

	UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA GESTIÓN DE BIBLIOTECAS						
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2

Neiva, _21 de junio del 2024__

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad, Neiva - Huila

El suscrito:

Fabio Alejandro Charry Lizcano, con C.C. No. 1075321872, Autor del trabajo de grado realizado durante las prácticas profesionales, titulado Práctica Profesional en la empresa León Aguilera S.A. presentado y aprobado en el año 2024 como requisito para optar al título de Ingeniero civil.

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que, con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores” , los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE: Fabio Alejandro Charry Lizcano, código: 20182171195

Firma:



Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS**



CARTA DE AUTORIZACIÓN

CÓDIGO

AP-BIB-FO-06

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 2

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
GESTIÓN DE BIBLIOTECAS



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

1 de 3

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: Práctica Profesional en la empresa León Aguilera S.A.

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Charry Lizcano	Fabio Alejandro

DIRECTOR Y CODIRECTOR TRABAJO DE GRADO:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Izquierdo Bautista Castillo	Jaime Henry Mauricio

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
Duarte Toro	Mauricio

PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Civil

FACULTAD: ingeniería Civil.

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería.

CIUDAD: Neiva – Huila; **AÑO DE PRESENTACIÓN:** **NÚMERO DE PÁGINAS:**

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

Diagramas___ Fotografías___ Grabaciones en discos___ Ilustraciones en general_X_ Grabados___
Láminas___ Litografías___ Mapas___ Música impresa___ Planos_X_ Retratos___ Sin ilustraciones___ Tablas
o Cuadros_X_

Vigilada Mineducación

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del sitio web Institucional www.usco.edu.co, link Sistema Gestión de Calidad. La copia o impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado y su uso indebido no es de responsabilidad de la Universidad Surcolombiana.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

2 de 3

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. _Diseño_	_Design_	6. _Caudal_	_Flow rates_
2. _Alcantarillado_	_Sewerage_	7. _Población_	_Population_
3. _Cantidades_	_Quantities_	8. _Densidad_	_Density_
4. _Presupuesto_	_Budget_	9. _Velocidad_	_Speed_
5. _APU's_	_APU's_	10. _Chequeos_	_Checkups_

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Este trabajo de grado expone una de las actividades desarrolladas en la ejecución de la modalidad de grado de prácticas profesionales realizadas en la empresa LEON AGUILERA S.A., realizando el diseño de alcantarillado sanitario del proyecto Eucalyptus ubicado en la ciudad de Neiva-Huila, el diseño se realizó para los tramos correspondientes de las torres al punto de desagüe y cuenta con su respectivo análisis y comprobación, adicional se elaboró el presupuesto de obra. Para el diseño sanitario del proyecto Eucalyptus, se utilizaron diferentes guías como, la metodología propuesta por Ricardo Alfredo López Cualla en su libro titulado "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado", la resolución 0330 de 2017 o RAS (Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico) y su resolución modificatoria 799 de 2021 y el manual de Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín. E. S. P. Los resultados obtenidos arrojaron que para la urbanización Eucalyptus todos sus tramos tendrán tubería de 8 pulgadas, y que de acuerdo al caudal que recibe la tubería a través de las domiciliarias, no supera la capacidad de carga.

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

This degree work exposes one of the activities developed in the execution of the degree modality of professional practices carried out in the company LEON AGUILERA S.A., carrying out the design of sanitary sewage for the Eucalyptus project located in the city of Neiva-Huila, the design is was carried out for the corresponding sections of the towers to the drainage point and has its respective analysis and verification, in addition, the work budget was prepared. For the sanitary design of the Eucalyptus project, different guides were used, such as the methodology proposed by Ricardo Alfredo López Cualla in his book titled "Design elements for aqueducts and sewerage", resolution 0330 of 2017 or RAS (Technical regulation of the water sector). drinking water and basic sanitation) and its amending resolution 799 of 2021 and the manual of Design Standards for Sewage Systems of the Public Companies of Medellín. E. S. P. The results obtained showed that for the Eucalyptus urbanization all its sections will have 8-inch pipes, and that according to the flow that the pipe receives through the homes, it does not exceed the load capacity.



DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO

CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 3

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Jackson Andrés Gil Hernández.

Firma:

Nombre Jurado: Jaime Izquierdo Bautista.

Firma:

Nombre Jurado: Henry Mauricio Castillo.

Firma:



Práctica Profesional en la empresa León Aguilera S.A.

Fabio Alejandro Charry Lizcano

Universidad Surcolombiana

Facultad de ingeniería, programa de ingeniería civil Neiva,

Huila

2023

Práctica profesional en la empresa León Aguilera S.A.

Fabio Alejandro Charry Lizcano

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar el título de
Ingeniero Civil

Director:

Ing. Mauricio Duarte Toro

Línea de investigación:

Hidráulica y presupuestos

Universidad Surcolombiana

Facultad de ingeniería, programa de ingeniería civil

Neiva, Huila

2024

DEDICATORIA

A mi hermana, Angie Charry, porque es un ejemplo a seguir y mi mayor apoyo.

A mis padres, Fabio Charry y Patricia Lizcano por ser incondicionales, por su apoyo y palabras de motivación. Son la razón de seguir en pie y luchando por un mejor futuro.

A Dios y a la santísima virgen María por darme la fortaleza siempre.

A mis amigos y mentores Juan Diego Candelo, Gueisler Vargas y Juan David Montenegro, por su compañía y enseñanzas en este proceso.

AGRADECIMIENTOS.

A mi familia que es mi principal motor en la vida.

A Juan Diego Candelo y Gueisler Vargas, ingenieros civiles, por sus enseñanzas y por la confiar en mí.

A la empresa León Aguilera S.A., por demostrar su amor por la ingeniería y por haberme dado la oportunidad de aprender de grandes profesionales que conforman su equipo de trabajo.

A todas las personas que, de alguna u otra manera, me dieron la mano en este proceso.

RESUMEN

Este trabajo de grado expone una de las actividades desarrolladas en la ejecución de la modalidad de grado de prácticas profesionales realizadas en la empresa LEON AGUILERA S.A., realizando el diseño de alcantarillado sanitario del proyecto Eucalyptus ubicado en la ciudad de Neiva-Huila, el diseño se realizó para los tramos correspondientes de las torres al punto de desagüe y cuenta con su respectivo análisis y comprobación, adicional se elaboró el presupuesto de obra. Para el diseño sanitario del proyecto Eucalyptus, se utilizaron diferentes guías como, la metodología propuesta por Ricardo Alfredo López Cualla en su libro titulado "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado", la resolución 0330 de 2017 o RAS (Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico) y su resolución modificatoria 799 de 2021 y el manual de Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín. E. S. P. Los resultados obtenidos arrojaron que para la urbanización Eucalyptus todos sus tramos tendrán tubería de 8 plg, y que de acuerdo al caudal que recibe la tubería a través de las domiciliarias, no supera la capacidad de carga.

Tabla de contenido

CAPITULO 1	8
1. INTRODUCCIÓN	8
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.2. ANTECEDENTES	10
1.3. JUSTIFICACIÓN	12
1.4. OBJETIVOS	14
1.4.1. OBJETIVO GENERAL	14
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.5. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO	15
CAPITULO 2	16
2. MARCO TEÓRICO	16
CAPITULO 3	18
3. METODOLOGÍA	18
3.1. DISEÑO Y COMPROBACIÓN DEL ALCANTARILLADO.	18
3.1.1. Información del proyecto:	18
3.1.2. Periodo de diseño:	20
3.1.3. Coeficiente de retorno:	20
3.1.4. Dotación o consumo:	21
3.1.5. Población de diseño:	21
3.1.6. Cálculo densidad de población:	21
3.1.7. Ubicacion de pozos de inspeccion:	22
3.1.8. Área tributaria:	23
3.1.9. Población por tramo:	24
3.2. Calculo medio de aguas residuales:	24
3.2.1. Caudal de infiltración:	25
3.2.2. Caudal de conexiones erradas:	25
3.2.3. Caudal medio diario:	26
3.2.4. Caudal máximo Horario:	26
3.2.5. Caudal de diseño:	26
3.2.6. Parámetros hidráulicos:	27
3.2.7. Topografía:	27
3.2.8. Pendiente tramos:	27

3.2.9. Diámetro Tubería:	27
3.3. Caudal a tubo lleno:	28
3.3.1. Velocidad a tubo lleno:	28
3.3.2. Relación entre caudal de diseño y caudal a tubo lleno:	28
3.3.3. Elaboración de presupuesto:	29
CAPITULO 4	29
4. ANALISIS DE RESULTADOS	29
4.1. Parámetros generales de diseño:	29
4.2. Calculo y analisis caudal de diseño:	30
4.3. Diseño y chequeos:	35
4.4. Presupuesto de obra:	42
4.4.1. Cantidades de obra:	42
4.4.2. Análisis de precio unitario:	48
4.4.3. Presupuesto de obra:	52
4.5. Conclusiones:	53
4.6. Recomendaciones:	53
4.7. Bibliografía:	¡Error! Marcador no definido.

CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La urbanización Eucalyptus es uno de los nuevos proyectos de la constructora León Aguilera S.A. está ubicada al sur de la ciudad de Neiva en la carrera 30 con calle 31 sur; muy cerca del jardín botánico, el proyecto contará con 6 Torres de apartamentos de 9 pisos, para un total de 396 unidades, por lo cual puede ser catalogada como una población pequeña.

La ingeniería civil se ha caracterizado por dar solución a problemas de carácter de infraestructura para la población que conforma una civilización, dentro de los problemas que se solucionan se atienden temas hidráulicos y sanitarios como alcantarillados que tiene un gran alcance e impacta a una población entera ya que se encarga de la conducción de las aguas residuales producto de las actividades humanas, desde su entrega por parte de un usuario (vivienda, empresa, industria, entre otros) hasta la conducción, tratamiento y disposición final.

Para ello es necesario la aplicación de conocimientos técnicos del diseño para el cálculo de las redes sanitarias en la obtención de caudales, velocidades, pérdidas de energía, diámetros, materiales de tubería, capacidad de tubería, para así garantizar un buen alcantarillado sanitario de poblaciones.

Teniendo en cuenta lo anterior, se realizó el diseño del alcantarillado sanitario para la urbanización Eucalyptus, siguiendo los lineamientos de Ricardo Alfredo López Cualla en su libro titulado "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillado", resolución 0330 de 2017 y su resolución modificatoria 799 de 2021 y el manual de Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín. E. S. P. Adicional a esto y después del diseño, de su análisis y comprobación, se realizó el correspondiente presupuesto de la red sanitaria propuesta.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La constructora LEON AGUILERA, es una empresa colombiana, con sede en la ciudad de Neiva y Pitalito, dedicada a la construcción y consultoría en las diferentes áreas de la Arquitectura, Ingeniería Civil e Ingeniería Eléctrica. Desarrolla proyectos de construcción y venta de vivienda; tipo VIS y VIP. Cada uno de estos proyectos de vivienda tienen dentro de su desarrollo diseños arquitectónicos, estructurales, hidráulicos, sanitarios, eléctricos, red contraincendios, acabados, entre otros, los cuales deben cumplir con la reglamentación técnica aplicable a cada caso.

La urbanización Eucalyptus es uno de los nuevos proyectos de la constructora ubicada al sur de la ciudad de Neiva en la carrera 30 con calle 31 sur; muy cerca del Jardín Botánico, el proyecto cuenta con 6 Torres de apartamentos de 9 pisos, para un total de 396 unidades y en la que se debe plantear soluciones para el manejo de las aguas residuales producto de actividades domésticas en cumplimiento de reglamentaciones ambientales y a nivel técnico con la resolución 0330 de 2017 y su resolución modificatoria 799 de 2021, la cual establece los parámetros que se deben cumplir en el diseño de sistemas de alcantarillado.

Por lo anterior, el diseño de un alcantarillado para esta urbanización en desarrollo, es responsabilidad de la constructora y se procede a encontrar una solución a través de una serie de cálculos hidráulicos y sanitarios, y dotar de tubería sanitaria a la población residencial de esta urbanización para la evacuación de sus aguas residuales. Además, se tendrá en cuenta la elaboración del presupuesto de obra que identifique el valor de los materiales, la mano de obra y el transporte a través de Análisis de Precios Unitarios.

1.2. ANTECEDENTES

En la actualidad, los diseños de alcantarillado son de obligatorio cumplimiento como lo son los diseños estructurales en una edificación, pues los primeros permiten conducir las aguas que han pasado por determinados usos que han cambiado sus características físicas, químicas, y microbiológicas, aplicando los requisitos de la resolución 0330 de 2017 o RAS y su resolución modificatoria 799 de 2021, quien establece los parámetros técnicos para el diseño de un alcantarillado y es la base legal de obligatorio cumplimiento y en la cual, las entidades públicas y privadas se basan para formular proyectos de este tipo. Estas aplicaciones técnicas se pueden evidenciar en el trabajo de (Barriga, Roldan, & Gomez, 2006), en el cual se realizó el diseño de alcantarillado sanitario, programación y presupuesto para el barrio Villa Carol ubicado en el municipio de Garzón, departamento del Huila. En este trabajo se realizó como primer paso el estudio demográfico para calcular proyecciones de población y de esta manera estimar caudales de aguas domésticas, institucionales, industriales, por conexiones erradas, por infiltración, de esta manera obtener el caudal máximo horario y luego el caudal de diseño.

