena	No se observaron señales de sobrelevación del flujo en la cámara
MH13 	6045270	1.2	Concéntrica	Buena	La presencia de basuras en los peldaños evidencia la ocurrencia de remansos en la cámara.
MH14 	6045269	1.2	Concéntrica	Buena	No se observaron señales de sobrelevación del flujo en la cámara.

Nota. Adaptado de UT Redes AC SMA (2022)

Tabla 15
Investigación de cámaras de inspección.

Tramo		Longitud entre ejes de cámara (m)	Pendiente (%)	Diámetro nominal (mm)	Material
Inicio	Fin				
MH10	MH11	25.496	7.02	200	Concreto
MH11	MH12	25.409	1.96	250	Concreto
MH12	MH19	59.01	2.31	250	Concreto
MH19	MH15	48.94	2.18	400	Concreto
MH15	MH16	54.624	3.69	400	Concreto
MH16	MH17	72.795	1.28	525	Concreto
MH10	MH18	59.031	3.77	250	Concreto
MH18	MH19	51.171	2.17	300	Concreto
MH12	MH13	28.952	2.23	200	Concreto
MH13	MH14	19.908	2.21	200	Concreto
MH14	MH15	58.968	3.57	250	Concreto

Nota. Adaptado de UT Redes AC SMA (2022)

Figura 21

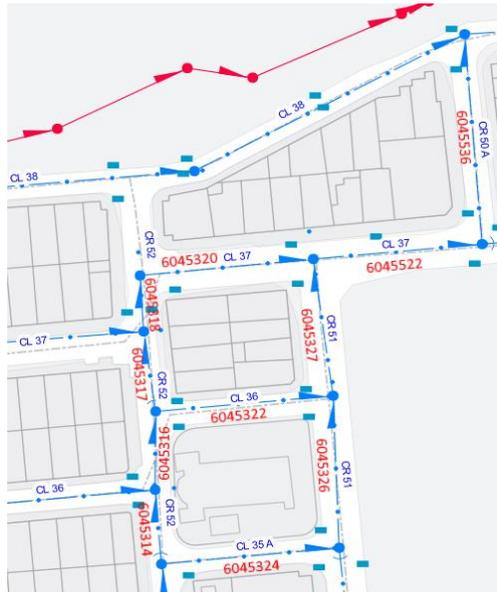
Cámaras de inspección investigadas para RCH en los levantamientos simplificados



Nota. Generada en QGIS y adaptado, UT Redes AC SMA (2022)

7.2.5. Revisión de capacidad hidráulica

La revisión de capacidad hidráulica es indispensable en la definición del comportamiento y detección de problemas hidráulicos que se puedan estar presentando en la red de alcantarillado. Teniendo en cuenta el reporte de inspección con CCTV y el levantamiento topográfico, el contratista procedió a elaborar el RCH de los tramos de la red de aguas combinadas con IPID 6045326, 6045324, 6045314 y 6045316. Además de los tramos con IPID 6045317, 6045318, 6045320 y 6045322, los cuales hacen parte de la solicitud de EPM, pero para los cuales no se realizó inspección. Adicional a esto se evaluaron, los dos tramos inmediatamente aguas abajo (IPID 6045522 y 6045536) y el tramo intermedio con IPID 6045327. La **Figura 22** muestra el consolidado de los tramos evaluados.

Figura 22*Elementos del sistema de alcantarillado para RCH.*

Nota. Generada en QGIS, UT Redes AC SMA (2022).

Luego de la definición de los tramos por evaluar, el contratista realizó la definición de las áreas tributarias a partir del trazado de las redes de alcantarillado existentes, de las curvas de nivel y de la información de urbanismo presentada en el MDA⁹. En la **Figura 23** se muestran las áreas definidas tanto para aguas residuales como para aguas lluvias.

Figura 23*Áreas Tributarias de aguas Residuales y Lluvias*

Nota. Generada en QGIS, UT Redes AC SMA (2022).

⁹ Modelo Digital Aguas.

Posteriormente, el contratista elaboró los cálculos hidráulicos de la red de alcantarillado combinado considerando la norma de diseño de sistemas de alcantarillado de EPM, y los parámetros y criterios de diseño establecidos en la resolución 0330 de junio de 2017. Algunos de estos criterios se describen a continuación:

- Período de diseño de 30 años, iniciando en el 2020 hasta el año 2050.
- Información del Circuito Castilla - Bello para las áreas tributarias de aguas residuales.
- La determinación de las dotaciones de acueducto se realizó con la información sobre los usuarios del sistema de acueducto suministrada por EPM que se resume en la **Tabla 16**. Con esta información y el área del circuito se estimó la dotación neta promedio en l/s/ha.

Tabla 16

Dotaciones neta circuito Castilla - Bello.

Concepto	Castilla – Bello	
	2021	2050
Año		
ANC	0.35	0.33
Dotación Neta (M3/mes)	13.42	13.02
Clientes	21 423	24 591
Consumo Total (L/s)	110.9	123.6
Suministro (L/s)	171.41	184.63
Área circuito (ha)	355.35	355.35
D_{neto} (l/s/ha)	0.32	0.35
D_{bruta} (l/s/ha)	0.42	0.46

Nota. Adaptado de UT Redes AC SMA (2022).

