



**Diseño de la red externa de alcantarillado pluvial y sanitario para el Restaurante-Bar
La Fonda de Juancho, localizado en la vereda Pantanillo del municipio de Envigado,
Antioquia.**

Sara Ángel Jaramillo

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Sanitario

Asesora

Verónica Isabel Castro Sánchez
Magister (MSc) en Ingeniería Ambiental

Universidad de Antioquia
Facultad de ingeniería, Escuela Ambiental
Ingeniería Sanitaria
Medellín
2024

Cita	(Ángel Jaramillo, 2024)
Referencia	Ángel Jaramillo, S.A (2024). <i>Diseño de la red externa de alcantarillado pluvial y sanitario para el Restaurante-Bar La Fonda de Juancho, localizado en la vereda Pantanillo del municipio de Envigado, Antioquia. [Semestre de industria]. Universidad de Antioquia, Medellín.</i>
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/Director: Julio Cesar Saldarriaga Molina.

Jefe departamento: Lina María Berrouet Cadavid.

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

DEDICATORIA

Querido hijo, esposo y familia,

Hoy quiero dedicar unas palabras para agradecerles por todo su apoyo incondicional durante el proceso de elaboración de mi proyecto de grado. Sin su apoyo, comprensión y amor, no habría sido posible completar este importante logro en mi vida académica.

Hijo mío, tu constante motivación y aliento me han dado fuerzas para seguir adelante incluso en los momentos más difíciles. Tu apoyo emocional y tus palabras de aliento han sido fundamentales para mantenerme enfocada y comprometida con mi trabajo.

Esposo mío, tu paciencia y comprensión han sido invaluable. A pesar de las horas tardías y los momentos de estrés, siempre has estado ahí para escucharme, brindarme apoyo emocional y recordarme cuán capaz soy. Tu amor incondicional me ha dado la confianza necesaria para enfrentar cada obstáculo y superarlo.

Familia querida, su apoyo y comprensión durante este proceso han sido fundamentales. Sus palabras de aliento, sus muestras de cariño y su presencia constante me han dado la fuerza necesaria para seguir adelante.

Agradezco a cada uno de ustedes por creer en mí y por estar a mi lado en cada paso del camino. Este logro no solo es mío, sino también de ustedes. Sin su amor, aliento y apoyo, no habría sido posible llegar hasta aquí.

Los quiero con todo mi corazón y agradezco profundamente todo lo que han hecho por mí. Espero que esta dedicación sea un pequeño reflejo de mi gratitud y amor eterno hacia ustedes.

Con cariño,

Sara Ángel Jaramillo

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi profunda gratitud y aprecio por mi Jefe, agradezco su liderazgo y confianza en mí. Gracias por brindarme la oportunidad de aprender y desarrollarme en el entorno laboral. Su guía y consejos han sido invaluable para mi formación y me han ayudado a enfrentar los desafíos con confianza.

Agradezco a la docente Isabel Castro Sánchez quién asesoró, poniendo a disposición su conocimiento y experiencia. Agradezco su disposición para responder mis preguntas, brindarme retroalimentación constructiva y orientarme en la realización de mis tareas. Su apoyo ha sido fundamental para mi aprendizaje y crecimiento profesional.

Estimadas compañeras de trabajo, Agradezco su disposición para compartir conocimientos, brindar ayuda y colaborar en proyectos. Gracias por crear un ambiente de trabajo positivo, y significativo. Su profesionalismo, amabilidad y compañerismo han hecho que cada día en el trabajo sea agradable y motivador.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUCCIÓN	10
2. OBJETIVOS	11
2.1. Objetivo general	11
2.2. Objetivos específicos	11
3. MARCO TEÓRICO.....	12
3.1. RED DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES	14
3.1.1. Caudal de aguas residuales domésticas	14
3.1.2. Caudal de aguas residuales industriales.....	16
3.1.3. Caudal de aguas residuales comerciales	16
3.1.4. Caudal de aguas residuales institucionales	17
3.1.5. Caudal por conexiones erradas	17
3.1.6. Caudales por infiltración.....	17
3.1.7. Caudal medio diario de aguas residuales (Q_{MD})	18
3.1.8. Factor de mayoración	18
3.1.9. Caudal máximo horario	19
3.1.10. Caudal de diseño	19
3.1.11. Velocidad mínima.....	20
3.1.12. Diámetro interno mínimo.....	21
3.2. RED DE ALCANTARILLADO DE AGUAS LLUVIAS.....	21
3.2.1. Áreas de drenaje	21

3.2.2.	Caudal de diseño	21
3.2.3.	Diámetro interno mínimo.....	22
3.2.4.	Velocidad mínima.....	22
3.2.5.	Impermeabilidad.....	22
3.2.6.	Velocidad máxima en las tuberías	22
3.2.7.	Anclajes en tuberías de alcantarillado	22
3.2.8.	Profundidad mínima a la cota clave de las tuberías.....	23
4.	METODOLOGÍA	23
5.	RESULTADOS	24
5	ANÁLISIS.....	39
6.	CONCLUSIONES.....	40
7.	REFERENCIAS.....	41
8.	ANEXOS	41

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Información general del proyecto	25
Tabla 2. Datos para el cálculo del caudal de diseño.....	27
Tabla 3. Datos más relevantes del sistema de alcantarillado residual.....	28
<i>Tabla 4. Despiece del alcantarillado residual</i>	<i>29</i>
Tabla 5 Resumen por tramos de pendientes y velocidades.....	30
Tabla 6. Área tributaria de aguas lluvias a cada tramo	30
Tabla 7. Coeficientes C, H y M del método racional.....	32
Tabla 8. Caudal de diseño de aguas lluvias para cada tramo.....	32
Tabla 9. Diámetros, longitudes y pendientes por tramos.....	34
Tabla 10. Velocidad real calculada en cada tramo.....	35
Tabla 11. Pendientes para cada tramo.....	36
Tabla 12. Profundidad a la cota clave para cada tramo.....	37
Tabla 13. Despiece del alcantarillado de aguas lluvias.....	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Red sanitaria y pluvial de alcantarillado.	13
Figura 2. Ubicación del proyecto	25
Figura 3. Norma Técnica colombiana NTC 1500.	26
Figura 4. Tabla B.2.6 de la resolución 0330	27
Figura 5. Planta de la red de alcantarillado Restaurante - Bar La Fonda de Juancho.	28

RESUMEN

El Restaurante – Bar La Fonda de Juancho es un proyecto en etapa constructiva de carácter privado localizado en la vereda Pantanillo del municipio de Envigado, Antioquia. Cuenta con un área total de 3.43 Ha, sobre la que se ubicará el edificio y zona de parqueaderos. Con la impermeabilización de gran parte del área total disponible, se generará escorrentía de aguas lluvias desde los techos, parqueaderos y zonas de acceso al edificio; además, con el uso de unidades sanitarias, lavamanos y cocinas también se producirán aguas residuales de tipo doméstico; estas requieren ser evacuadas y entregadas adecuadamente de manera tal que el impacto sobre el medio ambiente sea mínimo.

Este informe presenta el diseño de la red de alcantarillado pluvial y sanitario del proyecto; para realizarlo fue necesario efectuar una revisión bibliográfica que permitió identificar los parámetros y normas de diseño de EPM, luego, se recopiló la información suministrada por el contratante, esta incluye: topografía, estudios hidrológicos, planos arquitectónicos, entre otros. Finalmente, se realizó el trazado en planos de la red pluvial y sanitaria desde el punto de generación hasta el punto de entrega, y se verificó la capacidad hidráulica de las redes para transportar los caudales calculados.

El resultado de este proyecto es el diseño de dos sistemas de alcantarillado con sus respectivos planos y memorias de cálculo para el proyecto Restaurante- Bar La Fonda de Juancho en el municipio de Envigado.

Palabras clave: sistema de alcantarillado, aguas residuales domésticas, aguas lluvias, topografía, red de conducción, PTAR.

ABSTRACT

The Restaurant-Bar La Fonda de Juancho is a privately-owned construction project currently in progress, located in the Pantanillo district of the municipality of Envigado, Antioquia. It occupies a total area of 3.43 hectares, where the building and parking areas will be situated. The impermeabilization of a significant portion of the total available area will lead to the runoff of rainwater from roofs, parking lots, and building access areas. Additionally, the use of sanitary units, sinks, and kitchens will generate domestic wastewater that needs to be properly evacuated and managed to minimize its environmental impact.

This report presents the design of the stormwater and sanitary sewer network for the project. To achieve this, a literature review was conducted to identify the design parameters and standards of EPM. Subsequently, information provided by the contractor was compiled, including topography, hydrological studies, architectural plans, among other details. Finally, the layout of the stormwater and sanitary networks was mapped from the point of generation to the point of discharge, and the hydraulic capacity of the networks was verified to transport the calculated flows.

The outcome of this project is the design of two sewer systems, along with their respective plans and calculation records, for the Restaurant-Bar La Fonda de Juancho project in the municipality of Envigado.

1. INTRODUCCIÓN

El 25 de septiembre de 2015 los líderes mundiales en la Cumbre del desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el medio ambiente y asegurar la prosperidad para todos. Como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible se definieron 17 diferentes objetivos. El objetivo número 6: Agua limpia y saneamiento, contempla entre otras cosas, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación por vertimientos, así como aumentar la cobertura de servicios relacionados con el saneamiento, lo que contribuye a la reducción de la pobreza, la igualdad de género, la salud y el bienestar, y la sostenibilidad ambiental. Además de tener un impacto positivo en la economía al reducir los costos asociados con la atención médica y la pérdida de productividad debido a enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento como el cólera, enfermedades diarreicas, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis (ONU, 2023).

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 44% de las aguas residuales domésticas generadas en el mundo se vertieron sin ser tratadas de manera segura; y se estima que, al menos el 10% de la población mundial consume alimentos regados con aguas residuales (ONU, 2023).

En Colombia hoy en día existe una desproporción entre las zonas urbanas y rurales respecto a los indicadores de cobertura, calidad y continuidad en servicios de saneamiento básico. Si bien las coberturas rurales presentan un comportamiento creciente en las últimas décadas, siguen siendo bajas respecto a las urbanas, que como resultado de la creciente urbanización requieren mayor cantidad de recursos, tecnologías e infraestructura que las zonas más dispersas (Moreno, 2020).

El proyecto Restaurante – Bar La Fonda de Juancho donde se desarrolló este trabajo de grados, está proyectado sobre la vereda Pantanillo, área rural del municipio de Envigado; se espera recibir aproximadamente 350 visitantes por día, y una población fija de 80 empleados aproximadamente. Las aguas residuales provienen de actividades relacionadas principalmente con la preparación de alimentos y bebidas, lavado de pisos, loza y otras zonas, además del uso de unidades sanitarias y lavamanos.

Así, diseñar la red externa de alcantarillado pluvial y sanitario del proyecto Restaurante-Bar La Fonda de Juancho pretende gestionar adecuadamente las aguas residuales, y con ello, reducir la transmisión de enfermedades por insalubridad del agua, prevenir inundaciones y las pérdidas de toda índole que las mismas implican, contribuir con el mejoramiento de la calidad del agua y del medio ambiente, además de cumplir con la normatividad vigente colombiana.