Por otro lado, (Flórez, 2019) realizó el diseño del alcantarillado del barrio San Martín en el municipio de Soacha, basado en los criterios técnicos de la resolución 0330 de 2017, comienza con un análisis de las condiciones topográficas y geológicas de la zona, analiza las condiciones de la tubería existente, y luego realiza una recopilación de datos para determinar la intensidad de lluvias, para luego proyectar la población a 25 años, luego, comienza a determinar la dotación neta, los caudales domésticos, industriales, comerciales, institucionales, caudal medio diario, caudal máximo horario, caudal por conexiones erradas, caudal por infiltración, y por último caudal de diseño. Luego el autor realiza una modelación a nivel esquemático, obteniendo cada uno de los parámetros como áreas tributarias, factor de mayoración, caudales, longitud de tramos, pendientes, diámetros de tubería, velocidades, relaciones hidráulicas, número de Froude, energía, y definición de cotas.

(Medina & Vagner, 2019) en su trabajo de grado de la especialización en recursos en recursos hídricos, mencionan que en el diseño realizado para la red de alcantarillado del municipio de Chipaqué que cuenta con 188 tramos de alcantarillado existente, de los cuales cuatro tramos deben ser rediseñados por presentar fallas, 24 deben ser reemplazados por no cumplir con la capacidad hidráulica, y 52 deben ser revisados por el municipio, además que este territorio cuenta con un sistema combinado y sus redes se encuentran principalmente en material de gres, PVC y concreto construidas hace más de 40 años de diámetros 6", 8", 10", 12" y 14". La metodología utilizada por los autores contempla una recopilación de información sobre la población existente, climatología, topografía. Dieron inicio a la elaboración del diseño de las estructuras de las cajas de inspección, estructuras de recolección para el alcantarillado sanitario y pluvial, basados en los parámetros técnicos establecidos en la resolución 0330 de 2017.

Como regla general en nuestro país, los diseños de acueductos y alcantarillados, deben cumplir con los parámetros establecidos en la resolución 0330 de 2017 como lo

evidencian los trabajos citados en este capítulo, además lo confirma el trabajo realizado por igual (Perez, 2020), en su diseño de una red de alcantarillado para un asentamiento en la ciudad de Cúcuta, inicia con el levantamiento topográfico de la zona, para luego delimitar las zonas de descarga de aguas residuales. Con estos datos, se procede a proyectar la población del asentamiento y a aplicar las fórmulas contenidas en la resolución 0330 de 2017 para caudales, luego con las cotas del terreno se determina las pendientes de la tubería y luego a través de una sábana, se identifican los caudales por tramos. Estos cálculos fueron comprobados a través del software de diseño SWMM y de esta manera verificar diámetros de cada uno de los tramos. En la identificación inicial de caudales se encontró que el menor de ellos alcanza un valor de 0.0108 m³/s y mayor un valor de 1.7880 m³/s, con base a estos datos de caudal, se obtienen diámetros pequeños, por lo cual la diseñadora toma la decisión de cumplir con la reglamentación técnica y asumir el mínimo de los diámetros reglamentado y recomendado por muchos autores en este tema. Como factor adicional, se elabora el presupuesto del diseño y se concluye que este varía según los proveedores de tubería con los cuales se cotiza.

Al igual (Rico, 2021) en el diseño y modelación de un sistema de alcantarillado pluvial, el cual como metodología establece como actividad inicial, la ubicación de pozos y tuberías de alcantarillado, determinación de las variables necesarias para aplicar la fórmula racional, introducción de datos en el software SewerGEMS y verificar el cumplimiento de los requisitos de la resolución 0330 de 2017. Los datos de entrada son la intensidad de las lluvias, que se realiza a través de curvas IDF (Intensidad – Duración – Frecuencia), determinación del área que se va a cubrir con el alcantarillado pluvial y el cálculo del coeficiente de escorrentía. El diseño tiene un periodo de diseño de 25 años, teniendo en cuenta además que las tuberías de PVC tienen una duración aproximada de 100 años.

En conclusión, es importante tener en cuenta los aspectos normativos técnicos de obligatorio cumplimiento establecidos en la resolución 0330 de 2017, que es el referente de los diseñadores de estructuras de acueducto y alcantarillado en el país. Además, estos requisitos se pueden comprobar a través de software de diseño, y de esta manera calibrar los modelos de diseño que se hacen de manera manual, siempre y cuando se tengan en cuenta las condiciones de la topografía, intensidad de lluvias, áreas tributarias, estado del sistema de alcantarillado, y proyección de la población.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Todas las poblaciones deberían contar con un sistema de alcantarillado óptimo para la evacuación de las aguas servidas producto de las actividades humanas, en este caso, actividades domésticas y de esta manera, garantizar la correcta evacuación, conducción, tratamiento y disposición final, de tal manera que los impactos al medio ambiente tiendan a ser mínimos. Para esto, se debe tener un conocimiento específico y, además, como lo menciona la resolución 0330 de 2017 o Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento RAS, en el artículo 24, una experiencia específica mínima de cinco (5) años en el diseño de obras de acueducto, alcantarillado y/o aseo para profesionales de la ingeniería civil.

Lo anterior, refleja que, las universidades del país, deben preparar profesionales en el área de la ingeniería civil con conocimientos técnicos en temas hidráulicos y sanitarios, a razón de la crisis del agua que vive el mundo tal y como lo menciona (ACODAL, 2023), el 44% de las aguas residuales domésticas no son debidamente tratadas en el mundo, y cerca de 2000 millones de personas carecen hoy de agua potable segura, además, Colombia se proyecta para que alrededor de 3 millones de personas cuenten con acceso a soluciones adecuadas para el manejo de las aguas residuales domiciliarias. El papel del ingeniero civil, en las estadísticas que se han mencionado, es fundamental, porque cuenta con los conocimientos técnicos para plantear soluciones y alternativas en la consecución de un buen sistema de tratamiento de aguas residuales.

Colombia, por ser un país de potencial hídrico alto, necesita que sus ríos, quebradas, arroyos, lagos y lagunas, nevados, riachuelos, sean conservados y protegidos de cualquier perturbación provocada por el ser humano como la contaminación por aguas residuales no tratadas, que transportan en su gran mayoría una alta carga de material orgánico, y que disminuyen el oxígeno disuelto en los cuerpos de agua. Ciudades y municipios deben establecer como objetivos fundamentales, la protección del recurso hídrico a través de la elaboración y ejecución de proyectos de acueducto y alcantarillado tal y como se hacen en proyectos privados como en la urbanización Eucalyptus, que pretende garantizar no solo la conducción de agua potable a los residentes de los apartamentos sino también conducir de manera correcta las aguas residuales.

Estas razones deben impactar la conciencia colectiva y aún más en los estudiantes de ingeniería civil que como actores de cambio, deben profundizar en estos temas de la ingeniería y tener referentes para contribuir al desarrollo del departamento del Huila y del país. Experiencias como las prácticas profesionales, permiten al estudiante conocer de primera mano las necesidades de la población y de los proyectos en términos de saneamiento básico, así mismo poner en prácticas los conocimientos adquiridos en la universidad y permite al centro de estudios evaluar las capacidades que han adquirido los estudiantes y reevaluar los procesos de aprendizaje. Involucrarse en los temas tratados en este documento, permite al ingeniero ir acumulando experiencia para cumplir con lo exigido con la resolución 0330 de 2017 y su resolución modificatoria 799

de 2021 y participar en proyectos de gran magnitud en formulación y ejecución de proyectos de acueducto y alcantarillado.

Estos aspectos técnicos deben ir acompañados de su respectivo presupuesto de obra, sin embargo, como lo menciona (Consuegra, 1994), es innegable que el tema presupuestal en las universidades no se toma a profundidad y con detalle, y que muchos ingenieros se ven en la obligación de aprender a manejar directamente el tema en las prácticas o en el ejercicio de su profesión. Este tipo de ejercicios permiten a los estudiantes conocer el mercado laboral y lo que se espera de un futuro ingeniero, es importante, para que se genere en el aprendiz un interés por crear espacios de aprendizaje y fortalecer aquellos conocimientos que se han adquirido a lo largo de una carrera profesional.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Diseñar la red de alcantarillado sanitario de la urbanización Eucalyptus ubicado en la ciudad de Neiva.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar los parámetros de diseño como densidad poblacional, áreas a drenar, caudales requeridos y caudal de diseño.
- Elaborar el diseño hidráulico donde se van determinan profundidades de pozos, pendientes, diámetros de tubería y otros parámetros hidráulicos.
- Elaborar el presupuesto de obra del alcantarillado sanitario (Memoria de cantidades y APU's) para el para proyecto Eucalyptus ubicado en Neiva.

1.5. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El presente documento contiene 4 capítulos donde se expone el desarrollo de la práctica profesional en la empresa LEON AGULERA, y a continuación se realiza una breve descripción del contenido de cada capítulo:

Capítulo 1: En el presente capítulo se puede encontrar la introducción de las temáticas y actividades desarrolladas en el proyecto de prácticas, la justificación, los antecedentes que soportan los diseños hidrosanitarios y su respectiva justificación; además de los objetivos que se plantearon para el desarrollo de la práctica profesional.

Capítulo 2: En este capítulo se encuentra el marco teórico que se divide en conceptos de alcantarillado, además de algunas metodologías para el diseño.

Capítulo 3: En este capítulo se define la metodología utilizada para la elaboración de los diseños de alcantarillado, razón por la cual se subdivide en dos partes, a través de las metodologías, normativa, revisión bibliográfica, análisis del catastro de redes, de planos arquitectónicos, estructurales, y la programación de los cálculos de caudales, velocidades, pérdidas, capacidad de tubería, cotas piezométricas, pendientes, entre otros elementos.

Capítulo 4: En el último capítulo del documento se analizan los resultados obtenidos en cada uno de los diseños propuestos como actividades durante el desarrollo de la práctica profesional, las conclusiones, recomendaciones y algunos anexos como planos y presupuestos detallados.

CAPITULO 2

2. MARCO TEÓRICO

Una red de alcantarillado consiste en una serie de tuberías y obras necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales. Aquellas aguas residuales domésticas dispuestas en dichas tuberías son aquellas provenientes de inodoros, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos. Estas aguas están compuestas por sólidos suspendidos (generalmente materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (principalmente materia inorgánica), nutrientes, (nitrógeno y fósforo) y organismos patógenos (Flórez, 2019).

El sistema de alcantarillado convencional, se caracteriza por tuberías de grandes diámetros con una flexibilidad necesaria para atender la incertidumbre en los parámetros que definen el caudal: densidad de población y su estimación futura, un sistema con poco mantenimiento lo que implica mayores costos. Acorde con lo que expone (López, 2003) los sistemas de alcantarillados convencionales se clasifican de acuerdo al tipo de agua que conduzcan. Se encuentra el alcantarillado separado, aquí se genera una evacuación separada de las aguas residuales y de las aguas lluvias, en donde se presentan alcantarillado sanitario y pluvial. El alcantarillado combinado es un sistema que conduce simultáneamente las aguas residuales y las aguas lluvias.

Existen diferentes tipos de tuberías, encontramos las laterales que reciben desagües provenientes de domicilios, las secundarias que recibe el caudal de dos o más tuberías laterales, colector secundario aquel utilizado para recibir el desagüe de dos o más tuberías secundarias, el colector principal el cual capta el caudal de dos o más colectores secundarios, el emisario final conduce todo el caudal de aguas residuales o lluvias a su disposición final y se encuentra el interceptor que se encarga de coleccionar paralelamente de un río o canal. Para (López, 2003) es importante tener en cuenta que el diámetro nominal mínimo para la red de colectores de un alcantarillado sanitario convencional es de 8" (200mm). Cuando se trata de alcantarillados simplificados o poblaciones pequeñas se puede reducir a 6" (150 mm) como diámetro mínimo.

Según Florez Diaz, W. A. (2019) se debe realizar el diseño de la red de alcantarillado mediante el empleo de la formulación matemática que defina los diámetros, las pendientes y los parámetros hidráulicos de los conductos del sistema. El cual deberá ser verificado mediante el empleo de una modelación hidráulica de las redes de alcantarillado, mediante el uso de un programa que permita simular entre otros el sistema existente, el cual debe estar basado en ecuaciones de resistencia fluida, que permita obtener resultados de tal forma que el modelo matemático representa en gran medida el modelo físico o prototipo de la red de alcantarillado. El diseño de la red debe contemplar el caudal máximo horario, este caudal se determina a partir de factores de mayoración de caudal de acuerdo a las características específicas de cada población, este factor de mayoración es inversamente al número de habitantes servidos esto quiere

decir que los tramos iniciales tendrán factores de mayoración mayores y el emisario final tendrá factores de mayoración menores debido al amortiguamiento a través de la red de tuberías (López, 2003).