- Con la información de la dotación neta obtenida en el punto anterior y teniendo en cuenta lo expuesto en las normas de alcantarillado de EPM 2013, en el numeral 5.2.3.1, se utiliza la **Ecuación 1** para el cálculo del Caudal de agua residual doméstica.

$$Q_D = C_R \times D_{NETA_P} \times (1 + IANC) \times A \quad \text{(Ecuación 1)}$$

- Para la elección de los caudales de aguas lluvias se utilizó la curva IDF¹⁰ de la estación pluviográfica Fabricato con los parámetros definidos en la norma de diseño de alcantarillado de EPM de 2013, la cual fue seleccionada de acuerdo con la aplicación del método de polígono de Thiessen.
- Siguiendo la norma de diseño de sistemas de alcantarillado de EPM de 2013, se definió el cálculo del caudal de aguas lluvias por el Método Racional, se consideró un tiempo de concentración mínimo de 3 minutos y máximo de 15 y por último se tomó un periodo de retorno de lluvia 5 años para tramos con áreas tributarias menores a 10 ha y de 10 años para tramos mayores o iguales a 10 hectáreas.
- El coeficiente de rugosidad de Manning de las tuberías se consideró de 0,013 para tuberías de concreto y acero, y de 0,010 para PVC¹¹ y PEAD¹²
- Se tomaron valores máximos de profundidad relativa para flujo uniforme (y/d) según la **Tabla 17** de la norma de EPM.

Tabla 17

Valores de la relación máxima entre la profundidad y el diámetro de la tubería.

Diámetro interno real (mm)	Relación máxima entre la profundidad y el diámetro de la tubería (%)
Menor que 500	70
Entre 500 y 1000	80
Mayor que 1000	85

Nota. Adaptado de norma de diseño de alcantarillado, EPM (2013).

- En el caso del control de orificio, se evalúa la ocurrencia en la entrada del tramo bajo flujo supercrítico según la norma de EPM, este ocurre cuando la energía del flujo entrante en la cámara no es la suficiente para pasar el caudal hacia el siguiente tramo, por este motivo, necesita ganar energía potencial subiendo el nivel del flujo en la cámara 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.

¹⁰ Intensidad – Duración – Frecuencia

¹¹ Policloruro de vinilo.

¹² Polietileno de Alta Densidad.

- Se tomó en cuenta que el diámetro interno real mínimo permitido para una red de alcantarillado combinada es de 250 mm, la profundidad mínima permisible es de 1,20 metros (en casos especiales y con las prevenciones establecidas puede ser menor), la velocidad mínima real permitida para una tubería de alcantarillado de aguas residuales es de 0,45 m/s para las condiciones del final del periodo de diseño y para el periodo inicial se tiene que garantizar un esfuerzo cortante mínimo en las paredes del tubo de 1,5 N/m², adicional, la velocidad máxima para tuberías de concreto es de 5 m/s y para tuberías plásticas de 10 m/s. Todo lo anterior de acuerdo con la norma de EPM.

En la **Tabla 18** se muestra un resumen de los resultados obtenidos en la hoja de cálculo de Excel elaborada por el contratista la cual permite obtener los perfiles de flujo en las cámaras y determinar si se presenta control de orificios. Teniendo en cuenta los resultados se indica en forma cualitativa el cumplimiento (SI/NO) de cada uno de los parámetros calculados de acuerdo con la norma de EPM.

Tabla 18
Resultados modelación evaluación de capacidad hidráulica

Tramo		Q _D	Diámetro	q/Q	y/d	Vel F. Uniforme o presión (v)	Esfuerzo Cortante para F. Uniforme	Vel Min. De lluvias con QT	Vel Min. Residual con QMH+Qinf al final	Vel Max. Lluvias con QT	Vel Max. Residual con QMH+ Qinf	Esf Cortante min Lluvias con QT	Esf Cort para 10% de Qlleno	Esf Cort con QMH+ Qinf al final	Esf Cort con QMH +Qinf al inicio oper	Cap Hidráulica para Q _D (v/d)
De	A	(l/s)	(mm)			(m/s)	(kg/m ²)	¿Cumple?								
6045281	6045279	9.60	200	0.111	0.254	1.53	2.08	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
6045279	6045278	87.08	250	1.046	---	1.77	---	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
6045278	6045321	132.29	250	1.465	---	2.69	---	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
6045321	6045319	262.72	400	0.855	0.790	2.47	2.65	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
6045319	6045361	437.59	400	1.094	---	3.48	---	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
6045361	6045362	465.50	525	0.956	0.864	2.34	2.03	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
6045281	6045323	122.44	250	1.061	---	2.49	---	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
6045323	6045321	151.29	300	1.063	---	2.14	---	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
6045278	6045270	13.32	200	0.272	0.406	1.11	0.97	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
6045270	6045269	103.66	200	2.127	---	3.30	---	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
6045269	6045319	174.94	250	1.558	---	3.56	---	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO

Nota. Adaptado de UT Redes AC SMA (2022).

Como se muestra en la **Tabla 18**, nueve de los tramos evaluados no cumplen con capacidad hidráulica y los dos tramos restantes, aunque cumplen capacidad hidráulica no cumplen con el diámetro nominal mínimo para redes combinadas establecido por la norma. Véase **Tabla 2**

Para los anteriores nueve tramos que no presentan capacidad hidráulica, siete de ellos presentan presurización y los dos restantes la relación de llenado es superior a la establecida por la norma. Véase **Tabla 17**.