Por tanto, para la ejecución de este proyecto se realizó una investigación documental en la que se determinaron los parámetros claves del diseño de un alcantarillado residual y pluvial en Colombia, que sirvieron como punto de partida para el trazado preliminar de la ruta más adecuada de evacuación tanto de las aguas residuales como lluvias hacia el punto de entrega. Con lo anterior, y con base en la topografía, se pudieron obtener como resultado principal del proyecto, los diseños de alcantarillado con las especificaciones del contratante, los planos finales y memorias de cálculo correspondientes.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Diseñar la red externa de alcantarillado pluvial y sanitario del proyecto Restaurante-Bar La Fonda de Juancho para fortalecer el saneamiento ambiental de la zona de influencia, así como el cumplimiento de la normatividad vigente, la protección del medio ambiente y de la salud pública

2.2. Objetivos específicos

- Realizar una investigación documental en la que se determinen los parámetros claves del diseño de un alcantarillado residual y pluvial.
- Elaborar los planos y dibujos correspondientes a los diseños de las redes de alcantarillado del proyecto.
- Presentar las memorias de cálculo con las variables y parámetros exigidos por la norma.

3. MARCO TEÓRICO

Recientemente, e influenciado por el desarrollo de políticas que pretenden regular los índices de contaminación, el comercio ha empezado a considerar los impactos ambientales de sus operaciones como un aspecto estratégico para implementar prácticas que permitan mejorar la calidad del recurso hídrico y del medio ambiente. En este sentido, cuando se identifican y reducen los impactos ambientales generados por una actividad humana se generan consecuencias positivas como: mejora en la imagen institucional, disminución de enfermedades y malos olores (Méndez, 2020).

Existen múltiples estrategias para mejorar la gestión empresarial a nivel ambiental. Sin embargo, entre las prácticas que han recibido un mayor impulso en los últimos años, se encuentran las acciones de saneamiento, este tema es de especial preocupación para aquellos proyectos que por su ubicación no tienen conexión con el alcantarillado municipal, por lo que deben adoptar soluciones individuales para el acceso al saneamiento básico, haciendo que las comunidades, o particulares sean responsables de su administración y mantenimiento (Huerta, 2009).

En ese sentido, el alcantarillado es un componente esencial de la infraestructura sanitaria de una localidad, que consiste en una red de tuberías y obras complementarias cuyo objetivo principal es recibir, conducir y evacuar de manera eficiente y segura las aguas generadas por las actividades humanas (aguas residuales) como el uso doméstico, industrial y comercial, y los escurrimientos superficiales producidos por las lluvias, hacia una planta de tratamiento o un punto de disposición adecuado (EPM, 2013). También pueden considerarse aguas residuales aquellas que, por mala praxis, se hayan mezclado con las anteriormente descritas.

En este orden de ideas, el alcantarillado se divide en tres categorías principales: alcantarillado sanitario, alcantarillado pluvial o de lluvias y alcantarillado combinado. El alcantarillado sanitario se encarga de recolectar y transportar las aguas residuales domésticas, industriales, y comerciales; al alcantarillado pluvial ingresan las aguas lluvias y de escorrentía superficial y el alcantarillado combinado recoge tanto las aguas residuales como las aguas pluviales en una misma red (SIAPA, 2013).

Sin embargo, de acuerdo con las necesidades actuales de las ciudades y de los reglamentos existentes en materia de control ambiental, se ha optado por separar los sistemas de alcantarillado que por años

su tendencia fue construirlos combinados por razones económicas y técnicas que en su tiempo se justificaban (Pavco Wavin, 2018). En la **Figura 1** se muestra la configuración actual más usual para los sistemas de alcantarillado.

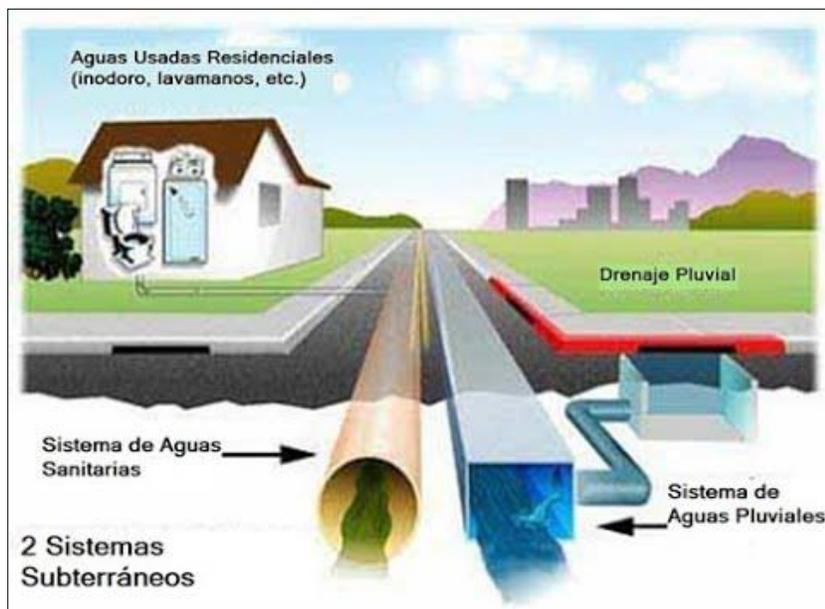


Figura 1. Red sanitaria y pluvial de alcantarillado.

Dependiendo de su origen, las aguas residuales pueden contener variedad de contaminantes en forma disuelta o suspendida; particularmente, las aguas residuales domésticas son producto de las actividades de aseo, cocina, limpieza del hogar, uso de unidades sanitarias y como resultado contienen gran cantidad de materia orgánica, microorganismos, grasas, aceites, detergentes y jabones; en general, las aguas residuales domésticas son aquellas que por la acción del ser humano han sido afectadas negativamente, y han perdido calidad, por lo que requieren tratamientos para ser purificadas y aprovechables (SIAPA, 2021).

Para recolectarlas, un sistema de alcantarillado se compone de diferentes elementos, como colectores, sumideros, cámaras de inspección, estaciones de bombeo, y aliviaderos que permiten la gestión adecuada de las aguas residuales y las aguas lluvias. Estos sistemas pueden funcionar por gravedad, aprovechando la pendiente natural del terreno, o mediante el uso de bombas para elevar el flujo de agua en terrenos más planos o contrapendientes.

El Reglamento Técnico del Sector de Agua potable y Saneamiento Básico RAS del año 2000 contempla en su Título D aspectos generales para el diseño de los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y aguas lluvias, estos como buenas prácticas de ingeniería.

Posteriormente, el 08 de junio del año 2017 entró en vigor la Resolución 0330 por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de agua Potable y Saneamiento Básico – RAS, esta reglamentó los requisitos técnicos que se deben cumplir en las etapas de planeación, diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y rehabilitación de la infraestructura relacionada con los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo. Siendo esta aplicable a los prestadores de servicios públicos, pero también a los diseñadores, constructores, interventores, operadores, y otras entidades o personas contratantes que elaboren o adelanten diseños, ejecución de obras y sistemas propios del sector de agua y saneamiento básico (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

3.1. RED DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES

3.1.1. Caudal de aguas residuales domésticas

Los aportes de aguas residuales deben determinarse con base en información de consumos y mediciones recientes registrados en la localidad, o por valores estándares establecidos por la norma EPM; sin embargo, se usan diferentes métodos para determinar la contribución de aguas residuales dependiendo del tipo de proyección de la población a beneficiar; en todos los casos relacionada con el caudal de agua potable.

Así, cuando se cuente con proyección de demanda de agua potable, se debe calcular con la siguiente ecuación:

$$Q_D = \frac{C_R + P_s + D_{NETAs}}{30}$$

Ecuación 1. Caudal de aguas residuales domésticas por proyección de demanda por suscriptor.

Donde:

- Q_D : Caudal doméstico
- C_R : Coeficiente de retorno
- P_s : número de suscriptores proyectados al periodo de diseño
- D_{NETAS} : Demanda neta de agua potable proyectada por suscriptor (m^3 /suscriptor-mes)

Cuando se cuente con proyección de demanda de agua potable, se debe calcular con la siguiente ecuación:

$$Q_D = C_R \times D_{NETAP} \times A$$

Ecuación 2. Caudal de aguas residuales por proyección de agua potable.

Donde:

- Q_D : Caudal doméstico
- C_R : Coeficiente de retorno
- A : Área tributaria de drenaje (Ha)
- D_{NETAP} : Demanda neta de agua potable proyectada por unidad de área tributaria (L/s-Ha)

Cuando se utilice proyección de población, se debe calcular con la siguiente ecuación:

$$Q_D = \frac{C_R + P + D_{NETA}}{86400}$$

Ecuación 3. Caudal de aguas residuales por proyección de población.

Donde:

- Q_D : Caudal doméstico
- C_R : Coeficiente de retorno
- P : Número de habitantes proyectados al periodo de diseño

- D_{NETAP} : Dotación neta de agua potable proyectada por habitante (L/hab-día)

No toda el agua consumida retorna al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales, ya que parte se utiliza para beber, para limpieza, para la preparación de alimentos, entre otros. Por lo que se utiliza un factor conocido como coeficiente de retorno que relaciona la fracción de agua potable utilizada que se convierte en agua residual y debe ser evacuada.

El coeficiente de retorno (C_R) debe estimarse a partir de análisis de información existente en la localidad y/o mediciones de campo realizadas por la persona prestadora del servicio. De no contar con datos de campo, se debe tomar un valor de 0.85 (EPM, 2019)

3.1.2. Caudal de aguas residuales industriales

El cálculo de las aguas residuales industriales implica determinar la cantidad de aguas residuales generadas por actividades industriales. Este cálculo se basa en diferentes factores, como el tipo de industria, los procesos de producción, el consumo de agua; este caudal puede determinarse con base en censos y estimaciones de consumos futuros (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia, 2017)

3.1.3. Caudal de aguas residuales comerciales

En caso de que en la zona objeto del diseño existan zonas netamente comerciales, el caudal de aguas residuales comerciales debe ser justificado a través de un estudio detallado de, ya sea de los consumos actuales de los clientes comerciales o en base a los consumos diarios por persona, número de personas y un coeficiente de retorno mayor que para el caudal doméstico; para aquellos casos en los que existan zonas mixtas, comerciales y residenciales, los caudales deben calcularse teniendo en cuenta la concentración comercial relativa a la residencial, utilizando una contribución de caudal comercial de 0.5 L/s-ha (EPM, 2013)

3.1.4. Caudal de aguas residuales institucionales

El consumo de agua potable de las diferentes instituciones oficiales y especiales es función del tipo y tamaño de las mismas. Consecuentemente, los caudales de aguas residuales de uso oficial y uso especial deben determinarse para cada caso particular, teniendo en cuenta la información histórica de consumos de agua potable registrada en EPM. Sin embargo, para pequeñas instituciones de uso oficial o uso especial, ubicadas en zonas residenciales, los caudales de aguas residuales deben calcularse teniendo en cuenta un valor de 0.5 L/s*ha (EPM, 2013)

3.1.5. Caudal por conexiones erradas

El caudal de conexiones erradas se refiere al volumen adicional de aguas residuales ocasionado por conexiones incorrectas o inadecuadas al sistema de alcantarillado. Estas conexiones erradas pueden incluir la entrada de aguas lluvias en la red, o la conexión incorrecta de fuentes no domésticas al sistema. En todos los casos se deberá utilizar un valor máximo de 0.2 L/s-ha como aporte de conexiones erradas a la red de aguas residuales; en caso de que no exista red de aguas lluvias podrá considerarse un caudal de conexiones erradas de hasta 2 L/s-ha (EPM, 2013)

Es importante considerar y calcular el caudal de conexiones erradas para dimensionar adecuadamente los sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales. Esto garantiza que se maneje de manera efectiva el flujo adicional de aguas residuales, evitando problemas de sobrecarga en las estructuras.

3.1.6. Caudales por infiltración

La infiltración de aguas a las redes de alcantarillado se presenta a través de fisuras en los colectores o en juntas ejecutadas deficientemente, en la unión de las tuberías con las cámaras de inspección, de caída y demás estructuras (EPM, 2013).