El caudal de diseño de aguas residuales constituye una pequeña fracción del total combinado, el caudal de diseño de los sistemas combinados es igual al caudal de aguas lluvias que llega como esorrentía a los tramos de la red. Sin embargo, cuando el caudal de aguas residuales es mayor que el 5% del caudal de aguas lluvias, debe tomarse como caudal de diseño la suma de los caudales de aguas residuales y aguas lluvias. Es necesario revisar el comportamiento hidráulico de las tuberías para las condiciones de caudal mínimo inicial o caudal de tiempo seco inicial donde se tenga en cuenta el caudal máximo horario inicial de aguas residuales (Florez, 2019).

Por otro lado, el trazado de dichas tuberías se debe generar teniendo en cuenta las condiciones topográficas de las calles del municipio. También se le debe dar prioridad a la protección del sistema de acueducto en razón de evitar la contaminación con el agua residual, su ubicación se dispone en costados opuestos de la calzada. La cota clave de cualquier sistema de alcantarillado debe estar por debajo de la cota batea de la tubería de acueducto para cumplir las distancias verticales y horizontales mínimas. Todavía cabe señalar que la profundidad de las tuberías debe permitir el desagüe por gravedad de las conexiones domiciliarias (López, 2003).

Lo anterior expone los parámetros generales de diseño de una red de alcantarillado: Periodo de diseño, población de diseño, área total, densidad de población y consumo neto y los cuales se tienen en cuenta para el desarrollo del diseño que en este documento se plantea. Los cálculos se realizan teniendo en cuenta criterios como el área de drenaje, aportes medio diario de aguas residuales, caudal medio diario de aguas residuales, caudal máximo horario de aguas residuales, caudal de infiltración, caudal de conexiones cerradas y caudal de diseño (López, 2003).

CAPITULO 3

3. METODOLOGÍA

Para dar respuesta a los objetivos que se han planteado en el desarrollo de esta práctica profesional, se da a conocer paso a paso los métodos, normativa, ecuaciones, y cálculos a través de los cuales se realizaron los diseños hidráulicos, sanitarios y de alcantarillado. Para ello se expone a continuación el esquema utilizado.

3.1. DISEÑO Y COMPROBACIÓN DEL ALCANTARILLADO.

La metodología que se describe en este subcapítulo, aborda el diseño de la red de alcantarillado sanitario, aprovechando que el proyecto Eucalyptus aún está en etapa de planeación y aun no se tiene un diseño definido.

Como referencia y apoyo en la elaboración del diseño de alcantarillado sanitario, se consultaron libros, trabajos y normativa referentes al tema, dando como resultado de la búsqueda el libro de Ricardo Alfredo López Cualla, titulado: "ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS" de la Escuela Colombiana de Ingeniería, el cual en su capítulo 14 y 15 menciona las características de los sistemas de alcantarillado, los parámetros y consideraciones de diseño, al igual que la normativa de la resolución 0330 de 2017 y su resolución modificatoria 799 de 2021, que en sus artículos también determina los parámetros de diseño como: caudales de diseño, velocidad mínima, pendientes mínimas, materiales, profundidad de la tubería, capacidad de la tubería entre otros, también se consultaron o se tomaron referencias del manual "Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín. E. S. P.", así como de los apuntes de los cursos "Acueductos y Alcantarillados" del programa de ingeniería civil de la Universidad Surcolombiana, dictada por el profesor Ingeniero PhD. Jaime Izquierdo Bautista.

3.1.1. Información del proyecto:

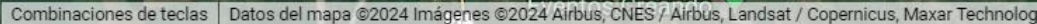
La urbanización Eucalyptus es uno de los nuevos proyectos de la constructora León Aguilera S.A. está ubicada al sur de la ciudad de Neiva en la carrera 30 con calle 31 sur; muy cerca del Jardín Botánico, el proyecto contará con 6 Torres de apartamentos de 9 pisos, para un total de 396 unidades en un área de 2.15 hectáreas, la cual se calculó con ayuda del programa AutoCAD. En las siguientes imágenes se muestra la implantación general del proyecto (Figura 1) y la ubicación de la urbanización en el municipio de Neiva (Figura 2).

Figura 1

Plano implantación general del proyecto Eucalyptus



Ubicación del proyecto



3.1.2. Periodo de diseño:

Tomando como guía el artículo 40 de la resolución 330 de 2017 y su resolución modificatoria 799 de 2021, todos los componentes del sistema de acueducto a diseñar tienen un periodo de 25 años.

3.1.3. Coeficiente de retorno:

Según Lopez Cualla el coeficiente de retorno es el porcentaje del total de agua consumida que es devuelta al alcantarillado, y dice que este coeficiente fluctúa entre el 65 al 85%. Tomando referencia del artículo 134 de la resolución 330 de 2017 y su

resolución modificatoria 799 de 2021, el coeficiente máximo de retorno es de 0,85 (85%), cuando no se cuente con datos de campo.

Para el caso de análisis, se toma como coeficiente de retorno el valor de 0.85 al no tener datos específicos.

3.1.4. Dotación o consumo:

Tomando como referencia artículo 43 de la resolución 330 de 2017 y su resolución modificatoria 799 de 2021, de donde sacamos la (Figura 3) que vemos a continuación, la cual nos indica el consumo dependiendo de la altura sobre el nivel del mar, se determina una dotación para la población a servir, bajo el principio de que el acueducto del sector, está diseñado para el consumo y uso humano.

Figura 3

Tabla dotación máxima

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
> 2000 m.s.n.m	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Para este se toma el valor de **140 L/HAB*DIA** ya que Neiva se ubica a menos de 1000 m.s.n.m.

3.1.5. Población de diseño:

Según el diseño de los apartatos el cual cuenta con 3 habitaciones se estima un total de 4 habitantes por apartamento.

$$Po = \#aptos * 4$$

$$Po = 396 * 4$$

$$Po = 1584 \text{ personas}$$

3.1.6. Cálculo densidad de población:

En consideración al presente diseño, se tiene en cuenta la densidad poblacional de acuerdo a la siguiente fórmula establecida por Ricardo Alfredo López Cualla, en su libro "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados", donde relaciona la población con el área del proyecto, cabe resaltar que **la población es fija ya que es un conjunto residencial, y no es necesario hacer una proyección a futuro por esto mismo.**

$$D = \frac{Po}{A}$$

$$D = \frac{1584}{2.15}$$

$$D = 737 \text{ hab/ha}$$

3.1.7. Ubicación de pozos de inspección:

Para determinar la ubicación de los pozos se tomó la implantación general del proyecto vista anteriormente en la Figura 1 y se ubicaron los pozos a las salidas de las torres y donde habían cambio de dirección de la red, intersecciones, como se ve a continuación en la Figura 4, en la cual los pozos son los puntos rojos.

Figura 4

Ubicación de pozos de inspección



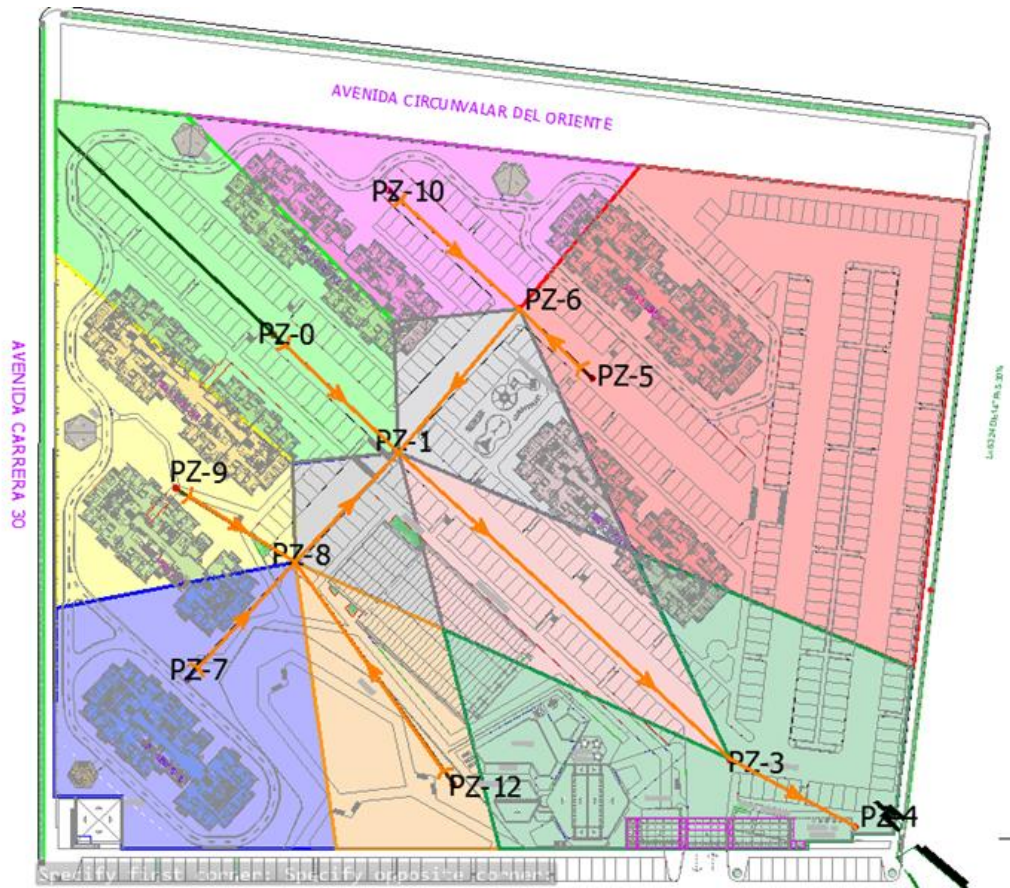
la determinación de las áreas de drenaje para cada colector se hizo de la siguiente forma, primero se planteó un trazado para la red de alcantarillado, el cual se evidencia en la Figura 5, y posteriormente se realizó el cálculo de áreas para los tramos utilizando las diagonales o bisectrices sobre el área del proyecto, como se evidencia en la Figura 6. Para los dos procesos se utilizó la herramienta AutoCAD y se trató de distribuir las áreas lo mejor posible.

Plano de trazado de tubería



Figura 6

Plano de áreas para tramos



3.1.9. Población por tramo:

Para realizar el cálculo, se toma el área aferente al colector y se multiplica por la densidad para determinar el número de usuarios, de la siguiente manera.

$$N^{\circ} \text{ usuarios} = A_f * D$$

A_f = Área aferente al colector.

D = Densidad de la población.

3.2. Cálculo doméstico de aguas residuales:

el caudal medio de aguas negras se obtiene con la fórmula mostrada a continuación y encontrando el caudal de aguas domésticas, industriales, aguas comerciales, aguas institucionales respecto a la densidad del área aferente al colector, según el artículo 134 de la resolución 0330 del 2017 y su modificación 799 del 2021, al igual que del libro

guía "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados" del ingeniero Ricardo Alfredo López Cualla.

$$QD = \frac{CR * C * D}{86400}$$

Donde:

D= Densidad de la población.

C= Consumo neto de agua potable.

CR= Coeficiente de retorno.

3.2.1. Caudal de infiltración:

Se calcula el coeficiente y caudal de infiltración, para el caso de estudio se toma un coeficiente de 0.3 según el artículo 134 de la resolución 0330 del 2017 y su modificación 799 del 2021, al igual que del libro guía "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados" del ingeniero Ricardo Alfredo López Coalla como se muestra en la (Figura 7), que es la imagen de la tabla 15.2. Y al multiplicar este valor por el aporte del área total drenada se obtiene el caudal.

Figura 7

Tabla coeficiente de infiltración

Tabla 15.2
Aporte de infiltración por área drenada
RAS-2000

Infiltración (L/s-ha)		
Alta	Media	Baja
0,15 - 0,4	0,1 - 0,3	0,05 - 0,2

3.2.2. Caudal de conexiones erradas:

Este aporte proviene principalmente de las conexiones que equivocadamente se hacen de las aguas lluvias domiciliarias y de conexiones clandestinas. En este se encontró una diferencia entre lo dicho en el artículo 134 de la resolución 0330 del 2017 y su modificación 799 del 2021, a lo dicho en el libro guía "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados" del ingeniero Ricardo Alfredo López Cualla. En el artículo de las resoluciones dice que se debe tomar un valor de 0.2L/s-Ha y en el libro de Lopez Cualla se dice que el valor puede estar dentro de los valores de 1 a 3 L/s-Ha. Como esta se debe a conexiones clandestinas y estamos en un área privada se decide adoptar el valor de **0.2 L/s-Ha**, ya que es el máximo indicado por la norma 0330 del 2017.

3.2.3. Caudal medio diario:

Según el libro guía "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados" del ingeniero Ricardo Alfredo López Cualla, el aporte medio diario al alcantarillado sanitario resulta de sumar los aportes doméstico con los industriales, comerciales e institucionales. Para el caso en análisis se toma el mismo valor del caudal domestico ya que es un área netamente residencial.

3.2.4. Caudal máximo Horario:

Tomando como referencia libro guía "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados" del ingeniero Ricardo Alfredo López Cualla, hay 2 ecuaciones para calcular este según el tamaño de la población, si son menores a 1000 habitantes se utiliza la de Babbitt y si son mayores se utiliza la de Harmon.

Babbitt:

$$Q_{\max \text{ horario}} = Q_{\text{prom}} * \frac{5}{P^{0.2}}$$

Harmon:

$$Q_{\max \text{ horario}} = Q_{\text{prom}} * \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{p}}$$

Donde:

Q_{prom} = caudal medio diario

P = Población por tramo.