En el último tramo (6045361-6045362), se presenta una relación de llenado de 0,864 ligeramente superior a lo establecido por la norma. Así mismo, en el penúltimo tramo y aguas arriba de este, se presenta presurización lo cual ocasiona la sobreelevación del flujo y rebose en la mayoría de las cámaras corroborando lo encontrado en campo.

7.2.6. Simulación hidráulica.

Con los datos obtenidos en la revisión de capacidad hidráulica, el contratista elaboró la simulación hidráulica exportando la información de la red con ayuda de la hoja de Excel (ya programada para esta función) al modelo EPA¹³ SWMM¹⁴, para la elaboración del modelo se tuvieron en cuenta las características físicas tanto de las tuberías como de las cámaras. Así mismo, los caudales máximos horarios de aguas residuales se introdujeron en el modelo como caudal sanitario en la cámara inicial de cada tramo, de manera similar, los caudales de aguas lluvias fueron calculado por el método racional y se introdujeron como entrada directa de caudal.

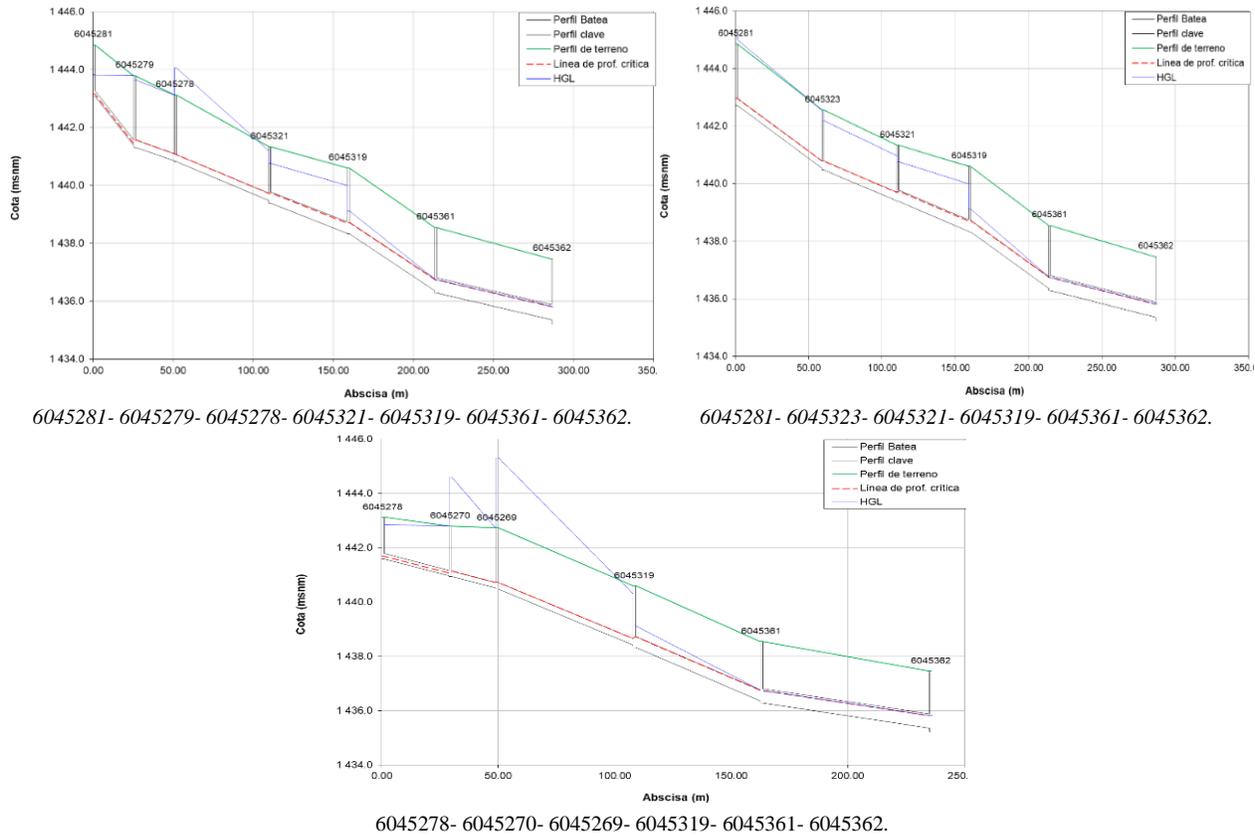
Teniendo en cuenta el requerimiento de flujo gradualmente variado de la norma, para los cálculos hidráulicos se utilizó la opción de tránsito por onda dinámica. El método de Onda Dinámica permite determinar el caudal máximo transportado en cada tramo de acuerdo con la línea de gradiente hidráulico, pudiendo ser mayor o menor que el caudal a tubo lleno en cada tramo (UT Redes AC SMA, 2022).

En la **Figura 24**, se presentan los resultados de esta simulación hidráulica, los perfiles de las cotas batea, clave y de terreno, y las líneas de profundidad crítica, así como la HGL¹⁵.

¹³ Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental)

¹⁴ Storm Water Management Model (Modelo de Gestión de Aguas Pluviales)

¹⁵ Hydraulic Gradient Line (Línea de Gradiente Hidráulico)

Figura 24*Perfiles de flujo de la simulación hidráulica*

Nota. Tomado de UT Redes AC SMA (2022).