Su estimación debe hacerse en lo posible a partir de aforos en el sistema, en horas en las que el consumo de agua en mínimo, y de consideraciones sobre la naturaleza y permeabilidad del suelo, la topografía de la zona y su drenaje, la precipitación y la variación del nivel freático. En caso de la inexistencia de

medidas directas, se deberá adoptar un rango entre 0.1 a 0.3 L/s-ha de acuerdo con las características topográficas, de suelos, los niveles freáticos y la precipitación de la zona del proyecto (EPM, 2013).

3.1.7. Caudal medio diario de aguas residuales (Q_{MD})

El caudal medio diario de aguas residuales corresponde a la suma de los caudales domésticos, industriales, comerciales e institucionales, como se presenta en la siguiente ecuación:

$$Q_{MD} = Q_D + Q_I + Q_C + Q_{OF}$$

Ecuación 4. Caudal medio diario.

Donde:

- Q_{MD} : Caudal medio diario
- Q_D : Caudal doméstico
- Q_I : Caudal de aguas residuales industriales
- Q_C : Caudal de aguas residuales comerciales
- Q_{OF} : Caudal de aguas residuales institucionales

Para proyectos que solo tengan aportes de caudal doméstico $Q_I = Q_C = Q_{OF} = 0$, el caudal medio diario es igual al caudal de aguas residuales domésticas.

3.1.8. Factor de mayoración

El factor de mayoración (F) se utiliza para calcular el caudal máximo horario con base en el caudal medio diario. Este coeficiente tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población a lo largo del día (EPM, 2013).

El factor de mayoración puede establecerse utilizando datos de campo de los municipios atendidos por EPM. En caso de que no existan, debe estimarse con base en relaciones como la de Harmon (Ecuación 5), la cuál es válida para poblaciones menores que un millón de habitantes, y la de Flores,

en las que puede calcularse el factor de mayoración como función directa del número de habitantes (EPM, 2013).

$$F = 1 + \frac{14}{(4 + p^{0.5})}$$

Ecuación 5. Ecuación de Harmon

$$F = \frac{3,5}{p^{0.1}}$$

Ecuación 6. Ecuación de Flores

3.1.9. Caudal máximo horario

El caudal máximo horario de aguas residuales es la base para definir el caudal de diseño de las redes que conforman el sistema de alcantarillado. Para calcularlo, se usa el caudal medio diario multiplicado por un factor de mayoración (F), de acuerdo con la ecuación 7 (EPM, 2013)

$$Q_{MH} = F * Q_{MD}$$

Ecuación 7. Caudal máximo horario

Donde:

- Q_{MH} : Caudal máximo horario
- F: Factor de mayoración
- Q_{MD} : Caudal doméstico

3.1.10. Caudal de diseño

El caudal de diseño para cada tramo de tuberías que conforman la red de alcantarillado corresponde a la suma del caudal máximo horario, más los aportes de caudal de infiltración y caudal por conexiones erradas, de acuerdo con la ecuación 8 (EPM, 2013).

$$Q_{DT} = Q_{MH} + Q_{inf} + Q_{C \text{ erradas}}$$

Ecuación 8. Caudal de diseño.

Donde:

- Q_{DT} : Caudal de diseño para cada tubería
- Q_{MH} : Caudal máximo horario
- Q_{inf} : Caudal por infiltraciones
- $Q_{C \text{ erradas}}$: Caudal por conexiones erradas

Cuando el caudal de diseño calculado en uno de los tramos sea inferior a 1.5 L/s, debe adoptarse este valor como caudal de diseño (EPM, 2013).

3.1.11. Velocidad mínima

La velocidad mínima en las redes de alcantarillado según EPM se debe tener en cuenta para garantizar flujo adecuado de aguas residuales y evitar obstrucciones, prevenir la formación de olores y gases y garantizar la auto limpieza de las tuberías. La velocidad mínima real permitida para una tubería de alcantarillado de aguas residuales de EPM es 0.45 m/s, para las condiciones encontradas al final del periodo de diseño (EPM, 2013).

El diseño debe verificar la condición autolimpiante del flujo, para lo que se debe utilizar el el criterio del esfuerzo cortante de 1.5 N/m² para el caudal máximo horario, que se calcula de acuerdo con la ecuación 9 (EPM, 2013).

$$Q_{MH} = \frac{F * Q_D}{K_1}$$

Ecuación 9. Caudal máximo horario para verificación de fuerza cortante.

Donde:

- Q_{MH} : Caudal máximo horario
- F: Factor de mayoración
- Q_D : Caudal de aguas residuales domésticas
- K_1 : Coeficiente de caudal máximo diario

El esfuerzo cortante en la pared de la tubería se calcula con el caudal obtenido en la siguiente ecuación (EPM, 2013):

$$\tau = \gamma * R * S$$

Ecuación 10. Esfuerzo cortante en la pared de la tubería.

Donde:

- T: Esfuerzo cortante en la pared
- Y: peso específico del agua residual
- R: Radio hidráulico
- S: Pendiente

3.1.12. Diámetro interno mínimo

En las redes de alcantarillados para la recolección y transporte de aguas, la sección circular es la más usual para los conductos. Para el caso de las redes de alcantarillado de aguas residuales de EPM, el diámetro interno mínimo permitido es de 180 ó 170 mm. Para el caso de las redes de alcantarillado de aguas lluvias de EPM, el diámetro interno mínimo permitido es de 215 mm.

3.2. RED DE ALCANTARILLADO DE AGUAS LLUVIAS

3.2.1. Áreas de drenaje

La extensión y el tipo de áreas que drenan hacia un determinado tramo deben determinarse en forma individual, incluyendo el área tributaria propia del tramo bajo consideración. Las áreas deben determinarse por medición directa en planos y su delimitación debe ser consistente con el drenaje natural del terreno (EPM, 2013).

3.2.2. Caudal de diseño

El cálculo del caudal de diseño debe realizarse mediante el método racional (siempre y cuando el área de la cuenca de drenaje sea menos que 80 hectáreas) teniendo en cuenta tanto las áreas de drenaje

como las características de estas. También pueden usarse otros métodos basados en los modelos de infiltración

3.2.3. Diámetro interno mínimo

En las redes de alcantarillados para la recolección y transporte de aguas, la sección circular es la más usual para los conductos. Para el caso de las redes de alcantarillado de aguas lluvias de EPM, el diámetro interno mínimo permitido es de 215 mm.

3.2.4. Velocidad mínima

La velocidad mínima real permitida para las tuberías que hacen parte de la red de alcantarillado de aguas lluvias es de 0.75 m/s. Esto para impedir que los sólidos transportados se depositen en el fondo del canal.

3.2.5. Impermeabilidad

El coeficiente de impermeabilidad es una medida de la capacidad de un material del suelo para resistir el paso del agua a través de él. Esta medida se utiliza para determinar la capacidad del suelo de retener o filtrar agua. Este coeficiente se asigna al área propia de cada tramo.

3.2.6. Velocidad máxima en las tuberías

La velocidad media 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. Para los tramos en los que la velocidad sea superior a 4 m/s deberá realizarse un análisis hidráulico y de desgaste erosión (EPM, 2013).

3.2.7. Anclajes en tuberías de alcantarillado

Para garantizar la estabilidad de las tuberías frente al fenómeno de fuerza de arrastre generadas por el flujo del agua, deben definirse tipo y número de anclajes dependiendo del material de la tubería, de la

velocidad y profundidad del flujo, del diámetro de esta y teniendo en cuenta las consideraciones establecidas por los manuales técnicos de los fabricantes de las tuberías (EPM, 2013).

Lo anterior cuando la pendiente de la tubería sea superior al 15% para tuberías de superior exterior lisa, o al 25% para tuberías de superficie exterior rugosa.

3.2.8. Profundidad mínima a la cota clave de las tuberías

Las tuberías deben instalarse a una profundidad adecuada con el propósito de permitir el drenaje de las aguas. El diseño debe evitar la ruptura de estas por las cargas vivas que pueda soportar el suelo durante la vida útil del proyecto. Así las cosas, el valor mínimo permisible es de 1.2 m de profundidad a la cota clave. Para aquellos casos en los que este valor mínimo deba reducirse, se tendrán que establecerse previsiones estructurales y geotécnicas que garanticen una efectiva protección de las tuberías (EPM, 2013).

4. METODOLOGÍA

Para dar inicio con el desarrollo de este proyecto, se realizó una visita el día 13 de junio al predio sobre el que se desarrollaría la obra, ubicado en la vereda Pantanillo del municipio de Envigado con el objetivo de recopilar información preliminar relevante como características del terreno, topografía , geología del área, drenajes naturales, cuencas hidrográficas cercanas, obras u otros elementos existentes, y con ello, se planteó al inicialmente la mejor ubicación de las cámaras de inspección y la geometría de la red de alcantarillado en términos hidráulicos, de costos y ambientales.

Posteriormente, se realizó una revisión bibliográfica, este fue un proceso fundamental, que permitió recopilar, analizar y sintetizar la información existente sobre el tema. Dicha revisión comprende la norma técnica colombiana, normas técnicas internacionales, normas y manuales de EPM, leyes, decretos y otra legislación pertinente.

Luego, se recopiló la información suministrada por el contratante, esta incluyó: topografía, estudios hidrológicos, obras existentes, plano arquitectónico del proyecto, proyecciones de demanda de agua y proyecciones de crecimiento futuro y cualquier otra información de interés para la gestión y manejo

del recurso hídrico en el proyecto. Con esta información se definió el trazado de la red de aguas lluvias y de aguas residuales que mejor se ajustara al terreno y cumpliera con la norma de EPM.

Una vez quedó definida la geometría de la red y los puntos donde debían ubicarse las cámaras de inspección, se realizó el trazado de la red externa de alcantarillado pluvial y sanitario. La red sanitaria conduce las aguas residuales desde el edificio hasta la planta de tratamiento de aguas residuales, mientras que el agua lluvia es descargada directamente a un lago natural ubicado en el mismo lote.

Se tuvieron en cuenta consideraciones de diseño específicas para cada tipo de sistema (aguas residuales y aguas lluvias), como el tamaño del sistema, los diámetros nominales mínimos, la velocidad mínima y máxima, el esfuerzo cortante, pendientes, profundidad mínima a cota clave y tipo de flujo. A la que se le verificó el adecuado funcionamiento hidráulico; se dibujaron los perfiles y realizaron los ajustes requeridos para conducir el agua desde los puntos de recolección hasta la entrega sea en la PTAR para el caso de las aguas residuales, o en la quebrada Espíritu Santo las aguas lluvias priorizando los sistemas a gravedad.

5. RESULTADOS

Descripción de la zona de estudio

El proyecto La Fonda de Juancho se encuentra ubicado en el lote 028 de la vereda Pantanillo del municipio de Envigado, sureste del Valle de Aburrá del departamento de Antioquia. El municipio limita por el norte con el distrito de Medellín, al sur con el municipio de Caldas y El Retiro, al Oriente con Rionegro y El Retiro, y al Occidente con Itagüí y Sabaneta (Alcaldía municipal de Envigado, 2011); tiene una altura promedio de la cabecera de 1575 m.s.n.m y una población aproximada de 246.327 habitantes (Gobernación de Antioquia, 2022).

El predio sobre el que se desarrollará el proyecto tiene un área de 34266.77 m², de los cuales 2234.96 m² estarán ocupados por el Restaurante-Bar, el área restante se destinará como área de parqueaderos y zonas verdes.