3.2.5. Caudal de diseño:

El caudal de diseño es la sumatoria del caudal máximo horario más el caudal por infiltración, más el caudal por conexiones errada.

Se realiza por tramos de tubería, de la siguiente manera:

$$Q_{Di} = Q_{\max \text{ horario}} + C_i * \text{area total drenada} + C_e * \text{area total drenada}$$

Donde:

Q_{Di} = Caudal de diseño.

C_i = Coeficiente por infiltración.

C_e = Coeficiente conexiones erradas.

Después de calcular este, se debe tener en cuenta que si el caudal da menor a 1.5 L/s, se debe asumir este último como caudal de diseño, según el artículo 134 de la resolución 0330 del 2017 y su modificación 799 del 2021, al igual que el libro guía "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados" del ingeniero Ricardo Alfredo López Cualla.

Ya identificado el caudal de diseño se procede a hacer los cálculos de los parámetros hidráulicos y los diferentes chequeos para verificar que lo establecido cumple con las especificaciones mínimas que identificamos de los archivos guías que se tienen para el diseño.

3.2.6. Parámetros hidráulicos:

Aquí comienza el diseño y comprobación de la capacidad de la tubería, el objetivo principal fue encontrar que diámetro era necesario para la red y que este cumpliera con los diferentes chequeos, para esto se llevaron acabo los siguientes pasos.

3.2.7. Topografía:

Con ayuda de esta se toman las alturas en campo de donde van a estar ubicados los pozos antes propuestos, y de esta manera se define la cota rasante.

3.2.8. Pendiente tramos:

Este parámetro es importante porque después de calcularlo, se puede hallar el diámetro de la tubería. Para calcular la pendiente, primero se deben suponer profundidades a cota clave, para de esta forma obtener pendientes por tramos con la siguiente ecuación.

$$S = \left(\frac{C_{CI} - C_{CF}}{L} \right) * 100$$

Donde:

S= Pendiente en %.

Cci = Cota clave inicial de tramo.

Ccf = Cota clave final de tramo.

L = Longitud de tramo.

3.2.9. Diámetro Tubería:

Se calcula de acuerdo con la ecuación de Manning, la cual es:

$$D = 1.548 * \left(\frac{n * Q}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Donde:

D = Diámetro tubería.

n= rugosidad de Manning del material de la tubería (Novafort 0.009).

S = Pendiente.

Q= Caudal de diseño. (calculado anteriormente).

Si en valor de Diámetro de la tubería da menor a 8", se adopta el diámetro anterior como el diámetro de la tubería ya que el diámetro mínimo es este, según lo dicho en el libro guía "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados" del ingeniero Ricardo Alfredo López Cualla y en la resolución 0330 del 2017.

3.3. Caudal a tubo lleno:

Se calcula con la siguiente ecuación, según lo expuesto en el libro guía "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados" del ingeniero Ricardo Alfredo López Cualla.

$$Q_0 = 312 \left(\frac{D^{8/3} * S^{1/2}}{n} \right)$$

Donde:

D = Diámetro tubería.

n= rugosidad de Manning del material de la tubería (Novafort 0.009).

S = Pendiente.

Q₀= Caudal a tubo lleno.

3.3.1. Velocidad a tubo lleno:

Se calcula con la siguiente ecuación, según lo expuesto en el libro guía "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados" del ingeniero Ricardo Alfredo López Cualla.

$$V_0 = \frac{Q_0}{A}$$

Donde:

A = Área de la sección.

Q₀= Caudal a tubo lleno.

3.3.2. Relación entre caudal de diseño y caudal a tubo lleno:

Esta relación debe ser menor del valor del coeficiente de utilización.

$$\frac{Q}{Q_0} \leq \text{coeficiente de utilizacion}$$

Donde:

Q = Caudal de diseño.

Q_0 = Caudal a tubo lleno.

El coeficiente de utilización se obtiene de la Figura 8 que es la tabla 15.4 expuesta en el libro guía "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados" del ingeniero Ricardo Alfredo López Cualla.

Figura 8

Coeficiente de utilización

Tabla 15.4
Relación de Q/Q_0 máxima para la selección del diámetro
(coeficiente de utilización)

Q/Q_0	Diámetro de la tubería
0.60	8" a 21"
0.70	24" a 1.20 m
0.90	> 1.25 m

Después de calcular los parámetros hidráulicos y con la relación entre caudal de diseño y caudal a tubo lleno, se identifican las relaciones hidráulicas con el objetivo de verificar el comportamiento auto limpiante del flujo, para lo cual se debe utilizar el criterio de esfuerzo cortante en la pared de la tubería debe ser mayor o igual a 1.5 N/m² que es lo en la resolución **0330 de 2017** y su modificación 799 del 2021, como también en el **manual "Normas de Diseño de Sistemas de Alcantarillado de las Empresas Públicas de Medellín. E. S. P."**

Siguiendo estos pasos y haciendo estos cálculos se diseña la red de alcantarillado con sus respectivos chequeos.

3.3.3. Elaboración de presupuesto:

Una vez terminado el análisis de comprobación, se procede a elaborar la memoria de cantidades de acuerdo al plano de la implantación del proyecto, a través de AutoCAD y teniendo en cuenta cada uno de los ítems del presupuesto general para luego terminar con los Análisis de Precios Unitarios- APU's.

CAPITULO 4

4. ANALISIS DE RESULTADOS

Teniendo como referencia la metodología explicada en el capítulo 3, el análisis de los resultados se hará teniendo en cuenta los subcapítulos expuestos en este. Iniciando por lo parámetros de diseño hasta hacer los correspondientes chequeos.

4.1. Parámetros generales de diseño:

En la tala 1 se resumen los parámetros de diseño fundamentales para hacer este, los cuales se recopilaron en el capítulo 3 más específicamente en los subcapítulos (3.1.1. – 3.1.2. – 3.1.3. – 3.1.4. – 3.1.5. – 3.1.6. – 3.2.1. – 3.2.2.).

Tabla 1

Parámetros de diseño

Parámetro	Unidad	Cantidad
Periodo de diseño	años	25
Población de diseño	und	1584
Área de la urbanización	Ha	2.15
Densidad de población	Hab/ha	737
Consumo neto	L/Hab * Dia	140
Coeficiente de retorno	%	85
Aporte por infiltración	L/s * Ha	0.3
Coef. Conexiones erradas	L/s * Ha	0.2

4.2. Calculo y análisis caudal de diseño:

Partiendo de los datos anteriores, y con los procedimientos mencionados en la metodología se ejecuta el tramo de PZ6 a PZ1, para así entender la tabla 2 que se encuentra al final de este subcapítulo.

La tabla 2 es el resultado del diseño y se elaboró de la siguiente forma:

Columna 0: los tramos de los pozos se obtienen del proceso del subcapítulo (3.1.7.) de la metodología.

Columna 1 y 2: los valores de estas columnas se obtienen según lo expuesto en el subcapítulo (3.1.8.) de la metodología.

Columna 3: Se obtiene de multiplicar la columna 1 con la densidad de la población establecida en los parámetros de diseño, según lo expuesto en el subcapítulo (3.1.9).

Entonces:

$$N^{\circ} usuarios = Af * D$$

Af= Área aferente al colector.

D= Densidad de la población.

Para este caso como este no es un tramo inicial a la ecuación se le debe sumar la población aguas arriba de este tramo.

$$N^{\circ} usuarios = (Af * D) + \Sigma P_{aguas\ arriba}$$

$$N^{\circ}usuarios = \left(0.1086Ha * 737 \frac{Hab}{Ha}\right) + 130 \frac{Hab}{Ha} + 402 \frac{Hab}{Ha}$$

$$N^{\circ}usuarios = 612Hab$$

Columna 4 y 5: Cuando se calcula el caudal para un alcantarillado hay tres tipos de caudales que intervienen en este que son el doméstico, industrial y comercial. Como en este caso es un conjunto residencial solo se valora que toda el área se aporta caudal domestico por eso en la columna 4 el valor 100%. Y la columna 5 es el de la formula vista en la metodología en el subcapítulo (3.2).

Entonces:

$$QD = \frac{CR * C * D}{86400}$$

Donde:

D= Densidad de la población.

C= Consumo neto de agua potable.

CR= Coeficiente de retorno.

$$QD = \frac{0.85 * 140 \frac{L}{Hab} dia * 737 \frac{Hab}{Ha}}{86400s}$$

$$QD = 1.015 L/s Ha$$

Columna 6: Caudal ponderado, en este caso es el mismo que el doméstico, porque como se explicó anteriormente no hay ni aporte de caudal industrial y comercial.

Columna 7: Para calcular el factor de mayoración se utiliza la ecuación de Harmon que sale en la ecuación de cálculo del caudal máximo horario propuesta en el subcapítulo (3.2.4.), ya que la población de la urbanización es mayor a los 1000 habitantes.

$$F = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{p}}$$

Donde P toma el valor de la columna 3, entonces:

$$F = \frac{18 + \sqrt{\frac{612}{1000}}}{4 + \sqrt{\frac{612}{1000}}}$$

$$F = 3.93$$

Columna 8: El caudal medio diario es el resultado de multiplicar la columna 2 con la columna 6.

$$Q_{md} = A_{ac} * Q_p$$

Donde:

A_{ac} = Area acumulada.

Q_p = Caudal ponderado.

Para este caso el caudal ponderado es igual al caudal domestico ya que no se cuenta con zona industrial, ni comercial.

Entonces:

$$Q_{md} = 0.8301Ha * 1.015 \frac{L}{s} * Ha$$

$$Q_{md} = 0.843 \frac{L}{s}$$

Columna 9: El caudal máximo horario es el resultado de multiplicar la columna 7 con la columna 8. Según lo expuesto en la metodología en el subcapítulo (3.2.4.).

$$Q_{max\ horario} = Q_{prom} * F$$

Donde:

F = Factor de mayo ración, encontrado en columna 7.

Q_{prom} = Q_{md} , encontrado en columna 8.

$$Q_{max\ horario} = 0.843 \frac{L}{s} * 3.93$$

$$Q_{max\ horario} = 3.31 \frac{L}{s}$$

Columnas 10 y 11: Son el resultado de multiplicar la columna 2 con los respectivos valores adoptados en los parámetros de diseño anteriormente dados en la metodología en el subcapítulo (3.2.1. -3.2.2.).

Caudal por infiltraciones:

$$Q_i = C_i * A_{ac}$$

Donde:

A_{ac} = Area acumulada.

C_i = Coeficiente por infiltracion.

$$Q_i = 0.3 \frac{L}{s * Ha} * 0.8301 Ha$$

$$Q_i = 0.25 \frac{L}{s}$$

Caudal por conexiones erradas:

$$Q_{ce} = C_e * A_{ac}$$

Donde:

A_{ac} = Area acumulada.

C_e = Coeficiente por conexiones erradas.

$$Q_{ce} = 0.2 \frac{L}{s * Ha} * 0.8301 Ha$$

$$Q_{ce} = 0.17 \frac{L}{s}$$

Columna 12: Corresponde al caudal de diseño y se calcula sumando las columnas 9, 10 y 11. Según lo expuesto en la metodología en el subcapítulo (3.2.5.).

$$Q_{Di} = Q_{\max \text{ horario}} + Q_i + Q_{ce}$$

$$Q_{Di} = 3.31 \frac{L}{s} + 0.25 \frac{L}{s} + 0.17 \frac{L}{s}$$

$$Q_{Di} = 3.73 \frac{L}{s}$$

Columna 13: Esta corresponde a caudal de diseño adoptado, ya que si los resultados obtenidos en la columna 12 son menores a 1.5 L/s, se debe adoptar este valor anterior, según el artículo 134 de la resolución 0330 del 2017 y su modificación 799 del 2021.

Tabla 2

Tabla caudal de diseño

[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]
POZO	AREA AFERENTE		POBLACION POR TRAMO	DOMESTICO		CAUDAL PONDERADO	F (FACTOR DE MAYORACION)	Q.M DIARIO (L/s)	Q.MAX HORARIO (L/s)	Q. INFILTRACION (L/s)	Q.C. ERRADAS (L/s)	Q. DISEÑO CALCULADO (L/s)	Q.DISEÑO ADOPTADO (L/s)
De-A	Pacial (Ha)	Total drenada (Ha)		%AREA	Q(L/s*Ha)								
TUB. PZ10-PZ6	0.1761	0.1761	130	100%	1.015	1.015	4.21	0.179	0.75	0.05	0.04	0.84	1.50
TUB. PZ5-PZ6	0.5454	0.5454	402	100%	1.015	1.015	4.02	0.554	2.23	0.16	0.11	2.50	2.50
TUB. PZ6-PZ1	0.1086	0.8301	612	100%	1.015	1.015	3.93	0.843	3.31	0.25	0.17	3.73	3.73
TUB. PZ0-PZ1	0.2547	0.2547	188	100%	1.015	1.015	4.16	0.259	1.08	0.08	0.05	1.20	1.50
TUB. PZ9-PZ8	0.1895	0.1895	140	100%	1.015	1.015	4.20	0.192	0.81	0.06	0.04	0.90	1.50
TUB. PZ7-PZ8	0.2316	0.2316	171	100%	1.015	1.015	4.17	0.235	0.98	0.07	0.05	1.10	1.50
TUB. PZ12-PZ8	0.1333	0.1333	98	100%	1.015	1.015	4.25	0.135	0.57	0.04	0.03	0.64	1.50
TUB. PZ8-PZ1	0.0593	0.6137	452	100%	1.015	1.015	4.00	0.623	2.49	0.18	0.12	2.80	2.80
TUB. PZ1-PZ3	0.148	1.8465	1361	100%	1.015	1.015	3.71	1.874	6.95	0.55	0.37	7.88	7.88
TUB. PZ3-PZ4	0.2948	2.1413	1578	100%	1.015	1.015	3.66	2.174	7.96	0.64	0.43	9.03	9.03

4.3. Diseño y chequeos:

Después de calcular el caudal de diseño, se pasa a diseñar la red de alcantarillado de tal manera que esta cumpla con lo dicho en la resolución 0330 del 2017 y su modificación 799 del 2021, al igual que el libro guía “Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados” del ingeniero Ricardo Alfredo López Cualla, como se muestra en la tabla 3 y en la tabla 4, que se encuentran más adelante en este subcapítulo.