La anterior revisión de capacidad hidráulica fue socializada por la interventoría (Aguas Nacionales) con la dirección del proyecto (EPM) el día 24 de marzo del 2022, en esta se acordó que el contratista incluiría los diseños de los tramos con IPID 6045327 y 6045522, además de realizar la revisión de capacidad hidráulica de los tramos aguas abajo del final del diseño y generar alertar en planos e informes de las condiciones hidráulicas de estos tramos.

7.2.7. Diseño hidráulico del alcantarillado combinado.

Teniendo en cuenta que la norma de diseño de alcantarillado de diseño de EPM establece para el diseño de redes de alcantarillado combinadas un diámetro mínimo nominal de 250 mm y la resolución 0330 de 2017 establece un diámetro mínimo de 260 mm, el contratista optó para el diseño de la red con una tubería mínima en PVC de 315 mm de diámetro nominal por ser la más cercana a lo establecido por la resolución.

Este diseño plantea el remplazo de las cámaras de inspección con IPID 6045319 y 604536, a las cuales se conectará un tramo de tuberías en PVC de 595 mm de diámetro interno, para lo cual, el artículo 154 de la resolución 0799 de 2021 establece el diámetro interno mínimo de estructuras de conexión como se indica en la **Tabla 19** y en el caso de las cámaras existentes sus diámetros corresponden a 1,20 m como se muestra en la **Tabla 14**, por este motivo se remplazarán por cámaras con un diámetro de 1,80 m.

Tabla 19

Diámetro interno mínimo de las cámaras de inspección

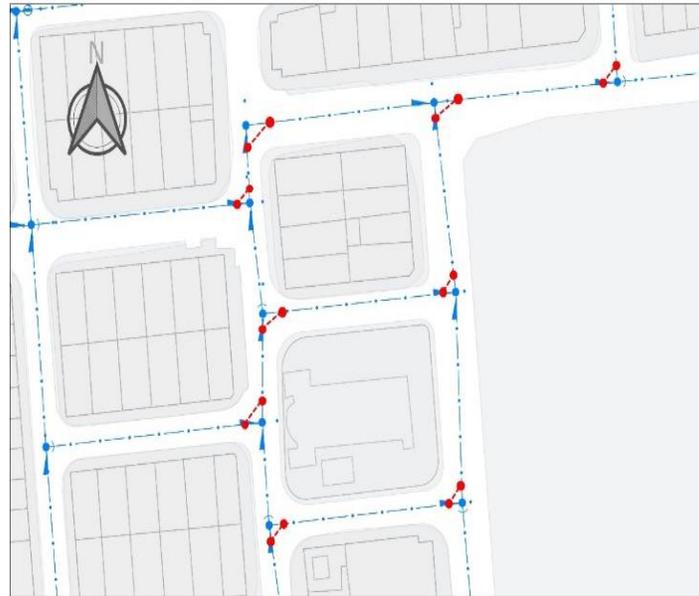
Mayor diámetro de las tuberías conectadas (mm)	Diámetro interno de la estructura (m)
De 200 a 500	1,20
Mayor que 500 hasta 750	1,50
Mayor que 750 hasta 900	1,80

Nota. Adaptado de Ministerio de Vivienda (2017)

En la primera versión del informe no se justificaba el motivo del remplazo de estas cámaras, por lo cual la interventoría realizó la observación al contratista, entregando este una segunda versión con la justificación apropiada para el remplazo de las cámaras de inspección con IPID 6045319 y 604536.

En cuanto a los ángulos rectos en las cámaras de inspección entre la tubería entrante y la tubería saliente que presenta el diseño, el contratista evaluó la eliminación de los giros como se muestra en la **Figura 25**, pero esto implicaría la construcción de 18 cámaras nuevas y 9 tramos adicionales lo cual incrementaría de manera significativa el costo del proyecto, además esto no resolvería la insuficiencia hidráulica de la red existente por lo cual se descarta y se conserva el alineamiento horizontal existente, así como la ubicación de las cámaras de inspección.

Figura 25
Arreglo para la reducción de ángulos de intersección en cámaras



Nota. Tomado de UT Redes AC SMA (2022).

Para este diseño, las áreas tributarias de aguas lluvias y residuales a diferencia de las tomadas en la revisión de capacidad hidráulica como se observan en la **Figura 23**, se tomaron con algunos cambios como se muestran en la **Figura 26**.

Figura 26
Áreas Tributarias de aguas Residuales y Lluvias para el diseño del GPZN-1093



Nota. Adaptado de UT Redes AC SMA (2022).

La interventoría revisó estas áreas tributarias de aguas lluvias, y pidió al contratista validar el drenaje de las canchas de fútbol de Comfama, lo cual podría incrementar el caudal de diseño del

proyecto en el caso que estas áreas en la actualidad drenaran a uno de los tramos objeto del GPZ. El contratista para la segunda versión evaluó el reporte de CCTV EPMTV 2311, en el cual se investigó el tramo 6045326 (frente a la iglesia San José Obrero), encontrando que el tramo tan solo presenta una acometida proveniente del costado occidental y no del costado oriental (donde se localiza la cancha). Por tal motivo se concluyó que al tramo 6045326 no llegan descargas provenientes de la cancha.