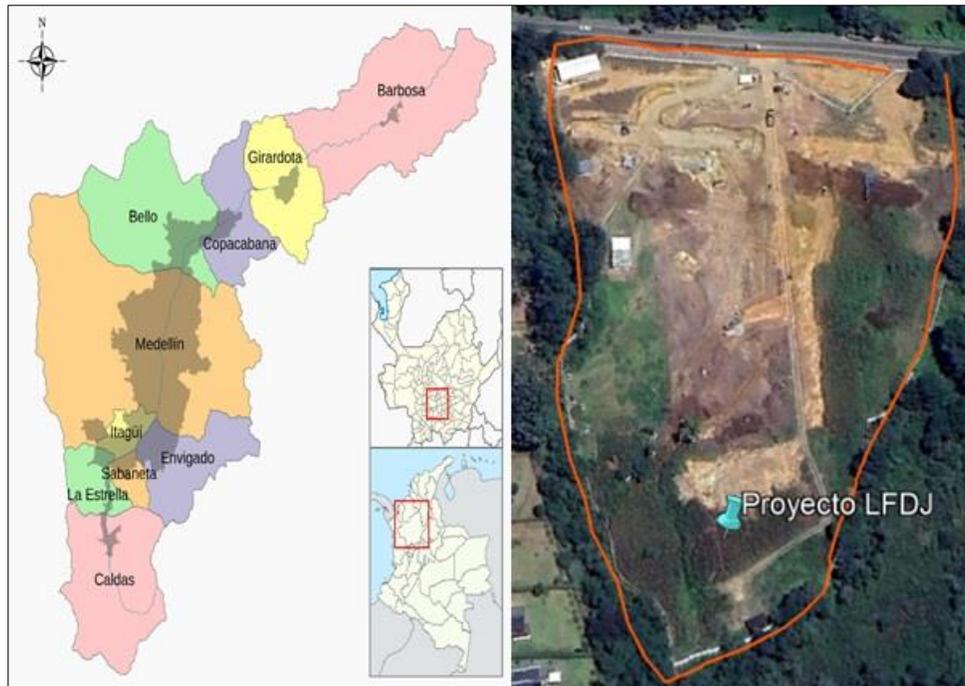


Figura 2. Ubicación del proyecto

5.1. ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES

5.1.1. Población de diseño

El Restaurante-Bar La Fonda de Juancho se tiene una proyección estimada de 350 visitantes por día, la preparación de 1000 platos diarios, así como 80 trabajadores. En la

Tabla 1 se resumen los datos generales del proyecto:

Tabla 1. Información general del proyecto

ÍTEM	DESCRIPCIÓN
Nombre del proyecto	La Fonda de Juancho
Localización	Municipio de Envigado Departamento de Antioquia
Cantidad de platos	1000 platos/día
Cantidad de empleados	80 personas
Número de comensales	350 personas/día

Por tratarse de un proyecto de tipo privado en el que el área no se verá modificada con el tiempo, no se utilizó un método de proyección de la población. En lugar de eso, se optó por estimar un número de visitantes por día, y con ello un supuesto de la cantidad de platos; adicionalmente, el restaurante tendrá producción y empaque de comida.

5.1.2. Dotación

La dotación empleada para el cálculo del caudal doméstico y de preparación de platos se tomó de la norma NTC 1500 (2da actualización), tabla 6 que se muestra a continuación en la **Figura 3**.

NORMA TÉCNICA COLOMBIANA NTC 1500 (Segunda actualización)	
Tabla 6. Evaluación del consumo	
Industrias	80 litros /trabajador
Comercio, mercancías secas, casas de abastos, peluquerías y pescaderías	20 litros/ m ² mínimo 400 litros/ día
Mercados	15 litros /m ²
Viviendas	200 litros/ habitante/ día a 250 litros/ habitante/ día
Universidades	50 litros/ persona/ día
Internados	250 litros/ persona/ día
Hoteles (a)	500 litros/ habitación/ día
Hoteles (b)	250 litros/ cama/ día
Oficinas	90 litros/ persona/ día
Cuarteles	350 litros/ persona/ día
Restaurantes	4 litros/ día/ comida
Hospitales	600 litros/ persona/ día
Prisiones	600 litros/ persona/ día
Lavanderías	48 litros /kg de ropa
Lavado de carros	400 litros /carro/ día
W.C públicos	50 litros/ hora
W.C. intermitentes	150 litros/ hora
Circos, hipódromos, parques de atracciones, estudios, velódromos, autódromos, plazas de toros y similares	1 litro/ espectador
Cabarets, casinos y salas de baile	30 litros/ m ²
Cines, teatros y auditorios	3 litros / silla
Estaciones de servicio, bombas de gasolina, garajes y estacionamientos	se colocará de acuerdo con los siguientes consumos:
Para lavado automático	12 000 litros/ día/ unidad
Para lavado no automático	7 500 litros/ día/ unidad
Para bombas de gasolina	300 litros/ día/ surtidor
Para garajes y estacionamientos cubiertos	2 litros/ día/ m ² de área
Para oficinas y ventas de repuestos	6 litros/ día/ m ² de área útil
El suministro de agua para bares, fuentes de soda, refresquerías, cafeterías y similares se calculará con base en los siguientes consumos:	
Área en m ²	Consumo diario
Hasta 30	1 500 litros/ m ²
De 31 a 60	60 litros/ m ²
De 61 a 100	50 litros/ m ²
Mayor de 100	40 litros/ m ²
Riegos	
Piso asfaltado	1 litro/ m ²
Empedrados	1,5 litros/ m ²
Jardines	2 litros/ m ²
Piscinas	300 litros/ persona
Duchas piscina	60 litros/ persona

Figura 3. Norma Técnica colombiana NTC 1500.

La dotación para la preparación de comida se tomó de la resolución 0330, Título B, Tabla B.2.6, que se muestra a continuación en la **Figura 4**.

Industria	Rango de consumo (m ³ /día)
Azucarera	4.5 – 6.5
Química (a)	5.0 – 25.0
Papel y celulosa (b)	40.0 – 70.0
Bebidas (c)	6.0 – 17.0
Textil	62.0 – 97.0
Siderúrgica	5.0 – 9.0
Alimentos (d)	4.5 – 5.0

Figura 4. Tabla B.2.6 de la resolución 0330

Además, se utilizó un coeficiente de retorno de 0.85, y un caudal de infiltración + conexiones erradas de 0.30 L/s* Ha.

5.1.3. Caudal de diseño

Como el caudal de diseño calculado en cada tramo es inferior a 1.5 L/s, se adopta este valor como caudal de diseño. En la **Tabla 2** se encuentran consignados los datos de entrada para calcular el caudal de diseño; y en la **Tabla 3** los resultados obtenidos para el dimensionamiento del sistema, con base en la demanda de agua potable, y teniendo en cuenta que, las aguas residuales del proyecto provienen de un solo punto generador, lo que simplifica bastante el diseño de este.

Tabla 2. Datos para el cálculo del caudal de diseño

Parámetro	Valor	Unidad
Población	430	Personas
Dotación doméstica	80	L/trabajador
Dotación preparación de platos	4	L/día * comida
Dotación producción de comida	4.5	m ³ /día
Factor de Mayoración	4	Adimensional
Coeficiente de rugosidad (n) Manning	0.009	Adimensional
Coeficiente de retorno	0.85	Adimensional

Tabla 3. Datos más relevantes del sistema de alcantarillado residual

Cámara		Diámetro interno (mm)	Longitud entre cámaras (m)	Área tributaria propia (Ha)	Caudal de diseño (L/s)
Inicial	Final				
R1	R2	182	15,83	1909,03	1,5
R2	R3	182	7,29		1,5
R3	R4	182	43,22		1,5
R4	R5	182	17,41		1,5
R5	R6	182	26,35		1,5
R6	O	182	22,36		1,5

5.1.4. Planta de la red de agua residual

El trazado de la red de aguas residuales del Restaurante - Bar La Fonda de Juancho se realizó por el costado Noreste de la vía hasta la cámara de inspección R4, en la que, se sale de la misma y pasa al terreno natural desviándose un poco para atravesar un terreno menos pendiente hasta llegar a la cota de entrega en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

En la **Figura 5** se muestra el trazado final de la red de alcantarillado.

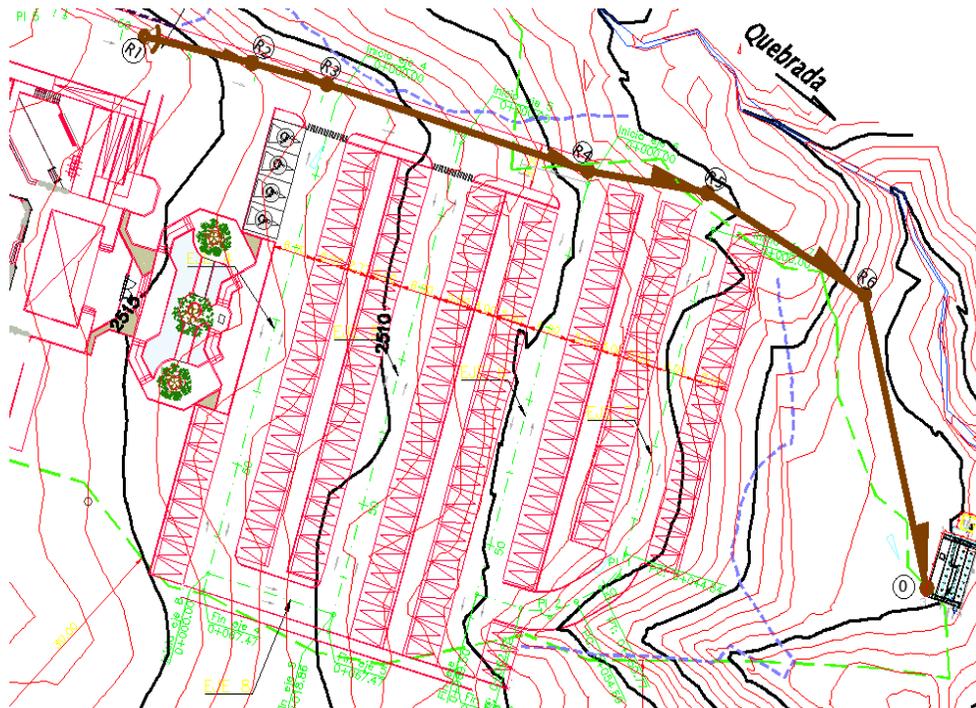


Figura 5. Planta de la red de alcantarillado Restaurante - Bar La Fonda de Juancho.

5.1.5. Cámaras de inspección

El diseño de la red de alcantarillado residual requirió de apenas seis cámaras de inspección de 1.20 de diámetro y profundidad variable, esto, debido a que las aguas residuales se generan en un solo punto, y desde allí deben conducirse por aproximadamente 140 metros hasta la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) por un terreno con pendiente negativa pronunciada.

Debido a las altas pendientes del talud sobre las que se deberá instalar una parte de la red de alcantarillado, se proyectaron varias cámaras de inspección con el propósito de suavizar la pendiente de la tubería en cada tramo.

5.1.6. Cantidades de obra

La **Tabla 4** corresponde al despiece del alcantarillado de aguas residuales del proyecto. Estas cantidades fueron calculadas haciendo un conteo del número de cámaras de inspección de 1.20 m de diámetro, y sumadas las longitudes de cada tramo para determinar los metros lineales de tubería de 8" de diámetro que se requieren instalar.

Tabla 4. Despiece del alcantarillado residual

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Tubería PVC NOVAFORT Ø183	m	150
Número total de tramos	-	6
Cámaras de inspección proyectadas Ø1,20m	-	6

5.1.7. Pendientes de las tuberías

En la **Tabla 5** se presentan las pendientes de cada tramo de tubería; para tres de ellos (R3–R4, R4 – R5, R5-R6) la pendiente es mayor al 15%, por lo que, para garantizar la estabilidad de la misma frente a la fuerza de arrastre generada por el flujo del agua, debe incluirse el diseño de los anclajes necesarios con el fin de proporcionarles estabilidad.