Tabla 3

Diseño y chequeos

[0]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]	[19]	[20]	[21]	[22]	[23]	[24]	[25]	[26]	[27]	[28]	[29]
POZO	LONGITUD	Q.DISEÑO	COTA RASANTE (m)		PROF.A CLAVE (m)		COTA CLAVE (m)		PENSIENTE	DIAMETRO		DIAMETRO		CAUDAL A TUBO	VELOCIDAD A TUBO	COMPROBACION
De-A	EN (m)	ADOPTADO	DE	A	DE	A	DE	A	(S) %	m	PULG	m	PULG	LLENO(Qo) (L/s)	LLENO(Vo) (m/s)	Vo ≥ 0.6 m/s
TUB. PZ10-PZ6	32.97	1.50	471.97	472.06	1.38	1.8	470.59	470.26	1.001	0.055	2.16	0.20	8	47.44	1.51	CUMPLE
TUB. PZ5-PZ6	18.97	2.50	471.57	472.06	1.38	2.06	470.19	470.00	1.002	0.066	2.61	0.20	8	47.46	1.51	CUMPLE
TUB. PZ6-PZ1	35.14	3.73	472.06	472.07	2.1	2.5	469.96	469.57	1.110	0.076	2.98	0.20	8	52.12	1.61	CUMPLE
TUB. PZ0-PZ1	32.24	1.50	472.77	472.07	1.38	1	471.39	471.07	0.993	0.055	2.16	0.20	8	49.29	1.52	CUMPLE
TUB. PZ9-PZ8	26.42	1.50	472.4	472.39	1.38	1.7	471.02	470.69	1.249	0.053	2.07	0.20	8	55.29	1.71	CUMPLE
TUB. PZ7-PZ8	30	1.50	472.1	472.39	1.38	2	470.72	470.39	1.100	0.054	2.12	0.20	8	51.89	1.60	CUMPLE
TUB. PZ12-PZ8	51.17	1.50	471.1	472.39	1.38	3.18	469.72	469.21	0.997	0.055	2.16	0.20	8	49.39	1.52	CUMPLE
TUB. PZ8-PZ1	28.24	2.80	472.39	472.07	3.21	3.17	469.18	468.90	0.992	0.069	2.73	0.20	8	49.26	1.52	CUMPLE
TUB. PZ1-PZ3	84.8	7.88	472.07	470.11	3.21	2.3	468.86	467.81	1.238	0.098	3.86	0.20	8	55.05	1.70	CUMPLE
TUB. PZ3-PZ4	26.74	9.03	470.11	470.65	3.2	4.01	466.91	466.64	1.010	0.107	4.22	0.20	8	49.71	1.53	CUMPLE

Columna 14: Corresponde a la longitud de los tramos de tubería y se sacan directamente del plano de trazado de tubería (Figura 5), según lo expuesto en la metodología en el subcapítulo (3.1.8.) de la metodología.

Columna 15: Esta corresponde a caudal de diseño adoptado obtenido en la columna 13 de la tabla ().

Columnas 16 y 17: Son las cotas rasantes, que es la misma cota terreno y se obtiene directamente del plano topográfico en los puntos donde se ubicaron los pozos según lo expuesto en el subcapítulo (3.1.7. – 3.2.7) de la metodología.

Columnas 18 y 19: Son valores supuestos de profundidades, estas pueden variar según si cumplen los chequeos que se hacen.

Columnas 20 y 21: Cota clave, es el resultado de la resta de las columnas 16 y 17 con los de las columnas 18 y 19, respectivamente.

Columna 22: Es la pendiente que va a tener la tubería, en el resultado de esta intervienen los valores de la columna 14, 20 y 21, en la ecuación expuesta en el subcapítulo (3.2.8.) de la metodología.

$$S = \left(\frac{C[20] - C[21]}{C[14]} \right) * 100$$

Entonces, siguiendo con el tramo en análisis del PZ6 a PZ1.

$$S = \left(\frac{469.96 - 469.57}{35.14} \right) * 100$$

$$S = 1.11\%$$

Columnas 23 y 24: Es el diámetro calcula con la ecuación de Manning expuesta en el subcapítulo (3.2.9) de la metodología, en la cual intervienen las columnas 15 y 22.

$$D = 1.548 * \left(\frac{n * C[15]}{C[22]^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Entonces, siguiendo con el tramo en análisis del PZ6 a PZ1.

$$D = 1.548 * \left(\frac{0.009 * \frac{3.73 L}{1000 s}}{\frac{1.11^{1/2}}{100}} \right)^{3/8}$$

$$D = 0.076 m * \frac{39.37 in}{1 m} = 2.98 in$$

Columna 25 y 26: Es el diámetro real de tubería ya que según norma 0330 del 2017 y en el libro "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados" del ingeniero

Ricardo Alfredo López Cualla, el diámetro mínimo es de 8", entonces si el calculado es menor se toma el diámetro mínimo permitido. Según lo expuesto en el subcapítulo (3.2.9.) de la metodología.

Columna 27: Caudal a tubo lleno, para obtener este se utiliza la ecuación planteada en la metodología en el subcapítulo (3.3.). Y en esta intervine la columna 22 y la 25 según el caso.

$$Q_0 = 312 \left(\frac{C[25]^{8/3} * C[22]^{1/2}}{n} \right)$$

Entonces, siguiendo con el tramo en análisis del PZ6 a PZ1.

$$Q_0 = 312 \left(\frac{0.2032m^{8/3} * \frac{1.11^{1/2}}{100}}{0.009} \right)$$

$$Q_0 = 52.12 \text{ L/s}$$

Columna 28: Velocidad a tubo lleno, para obtener este se utiliza la ecuación planteada en la metodología en el subcapítulo (3.3.1.). Y en esta intervine la columna 27 y la 25.

$$V_0 = \frac{C[27]}{A}$$

Entonces, siguiendo con el tramo en análisis del PZ6 a PZ1.

$$V_0 = \frac{\frac{52.12 \text{ L/s}}{1000} * 4}{\pi * 0.2032^2}$$

$$V_0 = 1.61 \text{ m/s}$$

Columna 29: Primer chequeo que se hace. En el cual se chequea la columna 28, que corresponde a la velocidad a tubo lleno, para este chequeo se evalúa que la velocidad a tubo lleno sea mayor a 0.6m/s y menor a 5m/s, según lo expuesto por el ingeniero Ricardo Alfredo López Cualla en su libro "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados".

Tabla 4

Diseño y chequeos

[30]	[31]	[32]	[33]	[34]	[35]	[36]	[37]	[38]	[39]	[40]	[41]	
Q.DI/Qo	COMPROBACION Q.DI/Qo ≤ COEFICIENTE DE UTILIZACION	VALORES SALEN DE LA TABLA 8.2				V (m/s)	COMPROBACION V ≥ 0.45 m/s	R(m)	τ(N/m ²)	COMPROBACION τ ≥ 1.5N/m ²	COTA BATEA	
		V/Vo	d/D	R/Ro	H/D						DE	A
0.03	CUMPLE	0.400	0.148	0.370	0.086	0.61	CUMPLE	0.019	1.8	CUMPLE	470.39	470.06
0.05	CUMPLE	0.453	0.182	0.449	0.115	0.69	CUMPLE	0.023	2.2	CUMPLE	469.99	469.80
0.07	CUMPLE	0.492	0.210	0.510	0.140	0.79	CUMPLE	0.026	2.8	CUMPLE	469.76	469.37
0.03	CUMPLE	0.400	0.148	0.370	0.086	0.61	CUMPLE	0.019	1.8	CUMPLE	471.19	470.87
0.03	CUMPLE	0.400	0.148	0.370	0.086	0.68	CUMPLE	0.019	2.3	CUMPLE	470.82	470.49
0.03	CUMPLE	0.400	0.148	0.370	0.086	0.64	CUMPLE	0.019	2.0	CUMPLE	470.52	470.19
0.03	CUMPLE	0.400	0.148	0.370	0.086	0.61	CUMPLE	0.019	1.8	CUMPLE	469.52	469.01
0.06	CUMPLE	0.473	0.196	0.481	0.128	0.72	CUMPLE	0.024	2.4	CUMPLE	468.98	468.70
0.14	CUMPLE	0.590	0.289	0.668	0.205	1.00	CUMPLE	0.034	4.1	CUMPLE	468.66	467.61
0.18	CUMPLE	0.634	0.323	0.729	0.236	0.97	CUMPLE	0.037	3.7	CUMPLE	466.71	466.44

Columna 30: Relación entre caudal de diseño y caudal a tubo lleno, en esta intervienen las columnas 15 y 27, de la tabla anterior.

$$\frac{C[15]}{C[27]}$$

Entonces, siguiendo con el tramo en análisis del PZ6 a PZ1.

$$\frac{3.73 \text{ L/s}}{52.12 \text{ L/s}} = 0.07$$

Columna 31: La segunda comprobación que se hace se encarga de definir si la pendiente utilizada sirve, analizando la relación entre caudal de diseño y caudal a tubo lleno debe ser menor del valor del coeficiente de utilización que se expuso en la metodología, y tomando como referencia el libro del ingeniero Ricardo Alfredo López Cualla.

$$C[30] \leq \text{coeficiente de utilizacion}$$

Entonces, siguiendo con el tramo en análisis del PZ6 a PZ1, donde el diámetro dio de 8" para la tubería el coeficiente de utilización sería de 0.6 según la Figura 8 expuesta en el subcapítulo (3.3.2) de la metodología.

$$0.07 \leq 0.6, \text{ cumple}$$

Columnas 32, 33, 34 y 35: Son relaciones hidráulicas, los valores para estas salen de la tabla "relaciones hidráulicas para conductos circulares" de acuerdo con el valor obtenido en la columna 30. Una vez se calcula la relación entre caudales hay que dirigirse a la Tabla 8.2 del libro Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados, segunda edición (2003) Ricardo Alfredo López Cualla, para determinar las relaciones hidráulicas V/V_0 ; d/D ; R/R_0 ; H/D .

Relación entre velocidad real y velocidad a tubo lleno (V/V_0): Como el valor obtenido en la relación de caudales es 0.07 entonces, hay que dirigirse a la **Figura 9** del presente subcapítulo que es la misma tabla 8.2 de López Cualla, Elementos de diseño para alcantarillados y se busca en la primera columna el valor del primer decimal el cual sería 0.0 e inmediatamente se identifica el valor del segundo decimal en la primera fila, como se muestra a continuación en la Figura 9.

$$\frac{V}{V_0} = 0.492$$

Para las otras tres relaciones hidráulicas es el mismo procedimiento explicado para la relación entre velocidad real y velocidad a tubo lleno.