Teniendo en cuenta lo anterior, el contratista tomó los mismos parámetros establecidos en la Revisión de capacidad hidráulica para el cálculo y la evaluación del diseño (Caudales, periodo de diseño demanda de acueducto, control de orificio, etc.) y de manera análoga, ejecutó con estos parámetros y bajo las mismas condiciones, tanto el cálculo de la red de alcantarillado combinada diseñada en las hojas programadas en Excel, como la simulación en EPA SWMM. Los resultados de estos cálculos se presentan en la **Tabla 20**.

Tabla 20

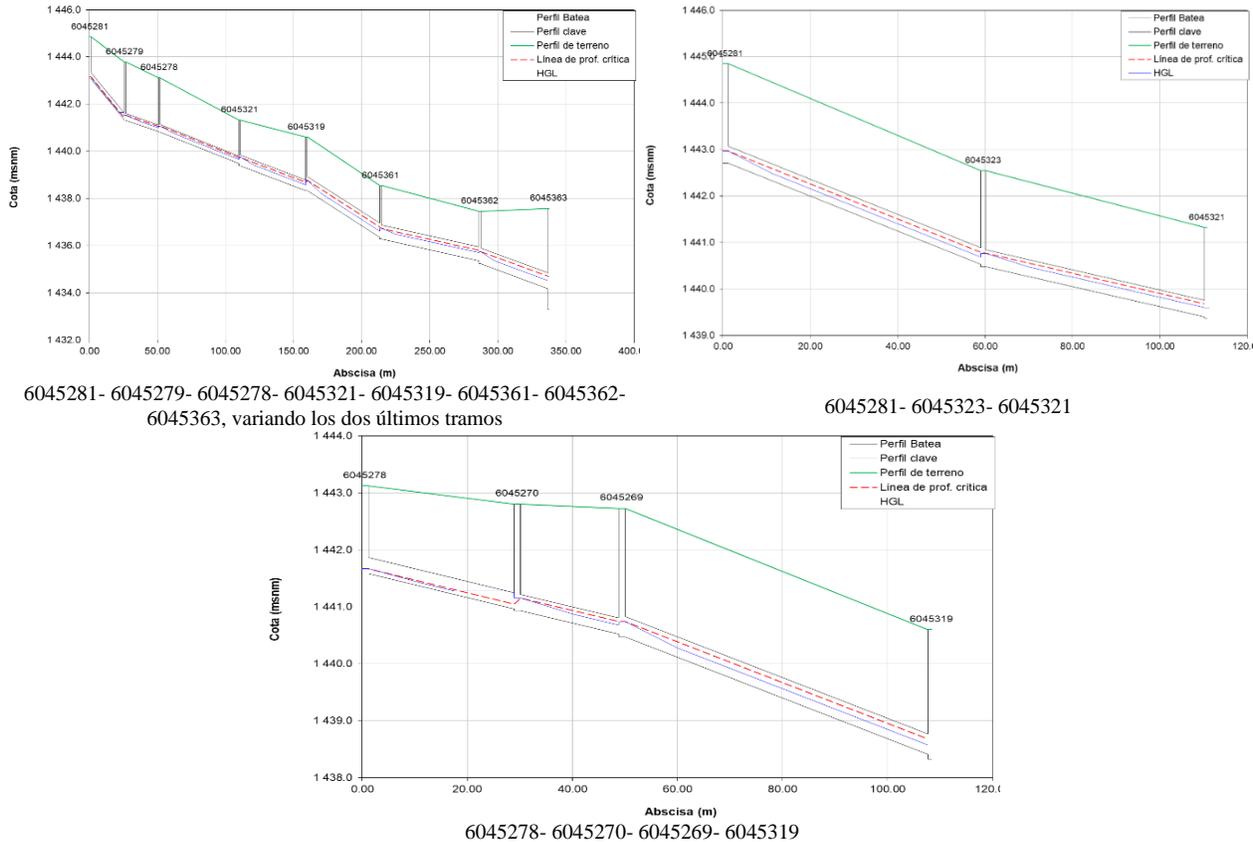
Resultados modelación hidráulica del diseño del GPZN-1093

Tramo		q/Q	v/V	y/d	Diámetro Interno (m)	Longitud a borde (m)	Vel (m/s)	Esfuerzo cortante (kg/m ²)	Vel Min.	Vel Max.	Esf Cort min	Cap Hca para QD (y/d)
De	A											
6045281	6045279	0.033	0.397	0.139	284	24,296	1.80	1,72	SI	SI	SI	SI
6045279	6045278	0.501	0.857	0.566	284	24,209	2.06	1,50	SI	SI	SI	SI
6045278	6045321	0.474	0.843	0.549	327	57,810	2.41	1,99	SI	SI	SI	SI
6045321	6045319	0.474	0.843	0.549	452	47,590	2.91	2,61	SI	SI	SI	SI
6045319	6045361	0.292	0.728	0.422	595	53,124	3.94	4,91	SI	SI	SI	SI
6045281	6045323	0.304	0.737	0.431	362	57,831	2.88	3,09	SI	SI	SI	SI
6045323	6045321	0.497	0.855	0.564	362	49,971	2.54	2,11	SI	SI	SI	SI
6045278	6045270	0.082	0.511	0.218	284	27,752	1.31	0,82	SI	SI	SI	SI
6045270	6045269	0.502	0.858	0.567	284	18,708	2.19	1,69	SI	SI	SI	SI
6045269	6045319	0.344	0.765	0.461	362	57,618	2.92	3,06	SI	SI	SI	SI

Nota. Adaptado de UT Redes AC SMA (2022).