Además, se presenta en la misma tabla la velocidad real del agua residual que pasa por el tubo, como una condición igualmente importante para asegurar la autolimpieza de la tubería y prevenir la sedimentación de sólidos dentro de la misma.

Tabla 5 Resumen por tramos de pendientes y velocidades.

Cámara		Pendiente tubería	Velocidad real (m/s)
Inicial	Final		
R1	R2	13,52	1,50
R2	R3	13,99	1,52
R3	R4	20,94	1,76
R4	R5	27,8	1,94
R5	R6	25,31	1,88
R6	O	4,11	0,99

5.2. ALCANTARILLADO DE AGUAS LLUVIAS

5.2.1. Áreas de drenaje

Las áreas de drenaje fueron medidas directamente sobre el plano topográfico suministrado por el contratante, y se consideraron tanto las aguas tributarias que drenan hacia allí, como el área propia del tramo bajo consideración.

Tabla 6. Área tributaria de aguas lluvias a cada tramo

Cámara		Área tributaria aguas lluvias	
Inicial	Final	Propia	Otra
		[Ha]	[Ha]
L1	L2	0.0277	
L2	L3	0.0059	
L3	L4	0.0067	
L4	L5	0.0081	
L5	L6	0.0047	
L6	L7	0.0000	
L7	L8	0.0092	

L8	L81	0.0081	
L81	L9	0.0000	
L9	L10	0.0072	
L10	L11	0.0143	
L11	L14	0.0000	0.17
L14	L19	0.0081	0.01
L19	L25	0.00	0.03
L25	L26	0.0195	
L26	L28	0.0000	
L28	L29	0.00	0.0040
L29	L30	0.0000	
L30	L31	0.0000	
L31	L32	0.0000	
L13	L18	0.0294	
L16	L15	0.0063	
L15	L14	0.00692	
L212	L20	0.0128	
L20	L19	0.0186	
L17	L18	0.0082	
L18	L21	0.0106	0.0294
L21	L22	0.0087	
L22	L23A	0.0000	
L23A	L35	0.0000	
L35	B1	0.0000	
L24	L35	0.037386	
L32	L33	0.0022	
L33	L34	0.0008	
L34	L27	0.0000	
L27	L28	0.0011	

5.2.2. Impermeabilidad

El coeficiente de impermeabilidad se definió de 0.90 para todos los tramos, puesto que se prevee que habrá predominio de pavimentos asfálticos y superficies de concreto en al menos 2/3 del área total del predio.

5.2.3. Caudal de diseño

Para el cálculo del caudal de diseño se seleccionó la estación pluviográfica La Fé por ser la más cercana al punto de influencia. Esta estación mide y registra la cantidad de lluvia que cae en la zona, lo cual es fundamental para estimar los caudales de las aguas lluvias.

La estación pluviográfica asigna a los coeficientes C, M y H valores para los periodos de retorno de 5 y 10 años, en la tabla **Tabla 7** se muestran los valores asignados a cada coeficiente para el cálculo de los caudales de diseño por el método racional.

Tabla 7. Coeficientes C, H y M del método racional.

Estación Pluviográfica	La Fé	
	5 años	10 años
Periodo de retorno		
C	4510	4630.9
H	19	16
M	-1.05900	-1.03990

En la tabla **Tabla 8** se observa el caudal de diseño de aguas lluvias para cada tramo de alcantarillado.

Tabla 8. Caudal de diseño de aguas lluvias para cada tramo.

Tipo	Cámara		Caudal de diseño [l/s]
	Inicial	Final	
1	L1	L2	21.85
	L2	L3	24.78
	L3	L4	46.32
	L4	L5	60.82
	L5	L6	91.56
	L6	L7	94.28
	L7	L8	95.88
	L8	L81	125.31
	L81	L9	125.31
	L9	L10	125.31

	L10	L11	125.31
	L11	L14	125.31
	L14	L19	125.31
	L19	L25	125.31
	L25	L26	125.31
	L26	L28	125.31
	L28	L29	125.31
	L29	L30	125.31
	L30	L31	125.31
	L31	L32	125.31
1	L13	L18	10.20
1	L16	L15	2.17
	L15	L14	4.58
1	L212	L20	4.41
	L20	L19	10.76
1	L17	L18	13.35
	L18	L21	18.38
	L21	L22	21.61
	L22	L23A	21.85
	L23A	L35	34.15
	L35	B1	34.15
1	L24	L35	12.89
1	L32	L33	0.75
	L33	L34	1.04
	L34	L27	1.04
	L27	L28	1.30

5.2.4. Diámetro en las tuberías

La red de aguas lluvias del proyecto está formada por un total de 7 tramos, entre ellos un colector principal y varias líneas secundarias. El colector principal inicia con la cámara L1 hasta la L32 con una longitud de tubería de PVC Novafort de 314.060 metros y diámetro de 10 y 12 pulgadas. Las redes secundarias suman 217.67 metros de tubería PVC Novafort de 10 pulgadas.

En la tabla **Tabla 9** se observa un resumen por tramos de los diámetros y longitudes entre ejes de cámaras.

Tabla 9. Diámetros, longitudes y pendientes por tramos.

Tipo	Cámara		Diámetro interno	Longitud entre ejes Cámaras
	Inicial	Final		
			[mm]	[m]
1	L1	L2	227,00	6,47
	L2	L3	227,00	10,34
	L3	L4	227,00	13,12
	L4	L5	227,00	5,09
	L5	L6	227,00	6,72
	L6	L7	227,00	20,26
	L7	L8	227,00	36,62
	L8	L81	227,00	2,65
	L81	L9	227,00	13,11
	L9	L10	227,00	23,64
	L10	L11	227,00	32,41
	L11	L14	227,00	12,53
	L14	L19	227,00	14,82
	L19	L25	284,00	18,70
	L25	L26	284,00	89,22
	L26	L28	284,00	20,85
	L28	L29	284,00	10,80
	L29	L30	284,00	24,17
	L30	L31	284,00	97,59
	L31	L32	284,00	16,00
1	L13	L18	227,00	19,20
1	L16	L15	227,00	13,21
	L15	L14	227,00	6,21
1	L212	L20	227,00	29,26
	L20	L19	227,00	5,42
1	L17	L18	227,00	5,78
	L18	L21	227,00	15,91
	L21	L22	227,00	5,57
	L22	L23A	227,00	15,15
	L23A	L35	227,00	4,70
	L35	B1	227,00	13,60
1	L24	L35	227,00	54,80
1	L32	L33	227,00	9,12

	L33	L34	227,00	4,75
	L34	L27	227,00	44,73
	L27	L28	227,00	10,26

5.2.5. Velocidad en cada tramo

La velocidad del flujo del agua lluvia dentro del alcantarillado cumple con la norma de EPM siendo la velocidad mínima real para todos los tramos mayor a 0.75 m/s y menor a 10 m/s.

En la **Tabla 10** que sigue se presentan los resultados de velocidad real para cada tramo.

Tabla 10. Velocidad real calculada en cada tramo

Cámara		Velocidad real calculada
Inicial	Final	[m/s]
L1	L2	3,20
L2	L3	3,93
L3	L4	2,94
L4	L5	4,14
L5	L6	4,50
L6	L7	3,95
L7	L8	4,22
L8	L81	4,73
L81	L9	4,36
L9	L10	4,98
L10	L11	5,05
L11	L14	5,15
L14	L19	6,07
L19	L25	6,14
L25	L26	3,34
L26	L28	4,05
L28	L29	5,12
L29	L30	5,77
L30	L31	2,69
L31	L32	6,26
L13	L18	2,61
L16	L15	1,38

L15	L14	2,22
L212	L20	0,99
L20	L19	0,98
L17	L18	4,37
L18	L21	1,49
L21	L22	3,30
L22	L23A	4,29
L23A	L35	3,14
L35	B1	2,61
L24	L35	1,54
L32	L33	1,21
L33	L34	1,95
L34	L27	0,57
L27	L28	1,46

5.2.6. Pendientes y anclajes en tuberías

Las pendientes de cada tramo de tubería se muestran en la **Tabla 11**, para garantizar la estabilidad de la tubería frente al fenómeno de fuerza de arrastre deberán construirse anclajes en 11 tramos de la misma, las especificaciones de los anclajes se muestran más adelante en los planos.

Tabla 11. Pendientes para cada tramo.

Cámara		Pendiente tubería
Inicial	Final	[%]
L1	L2	14,53
L2	L3	23,31
L3	L4	6,02
L4	L5	13,16
L5	L6	11,46
L6	L7	7,75
L7	L8	9,20
L8	L81	10,19
L81	L9	8,09
L9	L10	11,76
L10	L11	12,25
L11	L14	12,93
L14	L19	20,58

L19	L25	23,58
L25	L26	4,09
L26	L28	7,05
L28	L29	13,61
L29	L30	19,74
L30	L31	2,22
L31	L32	24,81
L13	L18	14,17
L16	L15	8,33
L15	L14	17,39
L212	L20	1,85
L20	L19	0,92
L17	L18	48,62
L18	L21	1,95
L21	L22	15,98
L22	L23A	30,89
L23A	L35	9,57
L35	B1	5,74
L24	L35	2,83
L32	L33	13,93
L33	L34	40,63
L34	L27	1,27
L27	L28	15,11

5.2.7. Profundidad mínima a la cota clave de las tuberías

En la **Tabla 12** se observa la profundidad a la cota clave de las tuberías, verificándose que estos valores calculados cumplen con la profundidad mínima establecida en las normas de diseño de alcantarillado de las empresas públicas de Medellín EPM.

Tabla 12. Profundidad a la cota clave para cada tramo.

Cámara		Profundidad clave	
Inicial	Final	Inicial	Final
		[m]	[m]
L1	L2	1,21	1,21
L2	L3	1,24	2,26
L3	L4	2,29	1,21

L4	L5	1,24	1,21
L5	L6	1,24	1,21
L6	L7	1,24	1,21
L7	L8	1,24	1,21
L8	L81	1,24	1,76
L81	L9	1,79	1,21
L9	L10	1,24	1,21
L10	L11	1,24	1,21
L11	L14	1,24	1,21
L14	L19	1,24	1,76
L19	L25	1,73	1,70
L25	L26	1,73	2,20
L26	L28	2,23	1,70
L28	L29	1,73	1,70
L29	L30	1,73	1,70
L30	L31	1,73	1,70
L31	L32	1,73	2,20
L13	L18	1,21	1,21
L16	L15	1,21	1,21
L15	L14	1,24	1,26
L212	L20	1,21	1,21
L20	L19	1,26	1,09
L17	L18	1,21	3,76
L18	L21	3,79	1,21
L21	L22	1,26	1,76
L22	L23A	1,79	1,21
L23A	L35	1,24	1,76
L35	B1	1,79	1,76
L24	L35	1,21	2,26
L32	L33	1,21	1,21
L33	L34	1,26	1,21
L34	L27	1,26	1,36
L27	L28	1,39	1,81

5.2.8. Cantidades de obra

La **Tabla 13** corresponde al despiece del alcantarillado de aguas lluvias. Estas cantidades fueron calculadas haciendo un conteo del número de cámaras de inspección de 1.20 m de diámetro, y sumadas

las longitudes de cada tramo para determinar los metros lineales de tubería de 10 y 12 pulgadas de diámetro que se requieren instalar.

Tabla 13. *Despiece del alcantarillado de aguas lluvias*

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Tubería PVC Novafort 10"	m	820
Tubería PVC Novafort 12"	m	278
Número total de tramos	un	35
Cámaras de inspección proyectadas Ø1,20	un	36

6. ANÁLISIS

El cálculo de las redes de alcantarillado sanitario y de aguas lluvias del proyecto La Fonda de Juancho requirió de la definición de la población a atender diariamente, para ello se asumió que este número se mantendrá constante en el tiempo; sin embargo, el caudal de diseño se trabajó con 1.5 L/s, cifra mayor al caudal calculado, lo que representa un volumen de agua adicional que puede pasar por el sistema de alcantarillado sin afectar la capacidad del sistema.