Relación entre lámina de agua y diámetro interno de la tubería (d/D):

$$\frac{d}{D} = 0.210$$

Relación entre radio hidráulico de la sección de flujo y radio hidráulico a tubo lleno (R/R_0):

$$\frac{R}{R_0} = 0.510$$

Relación entre profundidad hidráulica de la sección de flujo y diámetro interno de la tubería (H/D):

$$\frac{H}{D} = 0.140$$

Figura 9

Relaciones Hidráulicas para conductos circulares

Tabla 8.2
Relaciones hidráulicas para conductos circulares (n_0/n variable)

Q/Q_0	Rel.	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09
0,0	V/V ₀	0,000	0,292	0,362	0,400	0,427	0,453	0,473	0,492	0,505	0,520
	d/D	0,000	0,092	0,124	0,148	0,165	0,182	0,196	0,210	0,220	0,232
	R/R ₀	0,000	0,239	0,315	0,370	0,410	0,449	0,481	0,510	0,530	0,554
	H/D	0,000	0,041	0,067	0,086	0,102	0,116	0,128	0,140	0,151	0,161
0,1	V/V ₀	0,540	0,553	0,570	0,580	0,590	0,600	0,613	0,624	0,634	0,645
	d/D	0,248	0,258	0,270	0,280	0,289	0,298	0,308	0,315	0,323	0,334
	R/R ₀	0,586	0,606	0,630	0,650	0,668	0,686	0,704	0,716	0,729	0,748
	H/D	0,170	0,179	0,188	0,197	0,205	0,213	0,221	0,229	0,236	0,244
0,2	V/V ₀	0,656	0,664	0,672	0,680	0,687	0,695	0,700	0,706	0,713	0,720
	d/D	0,346	0,353	0,362	0,370	0,379	0,386	0,393	0,400	0,409	0,417
	R/R ₀	0,768	0,780	0,795	0,809	0,824	0,836	0,848	0,860	0,874	0,886
	H/D	0,251	0,258	0,266	0,273	0,280	0,287	0,294	0,300	0,307	0,314
0,3	V/V ₀	0,729	0,732	0,740	0,750	0,755	0,760	0,768	0,776	0,781	0,787
	d/D	0,424	0,431	0,439	0,447	0,452	0,460	0,468	0,476	0,482	0,488
	R/R ₀	0,896	0,907	0,919	0,931	0,938	0,950	0,962	0,974	0,983	0,992
	H/D	0,321	0,328	0,334	0,341	0,348	0,354	0,361	0,368	0,374	0,381
0,4	V/V ₀	0,796	0,802	0,806	0,810	0,816	0,822	0,830	0,834	0,840	0,845
	d/D	0,498	0,504	0,510	0,516	0,523	0,530	0,536	0,542	0,550	0,557
	R/R ₀	1,007	1,014	1,021	1,028	1,035	1,043	1,050	1,056	1,065	1,073
	H/D	0,388	0,395	0,402	0,408	0,415	0,422	0,429	0,436	0,443	0,450
0,5	V/V ₀	0,850	0,855	0,860	0,865	0,870	0,875	0,880	0,885	0,890	0,895
	d/D	0,563	0,570	0,576	0,582	0,588	0,594	0,601	0,608	0,615	0,620
	R/R ₀	1,079	1,087	1,094	1,100	1,107	1,113	1,121	1,125	1,129	1,132
	H/D	0,458	0,465	0,472	0,479	0,487	0,494	0,502	0,510	0,518	0,526
0,6	V/V ₀	0,900	0,903	0,908	0,913	0,918	0,922	0,927	0,931	0,936	0,941
	d/D	0,626	0,632	0,639	0,645	0,651	0,658	0,666	0,672	0,678	0,686
	R/R ₀	0,136	1,139	1,143	1,147	1,151	1,155	1,160	1,163	1,167	1,172
	H/D	0,534	0,542	0,550	0,559	0,568	0,576	0,585	0,595	0,604	0,614
0,7	V/V ₀	0,945	0,951	0,955	0,958	0,961	0,965	0,969	0,972	0,975	0,980
	d/D	0,692	0,699	0,705	0,710	0,719	0,724	0,732	0,738	0,743	0,750
	R/R ₀	1,175	1,179	1,182	1,184	1,188	1,190	1,193	1,195	1,197	1,200
	H/D	0,623	0,633	0,644	0,654	0,665	0,677	0,688	0,700	0,713	0,725
0,8	V/V ₀	0,984	0,987	0,990	0,993	0,997	1,001	1,005	1,007	1,011	1,015
	d/D	0,756	0,763	0,770	0,778	0,785	0,791	0,798	0,804	0,813	0,820
	R/R ₀	1,202	1,205	1,208	1,211	1,214	1,216	1,219	1,219	1,215	1,214
	H/D	0,739	0,753	0,767	0,783	0,798	0,815	0,833	0,852	0,871	0,892
0,9	V/V ₀	1,018	1,021	1,024	1,027	1,030	1,033	1,036	1,038	1,039	1,040
	d/D	0,826	0,835	0,843	0,852	0,860	0,868	0,876	0,884	0,892	0,900
	R/R ₀	1,212	1,210	1,207	1,204	1,202	1,200	1,197	1,195	1,192	1,190
	H/D	0,915	0,940	0,966	0,995	1,027	1,063	1,103	1,149	1,202	1,265
1,0	V/V ₀	1,041	1,042	1,042							
	d/D	0,914	0,920	0,931							
	R/R ₀	1,172	1,164	1,150							
	H/D	1,344	1,445	1,584							

siendo: Q = caudal de diseño Q₀ = caudal a tubo lleno
V = velocidad de diseño V₀ = velocidad a tubo lleno
d = lámina de agua D = diámetro de la tubería
R = radio hidráulico al caudal de diseño
R₀ = radio hidráulico a tubo lleno
H = profundidad hidráulica
n = número de Manning a caudal de diseño
n₀ = número de Manning a tubo lleno

Columna 36: Velocidad real, para el cálculo de esta se debe multiplicar las columnas 28 y 32.

Entonces, siguiendo con el tramo en análisis del PZ6 a PZ1.

$$V = 1.61 \frac{m}{s} * 0.492 = \mathbf{0.79 \text{ m/s}}$$

Columna 37: Tercer chequeo, según lo establecido en la resolución 0330 del 2017 y su modificación 799 del 2021, en el artículo 145 y en el libro "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados" del ingeniero Ricardo Alfredo López Cualla, la velocidad real (columna 36), debe ser mayor a 0.45 m/s y menor a 5 m/s, para que el diseño cumpla.

$$0.45 \frac{m}{s} \leq 0.79 \frac{m}{s} \leq 5 \frac{m}{s}, \text{ cumple}$$

Columna 38: Radio hidráulico de la sección de flujo, para calcular este se emplea la ecuación planteada en el libro guía "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados" del Ricardo Alfredo López Cualla.

$$R = \frac{R}{R_o} * \frac{D}{4}$$

Entonces, siguiendo con el tramo en análisis del PZ6 a PZ1.

$$R = 0.510 * \frac{0.2032m}{4} = \mathbf{0.026m}$$

Columna 39: Cortante en la pared de la tubería o criterio de auto limpieza, este valor se calcula con la ecuación que se utiliza en el libro del ingeniero Ricardo Alfredo López Cualla "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados".

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

Donde:

γ =Peso específico del agua residual. (9.81KN/m³)

R= Radio hidráulico de la sección de flujo. Columna 38.

S = Pendiente. Columna 22.

$$\tau = 9810 \frac{N}{m^3} * 0.026 m * \left(\frac{1.11}{100} \right) = \mathbf{2.8 \frac{N}{m^2}}$$

Columna 40: Cuarto chequeo, se hace para confirmar que se cumple el parámetro de auto limpieza y para esto se verifica que la columna 39 sea mayor a 1.5N/m² según el libro del ingeniero Ricardo Alfredo López Cualla "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados", y la resolución 0330 del 2017.

$$1.5 \frac{N}{m^2} \leq 2.8 \frac{N}{m^2}, \text{cumple}$$

Columna 41: Cota batea, esta se halla restándole a la cota clave el valor del diámetro de la tubería utilizada, por lo tanto, sería a las columnas 20 y 21, restar la columna 25.

4.4. Presupuesto de obra:

4.4.1. Cantidades de obra:

Para la realización del presupuesto de obra, se tuvo en cuenta el plano de la implantación del proyecto con el trazado propuesto y con los niveles calculados anteriormente, para la obtención de las cantidades de materiales. Dando como resultado las siguientes memorias de cantidades, las cuales se sacaron con ayuda de los programas AutoCAD y Excel.

Figura 10

Memoria de cantidades (Excavación)

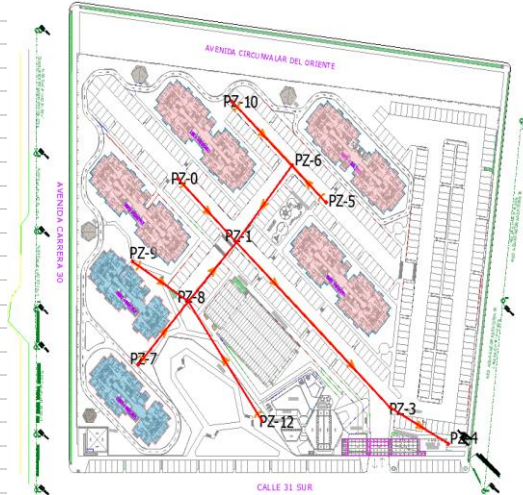
 EUCALYPTUS CONCRETO RESIDENCIAL		MEMORIAS - CANTIDADES DE OBRA						MC-F-34		PAGINA: 1 DE 1						
NIT. 891180021-9						VERSION: 1										
EXCAVACION		ELABORO AUX. FABIO ALEJANDRO CHARRY LIZCANO			DESCRIPCION	DIMENSIONES				VOLUMEN M3	CANT.	TOTAL	UND.			
						AREA M2	ANCHO DE ZANJA	LONGITUD	ALTO PROMEDIO DE ZANJA							
					Tuberia 8"		0.7	366.71	2	513.39	1.00	513.39	m3			
Especificaciones:					OBSERVACIONES:											
										TOTAL		513.39	m3			

Figura 11

Memoria de cantidades (Relleno con recebo)

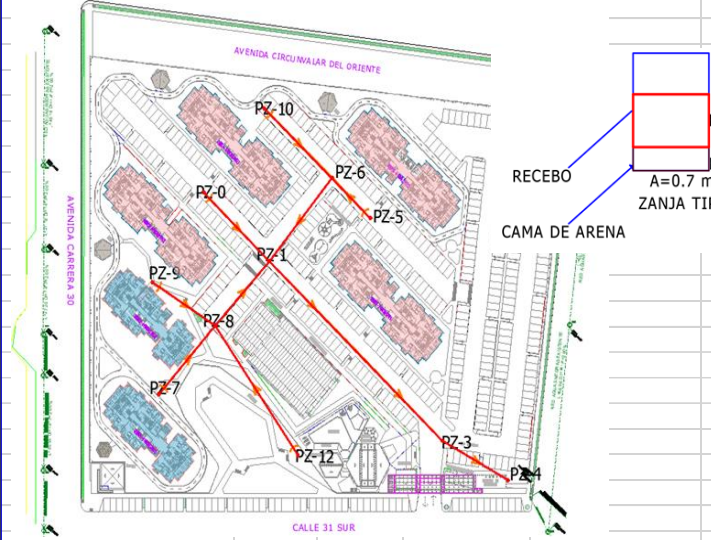
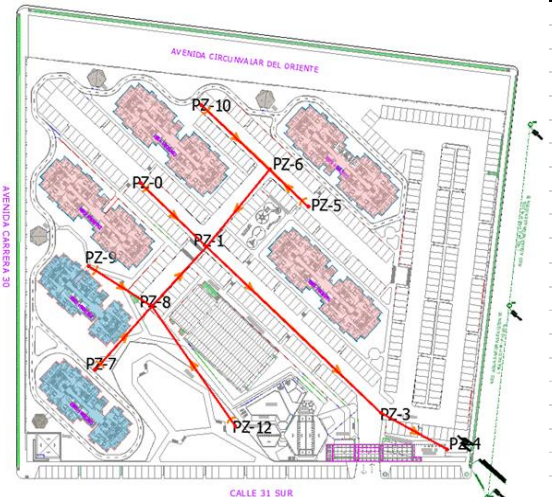
	MEMORIAS - CANTIDADES DE OBRA					MC-F-34	PAGINA: 1 DE 1						
	NIT. 891180021-9					VERSION: 1							
RELLENO CON MATERIAL DE RECEBO COMPACTADO PARA RED ALCANTARILLADO		ELABORO AUX. FABIO ALEJANDRO CHARRY LIZCANO	REVISO ING. JUAN DIEGO CANDELO	DESCRIPCION	DIMENSIONES				VOLUMEN M3	CANT.	TOTAL	UND.	
					VOLUMEN TUBERIA M3	ANCHO DE ZANJA	LONGITUD	ALTO PROMEDIO DE ZANJA					
				Tuberia 8"	11.89	0.7	366.71	0.45	115.51	1.00	103.62	m3	
ESPECIFICACIONES:				OBSERVACIONES:						TOTAL	103.62	M3	

Figura 12

Memoria de cantidades (Cama de arena)

	MEMORIAS - CANTIDADES DE OBRA					MC-F-34		PAGINA: 1 DE 1	
	NIT. 891180021-9					VERSION: 1			

CAMA DE ARENA	ELABORO AUX. FABIO ALEJANDRO CHARRY LIZCANO	REVISO ING. JUAN DIEGO CANDELO	DESCRIPCION	DIMENSIONES			VOLUMEN M3	CANT.	TOTAL	UND.	
				VOLUMEN TUBERIA M3	ANCHO	LONGITUD					ALTO
			Tuberia 8"		0.7	366.71	0.2	51.34	1.00	51.34	m3

ESPECIFICACIONES:			OBSERVACIONES:						TOTAL	51.34	M3
-------------------	--	--	----------------	--	--	--	--	--	-------	-------	----

Figura 13

Memoria de cantidades (Relleno con material de excavación)