Como resultado de la modelación hidráulica del diseño, se obtuvieron los perfiles de flujo que aparecen en la **Figura 27** donde se observan los perfiles de las cotas batea, clave y de terreno, y las líneas de profundidad crítica, así como la HGL

Figura 27
Perfiles de flujo para el diseño



Nota. Tomado de UT Redes AC SMA (2022).

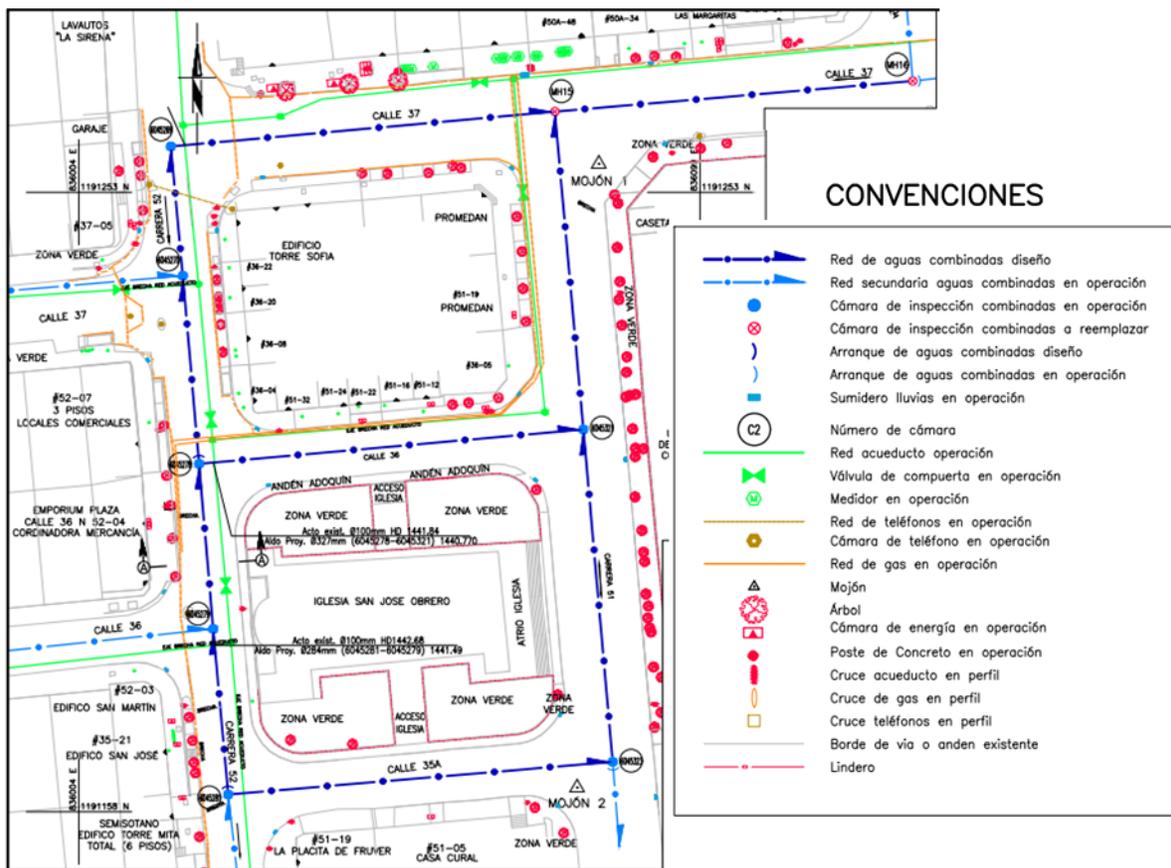
La interventoría en su ejercicio de seguimiento y revisión de los diferentes proyectos de alcantarillado observa en el diseño presentado que para el tramo con IPID 6045522 se propone un diámetro nominal de 650 mm (diámetro interno 595 mm). De acuerdo con el artículo 143 de la resolución 0330 de 2017, para los diámetros superiores a 600 mm no se permite las conexiones directas de acometidas, por lo cual, se solicitó al contratista verificar dicho parámetro, quien en la segunda versión aclaró que la norma hace referencia al diámetro interno real, el cual corresponde a 595 mm; por tal motivo, para este proyecto en particular el diseño planteado no incumple la norma, además la construcción de redes paralelas que sugiere la norma incrementaría de manera significativa los costos del proyecto.