Para el tramo final del alcantarillado de aguas residuales, la cota clave de la tubería quedó apenas 60 cm por debajo de la cota terreno, esto debido a que es desde esa cámara donde se entregan las aguas a la planta de tratamiento (PTAR), por lo que no puede profundizarse más. Sin embargo, el terreno no soporta cargas vivas, y está dentro de la franja de retiro de la quebrada Espíritu Santo aledaña al terreno, de manera que la interventoría aprobó dicha ubicación, y se realizará un refuerzo a la tubería para impedir posibles rupturas.

7. CONCLUSIONES

- A través de la investigación documental realizada, se identificaron los parámetros clave para el diseño de los sistemas de alcantarillado pluvial y sanitario del proyecto. Estos parámetros incluyen aspectos técnicos y legales como la capacidad de transporte, la topografía del área, las normativas y regulaciones vigentes y el correcto funcionamiento hidráulico del sistema.
- El diseño final del sistema de tratamiento de aguas residuales y de aguas lluvias del proyecto La Fonda de Juancho cumple con los parámetros hidráulicos y normativos estipulados en las normas de EPM y la Resolución 0330 del 2017 que buscan el óptimo funcionamiento de la red.
- La implementación de alcantarillados no combinados presenta grandes ventajas, principalmente relacionadas con el manejo de cada tipo de agua, esto a su vez evita la sobrecarga de los sistemas de tratamiento y mejora la calidad del agua tratada.

8. REFERENCIAS

Alcaldía municipal de Envigado . (Abril de 2011).

EPM. (2013). *epm.com.co*. Obtenido de https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/normatividad_y_legislacion/agua/Norma_Diseño_Alcantarillado_2013.pdf

EPM. (01 de 01 de 2019). *Norma de construcción Instalación de redes de alcantarillado con zanja*. Obtenido de Obtenido de EPM: https://cu.epm.com.co/Portals/proveedores_y_contratistas/proveedores-y-contratistas/normas-tecnicas/documentos/NC_AS_IL02_03_Instalacion_de_redes_de_alcantarillado_con_zanja.pdf

EPM. (05 de 01 de 2019). *Norma de construcción Sumideros*.

Gobernación de Antioquia. (2022). *Corregimientos Antioquia*.

Méndez, J. o. (2020). Los retos de acceso a agua potable y saneamiento básico de las zonas rurales de Colombia. *Revista de ingeniería*, 19-21.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (08 de 06 de 2017). *Resolución 0330 - 2017*. Obtenido de <https://minvivienda.gov.co/sites/default/files/normativa/resolucion-0330-2017.pdf>

ONU. (13 de 09 de 2023). *Organización Mundial de la Salud*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water#:~:text=El%20agua%20contaminada%20y%20el,fiebre%20tifoidea%20y%20la%20poliomielitid>.

Pavco Wavin. (2018). *Pavco*. Obtenido de <https://pavcowavin.com.co/ventajas-y-desventajas-de-separar-el-agua-de-lluvia-del-alcantarillado>

SIAPA. (2021). *siapa*. Obtenido de Siapa: https://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3._alcantarillado_sanitario.pdf

9. ANEXOS



INGENIERÍA AMBIENTAL
ESPECIALIZADA

INGENIERÍA
AMBIENTAL
ESPECIALIZADA

RED DE
ALCANTARILLADO DE
AGUAS RESIDUALES

PROYECTO:
"LA FONDA DE
JUANCHO"

CONTIENE
PLANTA

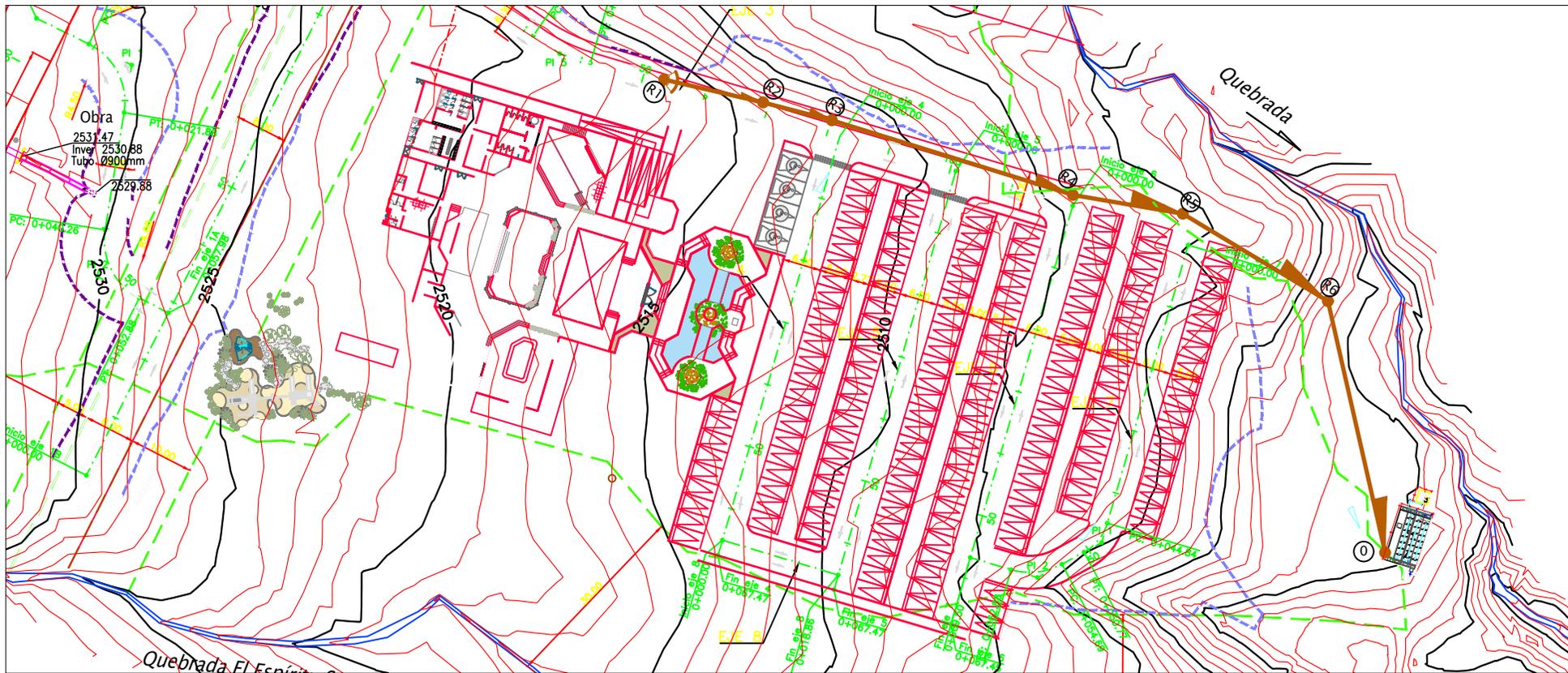
DISEÑO:
SARA ÁNGEL
JARAMILLO

REVISÓ:
ALVEIRO DAVID
SALAZAR

FECHA:
DICIEMBRE 2023

PLANO:
1

DE:
3



CONVENCIONES

Red de aguas residuales en diseño	
Cámara de inspección residual en diseño	
Arranque residual en diseño	
Borde de vía o andén	
Lindero=cerramiento	
PTAR	

LOCALIZACIÓN DE CAMARAS DE INSPECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES

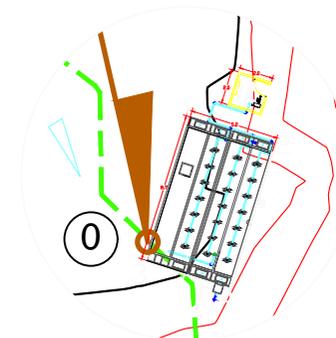
CÁMARA	NORTE	ESTE	COTA
R1	1173764,52	842467,479	2515,54
R2	1173760,99	842482,912	2513,395
R3	1173757,68	842489,411	2512,502
R4	1173746,68	842531,213	2505,367
R5	1173743,77	842548,38	2500,5
R6	1173730,25	842571,001	2492
0	1173708,51	842576,222	2489,95

CUADRO DE DESPIECE
ALCANTARILLADO RESIDUAL

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Tubería de PVC, Ø183	m	150
Número total de tramos	-	6
Cámaras de inspección proyectadas Ø1,20m	-	6

COORDENADAS PTAR

PUNTO	LATITUD	LONGITUD
1	6°9'54,13"N	75°29'58,73"O
2	6°9'54,09"N	75°29'58,57"O
3	6°9'53,87"N	75°29'58,82"O
4	6°9'53,82"N	75°29'58,65"O



DETALLE 1



INGENIERÍA AMBIENTAL
ESPECIALIZADA

INGENIERÍA
AMBIENTAL
ESPECIALIZADA

RED DE
ALCANTARILLADO DE
AGUAS RESIDUALES

PROYECTO:
"LA FONDA DE
JUANCHO"