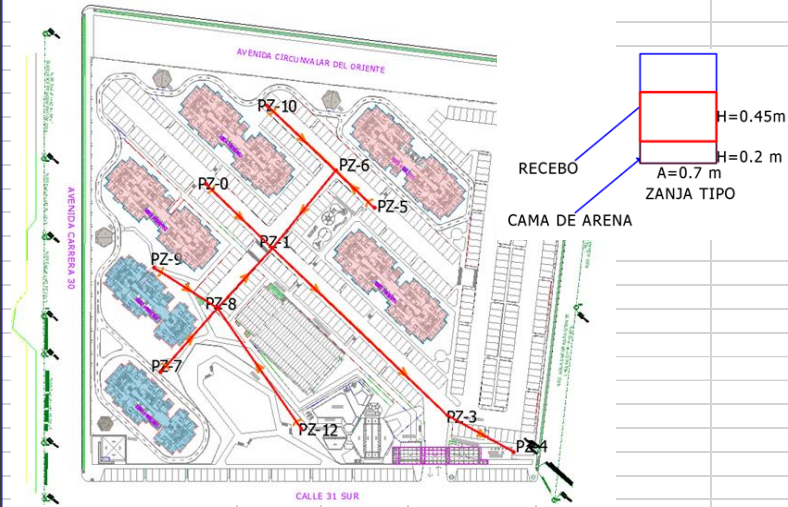
		MEMORIAS - CANTIDADES DE OBRA						MC-F-34		PAGINA: 1 DE 1		
		NIT. 891180021-9						VERSION: 1				
RELLENO CON MATERIAL DE LA EXCAVACION PARA RED ALCANTARILLADO		ELABORO AUX. FABIO ALEJANDRO CHARRY LIZCANO	REVISO ING. JUAN DIEGO CANDELO	DESCRIPCION	DIMENSIONES				VOLUMEN M3	CANT.	TOTAL	UND.
				Tuberia 8"	VOLUMEN TUBERIA M3	ANCHO	LONGITUD	ALTO	346.54	1.00	346.54	m3
ESPECIFICACIONES:				OBSERVACIONES:						TOTAL	346.54	M3

Figura 14

Memoria de cantidades (Tubería de 8")

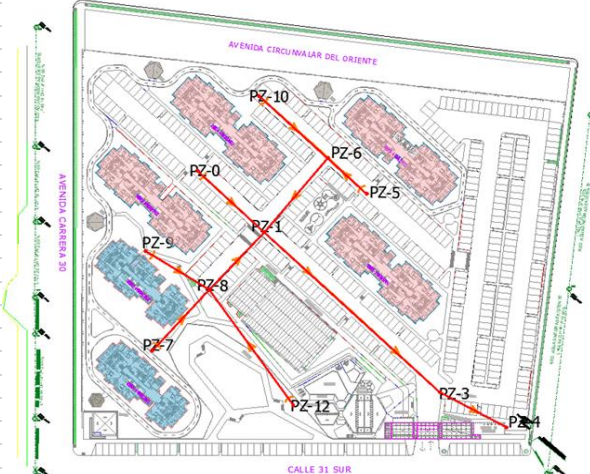
	MEMORIAS - CANTIDADES DE OBRA				MC-F-34		PAGINA: 1 DE 1					
	NIT. 891180021-9				VERSION: 1							
TUBERIA DE 8" DE DIAMETRO		ELABORO AUX. FABIO ALEJANDRO	REVISOR ING. JUAN DIEGO CANDELO	DESCRIPCION	DIMENSIONES			CANT.	TOTAL	UND.		
					LONGITUD EN OBRA	LONGITUD ESTANDAR	CANTIDAD DE TUBOS	CANTIDAD ACCESORIO				
				TUBERIA DE 8"	366.71		63.00			366.71	ml	
ESPECIFICACIONES:				OBSERVACIONES:					TOTAL	366.71	ml	

Figura 15

Resumen memoria de cantidades

ALCANTARILLADO SANITARIO			
CAPITULO	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD
4.000	ALCANTARILLADO		
4.001	EXCAVACION PARA TUBERIA DEL ALCANTARILLADO	M3	513.39
4.002	CAMA DE ARENA INFERIOR e= 0.20 PARA RED DE ALCANTARILLADO	M3	51.34
4.003	RELLENO CON MATERIAL DE RECEBO COMPACTADO PARA RED ALCANTARILLADO	M3	103.62
4.004	RELLENO CON MATERIAL DE LA EXCAVACION PARA RED ALCANTARILLADO	M3	346.54
4.005	RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE DE LA RED SANITARIA	M3	183.54
4.006	TUBERIA DE 8" DE DIAMETRO	ml	366.71
4.007	POZOS EN CONCRETO	und	11.00

4.4.2. Análisis de precio unitario:

De igual manera para la realización del presupuesto se hizo la construcción de los APU'S con base a lo pagado y precios manejados por la empresa, los cuales están en la base de datos del programa Sincosof, que se evidencian en las Figuras 20 a la 23.

Figura 16

Apu's presupuesto

	URBANIZACION EUCALYPTUS			
CAPITULO 4	ALCANTARILLADO SANITARIO			
Item	4.001	Excavación mecánica sobre material común		
A.P.U.			Unidad	
URABINZACION EUCALYPTUS			m3	
Materiales	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
No aplica				\$ 0
Subtotal materiales				\$ 0
Equipos y herramientas				
Herramienta menor (% Mano de obra)	Unidad	Rendimiento	Valor unitario	Valor total
Retrocargador 316 E o similar	glb	0	\$ 0.00	\$ 0
	h	0.1	\$ 120,000.00	\$ 12,000
Subtotal equipos				\$ 12,000
Transportes	Unidad m³	Distancia km	VR. UN. (\$/ m³*km)	Valor total
No aplica				\$ 0
				\$ 0
Subtotal transporte				\$ 0
Mano de obra				
m.o.	Unidad	Rendimiento	Valor/hora	Valor total
	h	0	\$ 48,468.75	\$ 0
				\$ 0
Subtotal mano de obra				\$ 0
Costo directo				\$ 12,000
Item	4.002	CAMA DE ARENA INFERIOR e= 0.20 PARA RED		
A.P.U.			Unidad	
URABINZACION EUCALYPTUS			m3	
Materiales	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Arena fina para cimentación	m³	1.2	\$ 72,000.00	\$ 86,400
Subtotal materiales				\$ 86,400
Equipos y herramientas				
Herramienta menor (% Mano de obra)	Unidad	Rendimiento	Valor unitario	Valor total
Compactador tipo canguro	glb	0.1	\$ 15,000.00	\$ 1,500
	dia	0.09	\$ 34,000.00	\$ 3,060
Subtotal equipos				\$ 4,560
Transportes	Unidad m³	Distancia km	VR. UN. (\$/ m³*km)	Valor total
No aplica			\$ 0.00	\$ 0
				\$ 0
Subtotal transporte				\$ 0
Mano de obra				
m.o. relleno cama arena tubería	Unidad	Rendimiento	Valor/m3	Valor total
	m3	1	\$ 15,000.00	\$ 15,000
				\$ 0
Subtotal mano de obra				\$ 15,000
Costo directo				\$ 105,960

Figura 17*Apu's presupuesto*

Item	4.003	RELLENO CON MATERIAL DE RECEBO		
	A.P.U.			Unidad
	URABINZACION EUCALYPTUS			m3
Materiales	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Recebo	m3	1.2	\$ 17,857.00	\$ 21,428
	Subtotal materiales			\$ 21,428
Equipos y herramientas	Unidad	Rendimiento	Valor unitario	Valor total
Herramienta menor (% Mano de obra)	glb	0.1	\$ 14,500.00	\$ 1,450
Retrocargador 316 E o similar	h	0.02	\$ 120,000.00	\$ 2,400
Compactador tipo canguro	dia	0.09	\$ 34,000.00	\$ 3,060
	Subtotal equipos			\$ 6,910
Transportes	Unidad m³	Distancia km	VR. UN. (\$/ m³*km)	Valor total
No aplica				\$ 0
				\$ 0
	Subtotal transporte			\$ 0
Mano de obra	Unidad	Rendimiento	Valor/m3	Valor total
m.o. relleno con recebo	m3	1	\$ 14,500.00	\$ 14,500
				\$ 0
	Subtotal mano de obra			\$ 14,500
	Costo directo			\$ 42,838
Item	4.004	RELLENO CON MATERIAL DE LA EXCAVACION		
	A.P.U.			Unidad
	URABINZACION EUCALYPTUS			m3
Materiales	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
No aplica				\$ 0
	Subtotal materiales			\$ 0
Equipos y herramientas	Unidad	Rendimiento	Valor unitario	Valor total
Herramienta menor (% Mano de obra)	glb	0.1	\$ 14,500.00	\$ 1,450
Retrocargador 316 E o similar	h	0.03	\$ 120,000.00	\$ 3,600
Compactador tipo canguro	dia	0.09	\$ 34,000.00	\$ 3,060
	Subtotal equipos			\$ 8,110
Transportes	Unidad m³	Distancia km	VR. UN. (\$/ m³*km)	Valor total
				\$ 0
	Subtotal transporte			\$ 0
Mano de obra	Unidad	Rendimiento	Valor/m3	Valor total
m.o. relleno con material de excavacion	m3	1	\$ 14,500.00	\$ 14,500
				\$ 0
	Subtotal mano de obra			\$ 14,500
	Costo directo			\$ 22,610

Figura 18*Apu's presupuesto*

Item	4.005	RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE DE LA RED		
	A.P.U.			Unidad
	URABINZACION EUCALYPTUS			m3
Materiales	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
No aplica				\$ 0
	Subtotal materiales			\$ 0
Equipos y herramientas	Unidad	Rendimiento	Valor unitario	Valor total
Herramienta menor (% Mano de obra)				\$ 0
Retrocargador 316 E o similar	h	0.03	\$ 120,000.00	\$ 3,600
				\$ 0
	Subtotal equipos			\$ 3,600
Transportes	Unidad m³	Distancia km	VR. UN. (\$/ m³*km)	Valor total
Volqueta 6m³ (cargue manual) botadero hasta 30 km	1.3	8	\$ 1,100.00	\$ 11,440
				\$ 0
	Subtotal transporte			\$ 11,440
Mano de obra	Unidad	Rendimiento	Valor/m3	Valor total
No aplica				\$ 0
				\$ 0
	Subtotal mano de obra			\$ 0
	Costo directo			\$ 15,040
Item	4.006	TUBERIA DE 8" DE DIAMETRO		
	A.P.U.			Unidad
	URABINZACION EUCALYPTUS			ml
Materiales	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Tubo alcant novafort 8" pavco	ml	1	\$ 60,994.00	\$ 60,994
	Subtotal materiales			\$ 60,994
Equipos y herramientas	Unidad	Rendimiento	Valor unitario	Valor total
Herramienta menor (% Mano de obra)	glb	0.1	\$ 9,600.00	\$ 960
				\$ 0
				\$ 0
	Subtotal equipos			\$ 960
Transportes	Unidad m³	Distancia km	VR. UN. (\$/ m³*km)	Valor total
No aplica				
				\$ 0
	Subtotal transporte			\$ 0
Mano de obra	Unidad	Rendimiento	Valor/ml	Valor total
m.o. instalación tubería 8" sanitario	ml	1	\$ 9,600.00	\$ 9,600
				\$ 0
	Subtotal mano de obra			\$ 9,600
	Costo directo			\$ 71,554

Figura 19

Apu's presupuesto

Item	4.007	POZOS EN CONCRETO		
	A.P.U.			Unidad
	URABINZACION EUCALYPTUS			m3
Materiales	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
CONCRETO DE Fc = 21MPa IMPERMEABILIZADO	m3	3.3	\$ 575,000.00	\$ 1,897,500
ACERO Fy = 60.000 PSI, FIGURADO	kg	4	\$ 4,870.50	\$ 19,482
	Subtotal materiales			\$ 1,916,982
Equipos y herramientas	Unidad	Rendimiento	Valor unitario	Valor total
Herramienta menor (% Mano de obra)	glb	0.01	\$ 320,000.00	\$ 3,200
				\$ 0
				\$ 0
	Subtotal equipos			\$ 3,200
Transportes	Unidad m³	Distancia km	VR. UN. (\$/ m³*km)	Valor total
				\$ 0
				\$ 0
	Subtotal transporte			\$ 0
Mano de obra	Unidad	Rendimiento	Valor/m3	Valor total
m.o. pozo	und	1	\$ 320,000.00	\$ 320,000
				\$ 0
	Subtotal mano de obra			\$ 320,000
	Costo directo			\$ 2,240,182

Datos sistema sinco:

Figura 20

Mano de obra rellenos

Insumo

2488 - m.o. relleno con recebd

Consultar

Generar Control

Ítem

Buscar Ítem

Ajuste por valor

Eliminar Ajuste

Ítem	Descripción	Presupuestado		Ajuste Presupuesto		Proyectado		Contratado		Compras		Consumido	
		Cant	Vr. Unit	Cant	Vr. Prom	Cant	Vr. Prom	Cant	Vr. Prom	Cant	Vr. Ultimo	Cant	Vr. Prom
		Valor Total		Valor Total		Valor Total		Valor Total		Valor Total		Valor Total	
Totales		834.78	12,104,310	385	5,390,000	1,219.78	17,494,310	1,219.78	17,494,310	0	0	1,198.97	17,192,565
2.003	RELLENO MANUAL CON MATERIAL DE EXCAVACION PARA TUBERIA - m3	834.78	14,500	0	0	834.78	14,500	834.78	14,500	0	0	813.97	14,500
		12,104,310		0		12,104,310		12,104,310		0		11,802,565	