7.2.8. Conclusiones del diseño del GPZN-1093

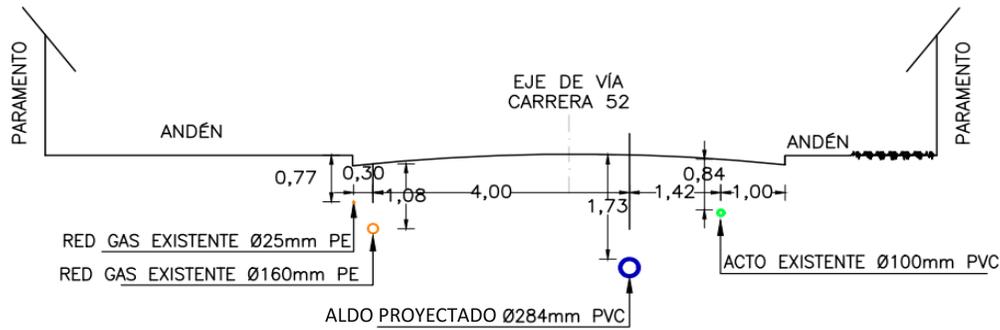
En síntesis, el contratista propuso el remplazo de dos cámaras de inspección (6045319 y 6045361) y la modernización de diez tramos de red de alcantarillado de aguas combinadas (6045314, 6045316, 6045322, 6045327, 6045522, 6045324, 6045326, 6045317, 6045318 y 6045320). Para la totalidad de los tramos diseñados se preservó el alineamiento horizontal y vertical. Además, se plantea el tipo de intervención con zanja por la geografía de la zona y su bajo tráfico vehicular. En la **Tabla 21** se presenta el resumen de los diseños.

En la **Figura 28** se muestra el diseño de los 10 tramos representados en color morado, así como las cámaras propuestas a remplazar en rojo, como se observa en el cuadro de convenciones; de este mismo modo, en la **Figura 29** se aprecia la tubería de alcantarillado proyectada y los cruces con otras redes sobre la carrera 52.

Figura 28
Diseño plano planta, tramos GPZN-1093



Nota. Adaptado de UT Redes AC SMA (2022).

Figura 29*Corte transversal sobre la carrera 52*

Nota. Adaptado de UT Redes AC SMA (2022).

Tabla 21*Cuadro de despiece general de los tramos diseñados*

Diámetro interno (mm)	Diámetro nominal (mm)	Material	Norma	Longitud real (m)	Longitud a ejes de cámara (m)
284	315	PVC S8, RM 57	NTC 3722-3	95,04	99,77
327	355	PVC S8, RM 57	NTC 3722-3	57,83	59,01
362	400	PVC S8, RM 57	NTC 3722-3	165,51	169,17
452	500	PVC S8, RM 57	NTC 3722-3	47,6	48,94
595	650	PVC S4, RM 28	NTC 5055, ASTM F 794	53,16	54,62
Total				419,14	431,51
Cámara de inspección convencional, D = 1,50 m				4,54 m (2 un)	

Nota. Adaptado de UT Redes AC SMA (2022).

Adicionalmente, el contratista ejecutó la revisión de capacidad hidráulica de los tramos 6045536 y 6045540 solicitados luego de la socialización del RCH, Tras la modelación hidráulica de estos tramos diseñados y de los tramos solicitados para RCH se presenta presurización del tramo 6045362-6045363 y remanso del tramo anterior (6045361-6045362) pero sin afectar el comportamiento hidráulico de los demás tramos hacia aguas arriba.

Aunque se considera aceptable el comportamiento para la condición final de diseño se hace la advertencia que para un comportamiento hidráulico óptimo el tramo 6045361-6045362 debe incrementar su diámetro hasta 595mm y el tramo 6045362-6045363 hasta los 670 mm. Estos tramos no se incluyen en el diseño por estar por fuera del alcance del GPZ y de los lineamientos de EPM y la interventoría (UT Redes AC SMA, 2022)

7.2.9. Revisiones y Aprobación del diseño del GPZN-1093

Adicional a las observaciones realizadas por la interventoría mencionadas en numerales anteriores, se realizaron observaciones generalizadas a otros elementos del entregable de diseño del contratista las cuales se muestran a continuación:

- En el informe presentado se relacionan adicional al caudal residual, los caudales industriales, comerciales y oficiales, sin embargo, estos no se utilizan en los modelos matemáticos.
- Diferentes informes y planos presentaban errores de escritura o hacían referencia a otros proyectos.
- En el informe se citaba de manera incorrecta la resolución 0330 de 2017 y no se presentaba la resolución 799 de 2021.
- Algunos planos presentaban errores de sobreposición en sus etiquetas como se muestran en la **Figura 30**.

Figura 30

Sobreposición gráfica en planos



Nota. Adaptado de planos de diseño UT Redes AC SMA (2022)

- Se le solicitó al contratista validar los valores unitarios, rendimientos y cantidades con los que se presupuesta el GPZ.
- Además, el área de referenciación de la interventoría solicitó actualizar la plantilla MDA (plantilla de cargue masivo) a su última versión, así como verificar algunos IPID y profundidades presentadas en la topografía del proyecto.

La subsanación de todas las observaciones fue presentada por el contratista en la entrega de la versión dos de este diseño, la interventoría validó la correcta atención de estas observaciones y emitió concepto de Aprobado el día 04 de agosto del 2022 para un total de 419,14 metros de tubería que pasaron a etapa de construcción, equivalentes a 431,51 metros diseñados.

En total este proyecto contó con un entregable de Revisión de Capacidad Hidráulica el cual fue revisado y aprobado y un entregable de diseño el cual fue revisado por la interventoría y aprobado en su segunda versión. En la **Tabla 22** se muestra el resumen de los tiempos y las entregas realizadas para este proyecto.