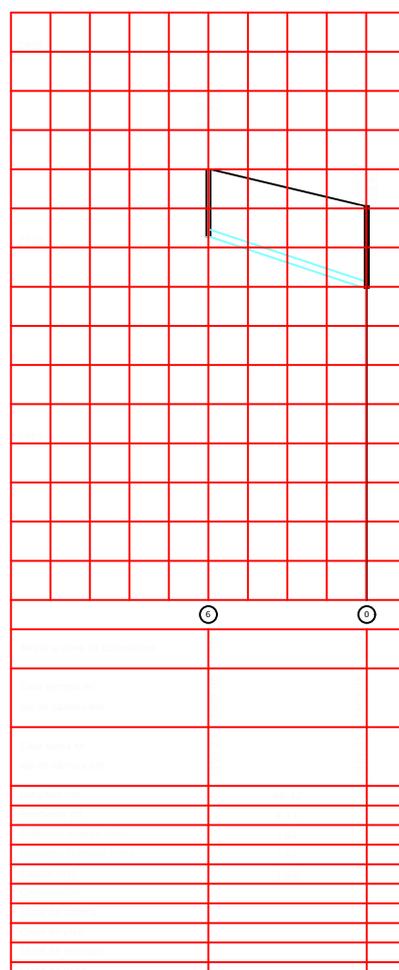
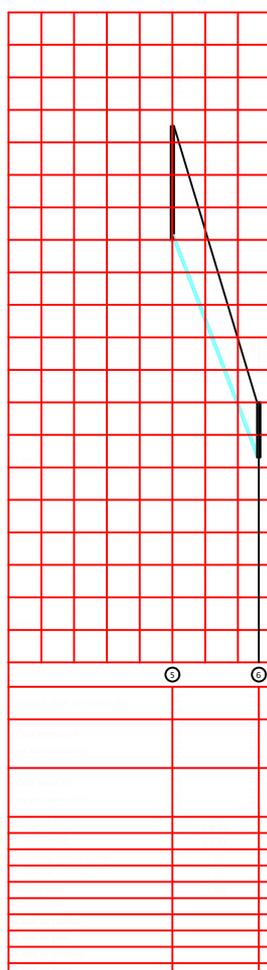
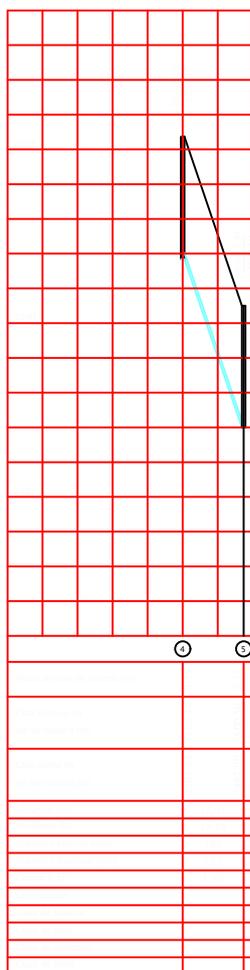
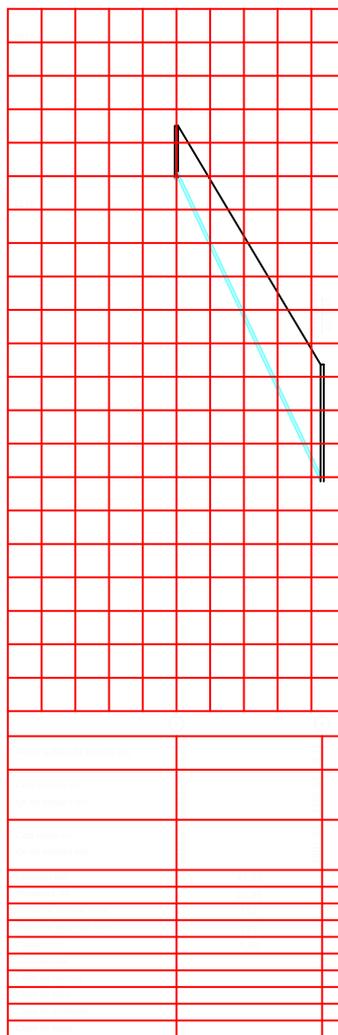
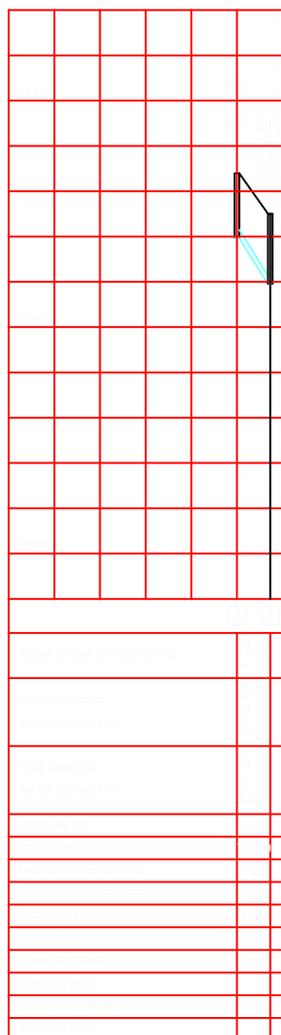
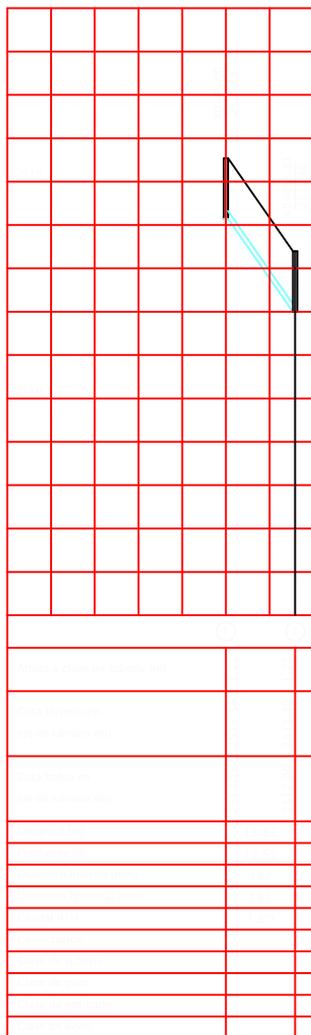
CONTIENE
PERFILES

DISEÑO:
SARA ÁNGEL
JARAMILLO

REVISÓ:
ALVEIRO DAVID
SALAZAR

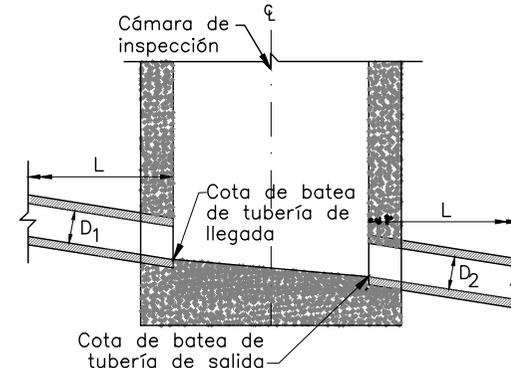
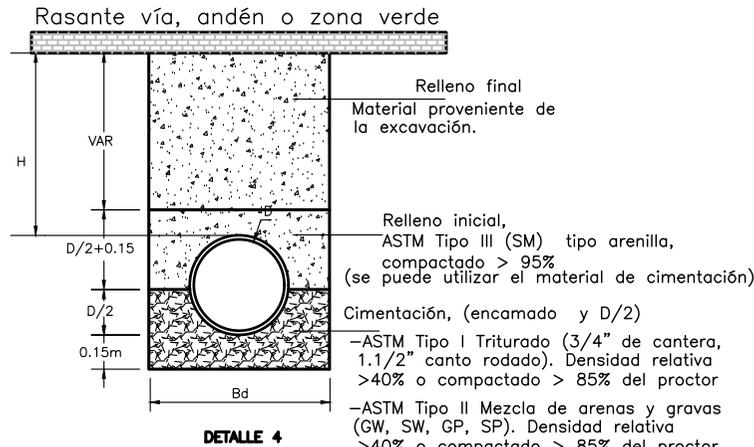
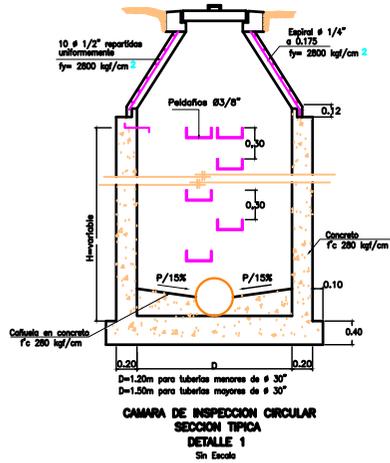
FECHA:
DICIEMBRE 2023

PLANO:	DE:
2	3



DETALLES CONSTRUCTIVOS

Cimentación altas pendientes (>15%)

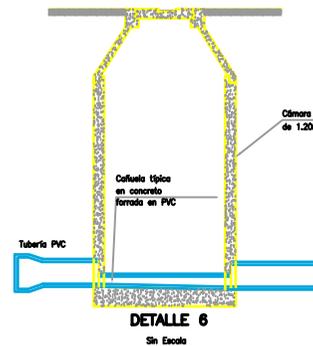
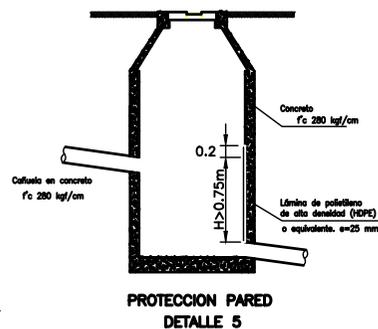
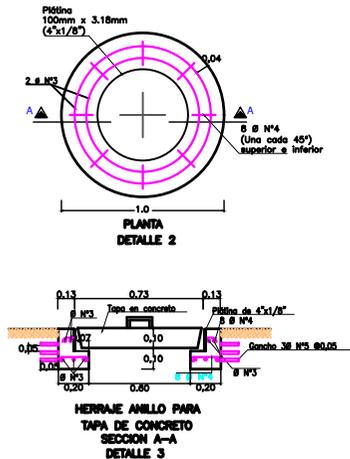


COTAS DE BATEA Y LONGITUDES ILUSTRADAS EN LOS PLANOS

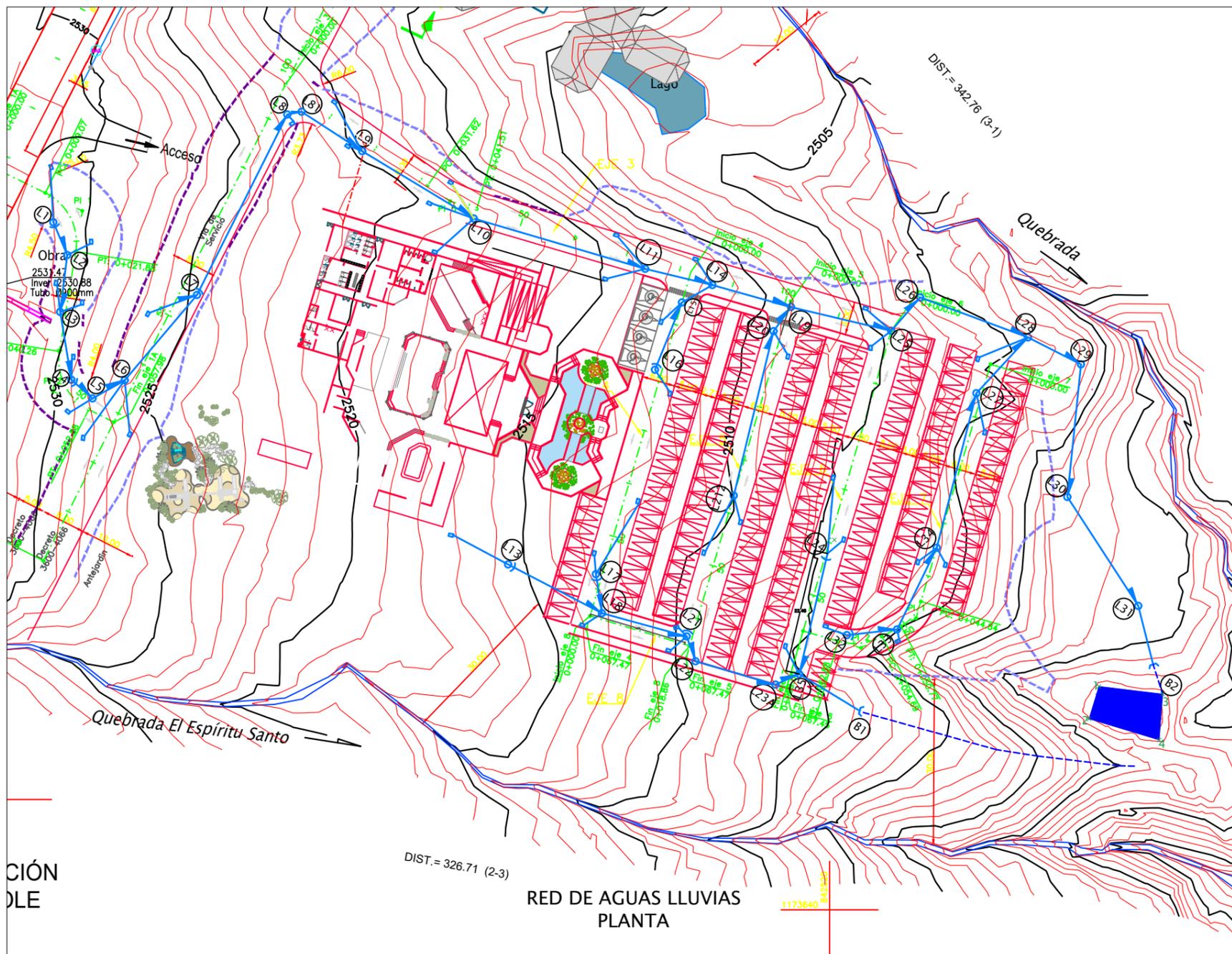
DETALLE 7

Notas y especificaciones:

1. Se sugiere que todas las cámaras de inspección sean concéntricas.
2. El tramo R6-0 no cumple con la profundidad a la clave de 1.2 m según normas de EPM; por lo que, se debe reforzar este tramo de tubería para soportar futuras cargas apoyadas sobre el terreno.
3. El concreto utilizado para las cámaras de inspección debe tener una resistencia a la compresión no menor a 28 MPa.