Figura 21

Mano de obra cama de arena

Insumo

3263 - m.o. relleno cama arena tubería

Q

Consultar

Generar Control

Ítem

Buscar Ítem

Q

Ajuste por valor

Eliminar Ajuste

Ítem	Descripción	Presupuestado		Ajuste Presupuesto		Proyectado		Contratado		Compras		Consumido	
		Cant	Vr. Unit	Cant	Vr. Prom	Cant	Vr. Prom	Cant	Vr. Prom	Cant	Vr. Ultimo	Cant	Vr. Prom
		Valor Total		Valor Total		Valor Total		Valor Total		Valor Total		Valor Total	
Totales		462.23	6,933,450	0	0	462.23	6,933,450	191	2,865,000	0	0	24.78	371,700
3.003	Cama de arena para tubería e= 0.15m - m3	50	15,000	0	0	50	15,000	50	15,000	0	0	24.78	15,000
		750,000		0		750,000		750,000		0		371,700	

Figure 22

Mano de obra pozos

11271 - ESTANCIA COMERCIAL / URBANISMO

ESTANCIA COMERCIAL / URBANISMO

Ajuste por Insumo

11271 - ESTANCIA COMERCIAL / URBANISMO

Insumo

2402 - m.o. construcción pozos de inspección de 1.0m

Consultar

Generar Control

Ítem

Buscar Ítem

Ajuste por valor

Eliminar Ajuste

Ítem	Descripción	Presupuestado		Ajuste Presupuesto		Proyectado		Contratado		Compras		Consumido	
		Cant	Vr. Unit	Cant	Vr. Prom	Cant	Vr. Prom	Cant	Vr. Prom	Cant	Vr. Ultimo	Cant	Vr. Prom
		Valor Total		Valor Total		Valor Total		Valor Total		Valor Total		Valor Total	
Totales		6	1,980,000	0	0	6	1,980,000	4	1,320,000	0	0	4	1,320,000
2.010	POZOS EN CONCRETO O MAMPOSTERIA PARA RED SANITARIA - Un	6	330,000	0	0	6	330,000	4	330,000	0	0	4	330,000
		1,980,000		0		1,980,000		1,320,000		0		1,320,000	

Figure 23

Mano de obra tubería 8"

Insumo

5167 - m.o. instalación tubería 8" sanitario

Q

Consultar

Generar Control

Ítem

Buscar ítem

Q

Ajuste por valor

Eliminar Ajuste

Ítem	Descripción	Presupuestado		Ajuste Presupuesto		Proyectado		Contratado		Compras		Consumido	
		Cant	Vr. Unit	Cant	Vr. Prom	Cant	Vr. Prom	Cant	Vr. Prom	Cant	Vr. Ultimo	Cant	Vr. Prom
		Valor Total		Valor Total		Valor Total		Valor Total		Valor Total		Valor Total	
Totales		251.9	2,015,200	0	403,040	251.9	2,418,240	251.9	2,418,240	0	0	170	1,632,000
5.007	TUBERIA Y ACCESORIOS PVC-P 8" RED SANITARIA - MI	251.9	8,000	0	0	251.9	9,600	251.9	9,600	0	0	170	9,600
		2,015,200		403,040		2,418,240		2,418,240		0		1,632,000	

4.4.3. Presupuesto de obra:

Figure 24

Presupuesto de control

ALCANTARILLADO SANITARIO					
CAPITULO	ITEM	UNIDAD	CANTIDAD	Vr.unti	Vr. Total
4.000	ALCANTARILLADO				
4.001	EXCAVACION PARA TUBERIA DEL ALCANTARILLADO	M3	513.39	\$ 12,000	\$ 6,160,680
4.002	CAMA DE ARENA INFERIOR e= 0.20 PARA RED DE ALCANTARILLADO	M3	51.34	\$ 105,960	\$ 5,439,986
4.003	RELLENO CON MATERIAL DE RECEBO COMPACTADO PARA RED ALCANTARILLADO	M3	103.62	\$ 42,838	\$ 4,438,874
4.004	RELLENO CON MATERIAL DE LA EXCAVACION PARA RED ALCANTARILLADO	M3	346.54	\$ 22,610	\$ 7,835,269
4.005	RETIRO DE MATERIAL SOBRANTE DE LA RED SANITARIA	M3	183.54	\$ 11,440	\$ 2,099,640
4.006	TUBERIA DE 8" DE DIAMETRO	ml	366.71	\$ 71,554	\$ 26,239,567
4.007	POZOS EN CONCRETO	und	11.00	\$ 2,240,182	\$ 24,642,002
Costo directo total=					\$ 76,856,019

4.5. Conclusiones:

Teniendo en cuenta los objetivos planteados se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Según los cálculos y resultados obtenidos anteriormente en el desarrollo del documento, se encontró que para el diseño propuesto se empleara tubería de 8"(200mm) en toda la red de alcantarillado, la cual cumple con los especificaciones mínimas expuestas en el libro del ingeniero Ricardo Alfredo Lopez Cualla "Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados", y en la resolución 0330 del 2017, como lo son la cortante mínima, velocidad mínima tanto a tubo lleno, como velocidad real, entre otras, para así garantizar un óptimo funcionamiento de este diseño.
- Se elaboró un presupuesto de control para la red de alcantarillado sanitario diseñada, el cual representa un valor total de \$ 76,856,019 COP solo en costos directos, que son los relacionados a materiales, transportes de los mismos, alquiler de equipos y mano de obra para las actividades designadas para realizar la instalación de la red de alcantarillado. Para el presupuesto no se tuvieron en cuenta los costos indirectos ya que lo que se elaboro es un presupuesto de control, que es utilizado para supervisar y controlar el desarrollo de una obra civil que en este caso es la red de alcantarillado sanitario del proyecto Eucalyptus.
- El diseño final quedo configurado por un total de 11 pozos de inspección y 366.71 metro lineales de tubería de 8", que se pueden observar en el anexo 1 al final de este documento en el plano de detalle generado.

4.6. Recomendaciones:

- Si se desea utilizar este documento como guía de diseño se debe tener en cuenta que este es para una zona residencial privada, si se desea hacer para una zona residencial común se debería ajustar, ya que al ser zona publica se deberá proyectar el crecimiento a futuro de la población.
- Para hacer más completo el diseño se pueden plantear cámaras de caídas las cuales se utilizan con el objeto de evitar velocidades superiores a la máxima permitida y la posible erosión de la tubería, lo cual se plasma en la resolución 0330 de 2017 exige el uso de estas estructuras cuando la diferencia de nivel entre la cota batea del colector entrante y la cota batea del colector de salida sea mayor a 0.70m.
- Se pueden proponer en el diseño que se incorporen trampas de grasas, para que de una forma ayudar con el tratamiento del agua residual antes de salir al alcantarillado de la ciudad.

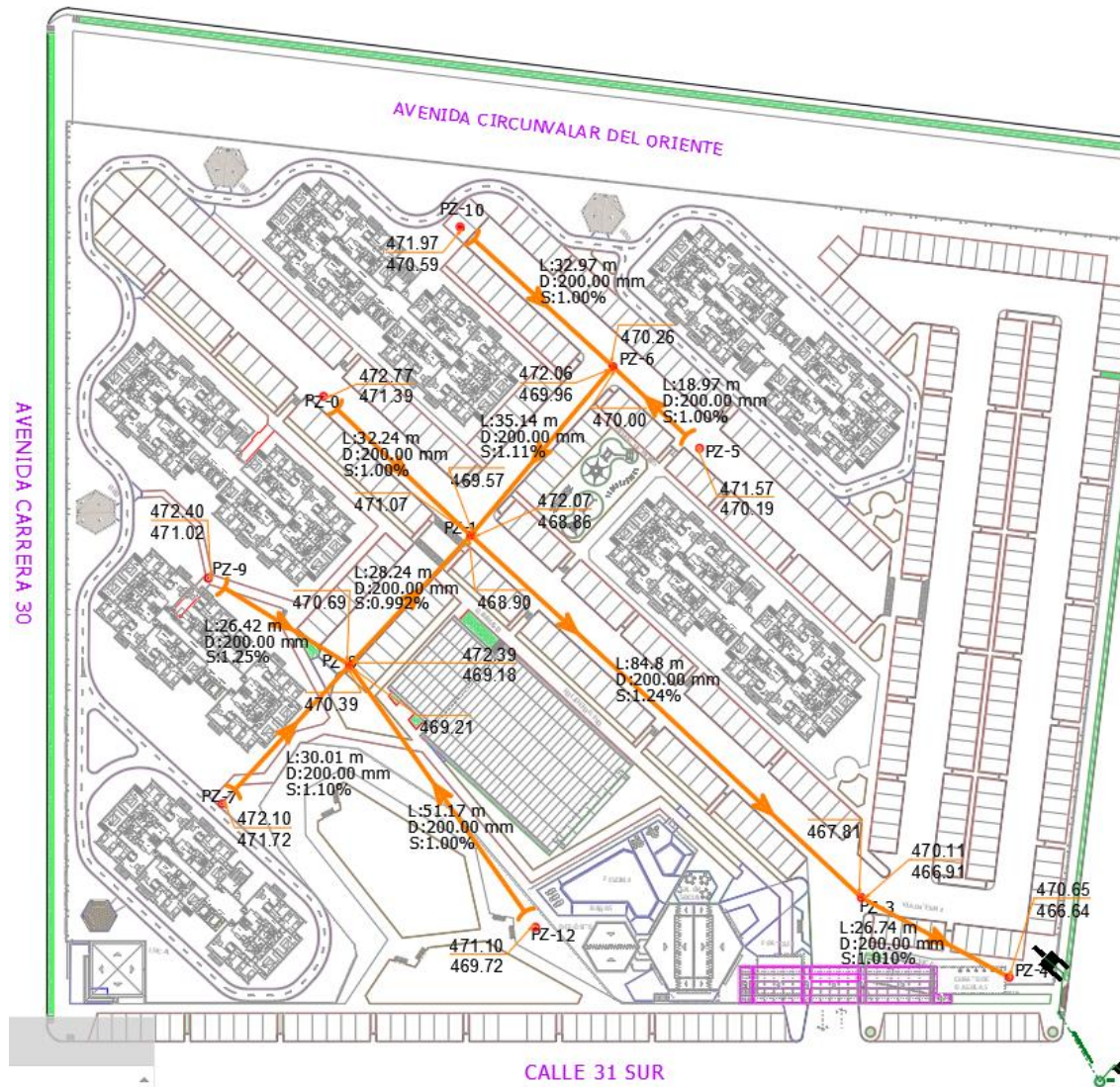
- Es importante tomar como referencia los requisitos técnicos establecidos en la resolución 0330 de 2017 y su modificación 799 del 2021, pues es el referente normativo para el diseño de alcantarillado y de acueductos.
- Si se desea utilizar el presente documento como diseño definitivo de red de alcantarillado sanitario para el proyecto Eucalyptus, este debe ser avalado por un especialista en el área.

5. BIBLIOGRAFÍA

- ACODAL. (22 de Marzo de 2023). *Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. Obtenido de Día mundial del agua 2023: <https://www.acodal.org.co/uncategorized/dia-mundial-del-agua-acodal-2023/>
- Barriga, J. A., Roldan, O. A., & Gomez, W. J. (2006). *Diseño de alcantarillado sanitario, red de distribución de agua potable, pr potable, programación y pr amación y presupuesto esupuesto de obr o de obra para el Barrio Villa Carol ubicado en el municipio de Garzón Huila*. Tesis pregrado, Universidad de la Salle, Ingeneniería civil, Bogotá.
- Díaz, H. A. (2005). *DISEÑOS HIDRÁULICOS, SANITARIOS Y DE GAS EN EDIFICACIONES* (Segunda reimpresión ed.). (C. S. Perdomo, Ed.) Bogotá, D.C: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- EPM. (2009). *Guía para el diseño Hidráulico de Redes de Alcantarillado*. Medellín. Obtenido de https://www.epm.com.co/site/Portals/0/centro_de_documentos/GuiaDisenoHidraulicoRedesAlcantarillado.pdf
- López, R. (2003). *ELEMENTOS DE DISEÑO PARA ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADO* (Segunda ed.). (J. L. Garzón, Ed.) Bogotá, D.C., Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Medina, J. A., & Vagner, S. S. (2019). *DISEÑO HIDRÁULICO DE LA PRIMERA FASE DE LA RED DE ALCANTARILLADO DEL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE CHIPAQUE*. Tesis de especialización, Universidad Católica de Colombia, Bogotá. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/2750ea95-278a-41c1-bed1-7fb00cb0008c/content>
- PAVCO. (2023). *Manual técnico tubosistemas presión PVC*. Obtenido de file:///C:/Users/Juan%20S.%20Calceto/Downloads/MANUAL_PRESION_24-FEB-2020-2023.pdf
- Perez, N. A. (2020). *Diseño académico de la red de alcantarillado sanitario del asentamiento humano Colinas del Tinal, en la ciudad de Cúcuta*. Universidad Francisco de Paula Santander, Norte de Santander, San José de Cúcuta.
- WILSON ANTONIO FLOREZ DIAZ. (2019). *DISEÑO DEL ALCANTARILLADO DEL BARRIO SAN MARTÍN, MUNICIPIO DE SOACHA*. Universidad Católica de Colombia, Bogotá.

**Anexo 1: Plano de detalles
alcantarillado sanitario urbanización Eucalyptus.**

Cota rasante – Cota clave



Cota rasante – Cota batea