Tabla 22

Tiempos de revisión y entregas del proyecto GPZN-1093

Proyecto	Versión	Entrega	Revisión	Aprobación
RCH GPZN-1093	1	09/03/2022	02/08/2022	04/08/2022
Diseño GPZN-1093	1	29/04/2022	2/08/2022	Devuelto
Diseño GPZN-1093	2	3/08/2022	4/08/2022	4/08/2022

8. Conclusiones

Durante el periodo que comprendió la práctica académica, se logró apoyar al área de diseño de la interventoría en la revisión de los entregables de diseño del proyecto menor de alcantarillado GPZN-1093 en el barrio Obrero del municipio de Bello, realizando aportes en cuanto a las inconsistencias en dichos entregables referentes a la norma de diseño de sistemas de alcantarillado de EPM, la resolución 0330 de 2017 (teniendo en cuenta la resolución 799 de 2021) y los criterios adquiridos durante toda la etapa formativa, logrando así una versión ajustada por parte del contratista que finalmente fue aprobada por la interventoría para posteriormente pasar a la etapa de construcción. De manera análoga, se apoyó a la interventoría en la revisión de los entregables de diagnóstico, alternativas y diseño correspondientes al proyecto de reposición de asbesto cemento del circuito de Santo domingo, logrando enviar observaciones de estos entregables al contratista para su posterior subsanación y que se continúe con el proceso de verificación y aprobación por parte del área de diseño de la interventoría.

En cuanto al plan de calidad de la interventoría se contribuyó con el manejo de las bases de datos, la administración de archivos referentes a entregas, revisiones, aprobaciones y demás documentos, así como con el correcto marcado de estos archivos y la coincidencia de las fechas y versiones con los informes semanales, mensuales, bitácoras y otros documentos que reflejan el avance de la interventoría y el cumplimiento de los objetivos del proyecto de reposición de redes de asbesto cemento. De esta misma forma, se elaboraron informes semanales y mensuales que recopilaban el progreso y gestión del área de diseño en torno a los diferentes proyectos de acueducto y alcantarillado.

Se apoyó al área de diseño de la interventoría en diversas actividades que consistieron en la recopilación y organización de información referente a los diseños que se encuentran programados en el proyecto de diagnóstico, diseño, construcción y reposición de Redes de Acueducto y Alcantarillado, acometidas y obras accesorias, donde EPM presta sus servicios. Esta información se organizó con el fin de mostrar de una manera clara el avance del proyecto en cuanto a la revisión, aprobación y seguimiento de cada uno de los circuitos, proyectos menores y urgencias que lo componen, generando las alertas pertinentes a los diseñadores. De esta forma, se elaboraron y actualizaron elementos como, bitácoras de seguimiento, bitácoras de planos aprobados, tablas y gráficos que evidencian el avance del área de diseño respecto a lo que inicialmente estaba

programado, carpetas de administración de archivos y algunas tareas cortas adicionales. Lo anterior con el fin de dar cumplimiento al plan de calidad de la interventoría.

9. Referencias

- Accinelli, R. A., & López, L. M. (2016). Asbesto: la epidemia silenciosa. *ACTA MEDICA PERUANA*, 33(2), 138. <https://doi.org/10.35663/amp.2016.332.64>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Health Effects of Asbestos. Noviembre 03 de 2016.
- Calderón Ospina, M. F. (2022). 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. [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia
- Empresas Públicas de Medellín. (2013). Normas de Diseño de Sistemas de Acueducto de las Empresas Públicas de Medellín E. S. P.
- Empresas Públicas de Medellín. (2013). Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín. E. S. P.
- 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. Medellín.
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans. Arsenic, Metals, Fibres and Dusts. Lyon (FR): International Agency for Research on Cancer; 2012. (IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, No. 100C.)
- Ley 1968 de 2019. Por el cual se prohíbe el uso de asbesto en el territorio nacional y se establecen garantías de protección a la salud de los colombianos. 11 de julio de 2019.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad Y Territorio. RESOLUCIÓN No. 0330 de 08 de junio de 2017. Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009. Bogotá. s.n., 2017. 182 p.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad Y Territorio. RESOLUCIÓN No. 0799 de 09 de diciembre de 2021. Por la cual se modifica la Resolución 0330 de 2017. Bogotá. s.n., 2021. 82 p.
- Rosero Mora, C. (2022). *Revisión y seguimiento al diagnóstico y alternativas de redes de acueducto en el Circuito Altavista sur y urgencia de alcantarillado ubicada en el barrio San Bernardo*. [Trabajo de grado profesional]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

SANEAR. (2022). INFORME DE DIAGNÓSTICO DE ACUEDUCTO CIRCUITO SANTO DOMINGO. Medellín.

SANEAR. (2022). INFORME DE ALTERNATIVAS DE ACUEDUCTO CIRCUITO SANTO DOMINGO. Medellín

SANEAR. (2022). INFORME DE DISEÑO DE ACUEDUCTO CIRCUITO SANTO DOMINGO. Medellín

UT Redes AC SMA. (2022). GPZN-1093 – REPOSICIÓN RED COMBINADA BARRIO OBRERO INFORME DE REVISIÓN DE CAPACIDAD HIDRÁULICA. Medellín.

UT Redes AC SMA. (2022). GPZN-1093 – REPOSICIÓN RED COMBINADA BARRIO OBRERO INFORME DE DISEÑO. Medellín.