**HERRAJE ANILLO PARA
TAPA DE CONCRETO
SECCIÓN A-A
DETALLE 3**

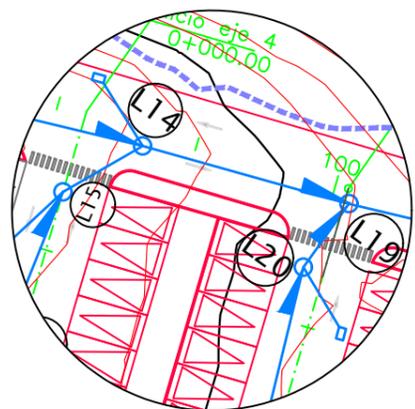


RED DE AGUAS LLUVIAS PLANTA

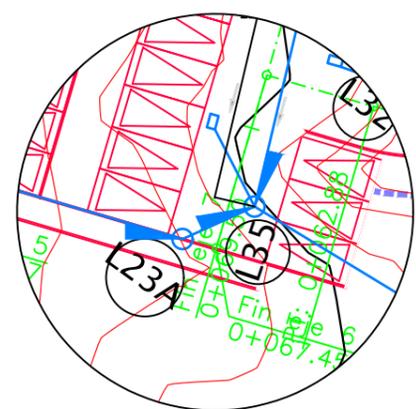
LOCALIZACIÓN LAGO			
PUN TOS	NORTE	ESTE	COTA
1	1173680,53	842568,735	2486,96
2	1173675,53	842566,406	2487,00
3	1173670,55	842579,833	2487,00
4	1173670,55	842579,833	2487,00

VOLÚMEN ALMACENAMIENTO DEL LAGO	
Ancho promedio (m)	7,22
Largo promedio (m)	12,5
Profundidad promedio (m)	1
Volúmen (m3)	90,25

CUADRO DE DESPIECE AGUAS LLUVIAS		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
Tubería de PVC, Ø229	m	820
Tubería de PVC, Ø289	m	278
Número total de tramos	-	35
Cámaras de inspección proyectadas Ø1,20m	-	35



DETALLE 1



DETALLE 2



INGENIERÍA AMBIENTAL ESPECIALIZADA

RED DE ALCANTARILLADO DE AGUAS LLUVIAS

PROYECTO: "LA FONDA DE JUANCHO"

CONTIENE PLANTA

DISEÑO: SARA ÁNGEL JARAMILLO
REVISÓ: ALVEIRO DAVID SALAZAR

FECHA: DICIEMBRE 2023

PLANO: 1 DE: 4

CONVENCIONES

Red de aguas lluvias en diseño	
Cámara de inspección pluvial en diseño	
Arranque pluvial en diseño	
Sumidero de aguas lluvias en diseño	
Borde de vía o andén	
Lindero=cerramiento	
Cabezote de descarga	
Canal de aguas lluvias	
Quebrada	
Lago	

LOCALIZACIÓN CÁMARAS DE INSPECCIÓN AGUAS LLUVIAS			
CÁMARA	ESTE	NORTE	COTA
L1	1173764.70	842379.13	2531.70
L2	1173758.75	842381.66	2530.76
L3	1173748.77	842378.94	2529.37
L4	1173736.12	842382.43	2527.50
L5	1173732.75	842386.25	2526.80
L6	1173736.05	842392.10	2526.00
L7	1173751.50	842405.21	2524.40
L8	1173784.25	842421.60	2521.00
L81	1173784,73	842424.21	2421.25
L9	1173777.59	842435.21	2519.61
L10	1173765.38	842455.45	2517.00

LOCALIZACIÓN CÁMARAS DE INSPECCIÓN AGUAS LLUVIAS			
CÁMARA	ESTE	NORTE	COTA
L11	1173756.25	842486.55	2512.80
L14	1173753.32	842498.73	2511.15
L19	1173749.34	842513.01	2508.62
L25	1173706.28	842459.29	2504.18
L26	1173751.06	842536.46	2501.00
L28	1173743.81	842556.01	2499.00
L29	1173738.92	842565.64	2497.50
L30	1173737.95	842488.33	2492.70
L31	1173695.12	842576.02	2490.50
B2	1173679.53	842579.62	2487.00

LOCALIZACIÓN CÁMARAS DE INSPECCIÓN AGUAS LLUVIAS			
CÁMARA	ESTE	NORTE	COTA
L16	1173737.95	842488.33	2513.31
L15	1173750.16	842493.38	2512.21
L14	1173753.32	842498.73	2511.15

LOCALIZACIÓN CÁMARAS DE INSPECCIÓN AGUAS LLUVIAS			
CÁMARA	ESTE	NORTE	COTA
L212	1173769.57	842494.06	2509.34
L20	1173744.94	842509.85	2508.80
L19	1173749.34	842513.01	2508.62

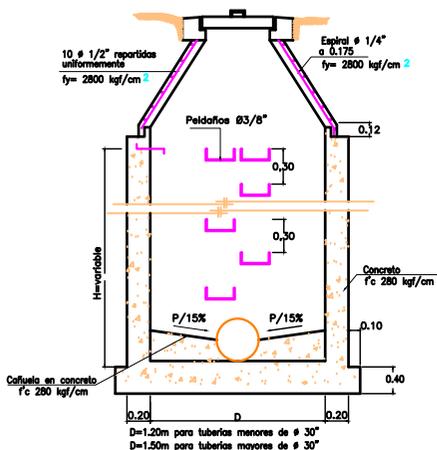
LOCALIZACIÓN CÁMARAS DE INSPECCIÓN AGUAS LLUVIAS			
CÁMARA	ESTE	NORTE	COTA
L32	1173689.82	842523.15	2503.85
L33	1173692.00	842532.01	2502.58
L34	1173695.90	842534.73	2500.60
L27	1173738.92	842546.99	2500.13
L28	1173743.81	842556.01	2499.00

LOCALIZACIÓN CÁMARAS DE INSPECCIÓN AGUAS LLUVIAS			
CÁMARA	ESTE	NORTE	COTA
L17	1173699.41	842477.31	2513.04
L18	1173693.80	842478.72	2512.78

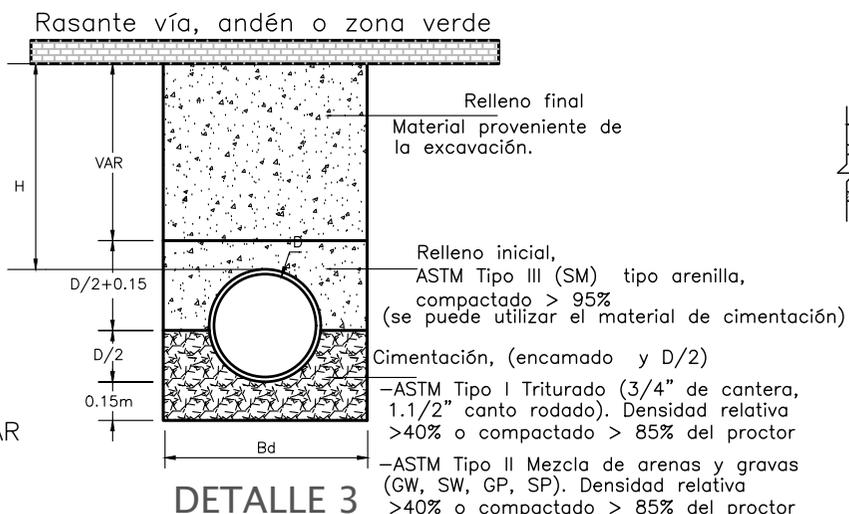
LOCALIZACIÓN CÁMARAS DE INSPECCIÓN AGUAS LLUVIAS			
CÁMARA	ESTE	NORTE	COTA
L24	1173736.10	842527.08	2504.81
L35	1173682.77	842514.48	2504.31

DETALLES CONSTRUCTIVOS

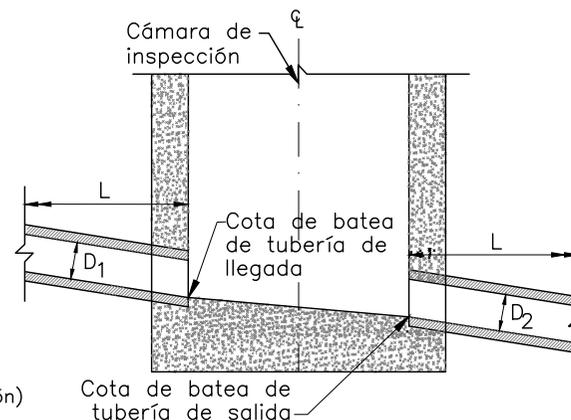
Cimentación altas pendientes (>15%)



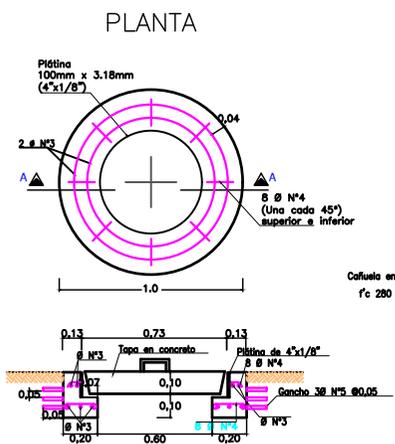
CAMARA DE INSPECCION CIRCULAR
SECCION TIPICA
DETALLE 1



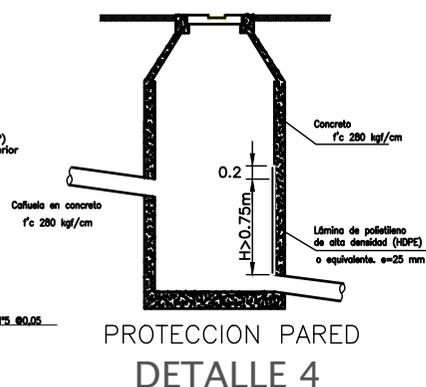
DETALLE 3



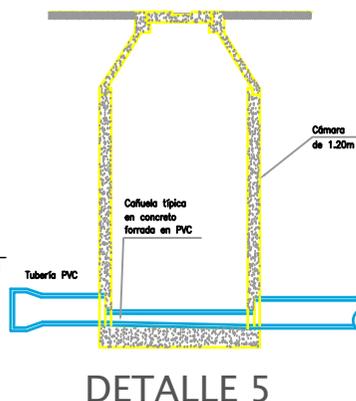
COTAS DE BATEA Y LONGITUDES ILUSTRADAS EN LOS PLANOS
DETALLE 6



HERRAJE ANILLO PARA TAPA DE CONCRETO
SECCION A-A
DETALLE 2



PROTECCION PARED
DETALLE 4



DETALLE 5

Notas y especificaciones:

- Los sumideros tienen pendientes de 2% (dos por ciento) cada uno.
- Todas las cámaras de inspección deben ser concéntricas.
- La descarga desde los puntos B1 y L32 al descole se realizarán mediante cabezote.
- El concreto utilizado para las cámaras de inspección debe tener una resistencia a la compresión no menor a 28 MPa.
- Por ningún motivo se permite la descarga de aguas provenientes del abatimiento del nivel freático o las aguas subterráneas de este proyecto a la red de aguas residuales.
- Las redes al interior del proyecto no son responsabilidad de EPM, estas deben cumplir con lo establecido el RAS, en su versión vigente, y en la norma NTC 1500- código de fontanería, en su versión vigente.
- Para los tramos cuya pendiente sea mayor al 15% deberá usarse la cimentación especificada en el Detalle 3.