

**Pre-Diseño de la red de alcantarillado sanitario del condominio Recreacional
Parcelación San Carlos en el municipio de Villavicencio**



Kevin Yused Bonilla Vélez

**Facultad de Ingeniería Civil
Universidad Santo Tomás
Villavicencio**

Abril

2018

Proyecto de aplicación en temas de ingeniería civil
Pre-Diseño de la red de alcantarillado sanitario del condominio Recreacional
Parcelación San Carlos en el municipio de Villavicencio

Kevin Yused Bonilla Vélez

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de **Ingeniero Civil**

Director

Ing. Jorge Humberto Benavides Santamaria

Codirector

Ing. Geovani Arturo Alarcón Blanco

Facultad de Ingeniería Civil

Universidad Santo Tomás

Villavicencio

Febrero

2018

AUTORIDADES ACADÉMICAS

JUAN UBALDO LÓPEZ SALAMANCA, O.P.

Rector General

PADRE CESAR ORLANDO URAZÁN, O.P.

Vicerrector Académico General

FRAY JOSÉ RESTREPO RESTREPO, O.P.

Rector Sede Villavicencio

FRAY FERNANDO CAJICÁ GAMBOA, O.P.

Vicerrector Académico Sede Villavicencio

JULIETH ANDREA SIERRA TOBÓNA

Secretaria de División Sede Villavicencio

JHON JAIRO GIL PELAEZ

Decano Facultad de ingeniería civil

NOTA DE ACEPTACIÓN

JHON JAIRO GIL PELAEZ

Decano de Facultad

JORGE BENAVIDES SANTAMARÍA

Director Trabajo de Grado

JORGE MUÑOZ BARROGAN

jurado

Villavicencio, Abril de 2018.

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mi padre JESÚS BONILLA y mi madre NUBIA VÉLEZ por su apoyo, gracias a ellos he llegado hasta este punto de mi vida.

A DIOS TODOPODEROSO, que me ha dado miles de bendiciones, por su infinito amor, que me ha permitido lograr dar fin a este trabajo de graduación.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento:

A Dios por darnos la vida, la sabiduría y por permitirnos adquirir y desarrollar conocimientos para lograr nuestros objetivos y sobretodo no abandonarnos y acompañarnos en todo momento. Por darme fortaleza para poder culminar un gran sueño, porque cada situación se la he confiado a él...

A mi papá y mamá que han aportado en mi educación, la cual es parte fundamental de nuestro propio proyecto de vida diaria, miles de agradecimientos para ellos que me han enseñado a ser dedicado y hacer las cosas con pasión.

A las personas que han aportado directa e indirectamente para la elaboración del presente trabajo, a nuestras familias por el apoyo incondicional y su colaboración.

Al ingeniero especialista, Iván Darío Acosta Sabogal a quien guardo una gran admiración, que me dio las bases necesarias y me inspiró a enfocar mi tesis de grado hacía el alcantarillado.

Al Ingeniero especialista, Jorge Humberto Benavides Santamaría por su gran disposición, porque no ha dejado que la distancia impida la atención, orientación, supervisión y colaboración. Por aportar todo su conocimiento en el desarrollo de esta tesis.

Al Ingeniero Geovani Arturo Alarcón Blanco, por todos los conocimientos compartidos, por estar en la supervisión de la gran extensión de levantamiento topográfico, por su infinita disposición de ayudarme sin importar nada.

RESUMEN

El presente trabajo de grado para optar por el título de ingeniero civil, contiene el diseño de la red de alcantarillado sanitario para la población del condominio recreacional parcelación San Carlos. El alcantarillado sanitario beneficiará en un futuro, a aproximadamente 3000 habitantes para un periodo de diseño de 25 años, que demanda un caudal medio actual de 104.83 (L/s) de aguas residuales.

El diseño presenta los aspectos técnicos, tales como: topografía, diseño hidráulico, elaboración de planos y presupuesto; todos bajo las normas y parámetros que lo rigen.

- Para el diseño del sistema de alcantarillado sanitario se partió del censo poblacional, seguido del levantamiento topográfico. Con esta información de campo se procedió al cálculo del caudal de diseño y posteriormente al diseño hidráulico, comprobando las relaciones hidráulicas; todos bajo los parámetros del RAS.
- Para el diseño hidráulico se utilizó tubería de PVC NOVAFORT de diferentes diámetros y los correspondientes pozos de visita. Para simular el comportamiento del agua residual dentro de las tuberías y comprobar los cálculos hidráulicos, se hizo una simulación por medio del software SEWER-GEMS con el que se verifica que no existen sobrecargas ni inundaciones en los nudos
- Posteriormente se elaboraron los planos por medio del software AUTO-CAD en los cuales se encuentran materiales, detalles y especificaciones para su debida construcción, incluyendo las resistencias de los mismos.
- Posteriormente para la elaboración del presupuesto se han realizado los análisis por metro lineal de tubería, los metros cúbicos de excavación y relleno, entre otros.

Palabras Clave: *Alcantarillado sanitario, aguas residuales, pozos de inspección, contaminación aguas subterráneas.*

ABSTRACT

The present work of degree to obtain the title of civil engineer contains the design of the sanitary sewer network for the population of the recreational condominium subdivision San Carlos. The sanitary sewer will benefit in the future, approximately 3000 inhabitants for a design period of 25 years, which demands a current average flow of 104.83 (L / s) of wastewater.

The design presents the technical aspects, such as: topography, hydraulic design, drawing plans and budget; all under the rules and parameters that govern it.

- The design of the sanitary sewer system was based on the population census, followed by the topographic survey. With this field information, we proceeded to calculate the design flow and subsequently to the hydraulic design, checking the hydraulic relationships; all under the parameters of the RAS.
- For the hydraulic design NOVAFORT PVC pipe of different diameters and corresponding wells were used. To simulate the behavior of the wastewater inside the pipes and check the hydraulic calculations, a simulation was made by means of the SEWER-GEMS software, which verifies that there are no overloads or floods in the nodes
- Subsequently, the drawings were prepared by means of the AUTO-CAD software in which materials, details and specifications are found for their proper construction, including their resistances.
- Subsequently, for the elaboration of the budget, the analyzes were carried out by linear meter of pipe, cubic meters of excavation and filling, among others.

Key Word- *Sanitary sewerage, wastewater, inspection wells, groundwater contamination.*

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTOS	6
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
TABLA DE CONTENIDO	9
1. INTRODUCCIÓN	14
1.1 Motivación y formulación del problema	15
1.2 Finalidad	15
1.2.1 Objetivo General	15
1.2.2 Objetivo Específicos	16
1.3 GENERALIDADES	16
1.3.1 Población del proyecto	16
1.3.2 Servicios	17
1.3.3 Otros servicios	19
1.3.4 Aspectos Socio Económicos	20
1.4 APORTES DEL TRABAJO	22
1.5 Organización del Documento	22
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y CIENTÍFICA	23
2.1 MARCO TEÓRICO	23
2.1.1 Fosa séptica	23
2.1.2 Clasificación de las aguas residuales	23
2.1.3 Alcantarillados y tipos de alcantarillados.	24
2.1.4 Aspectos a tener en cuenta en el diseño	26
2.2 MARCO LEGAL	36
2.3 ESTADO DEL ARTE	37
2.4 MARCO CONTEXTUAL	38

2.4.1	Ubicación geográfica	38
3.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	41
3.1	CRITERIOS DE DISEÑO	43
3.2	DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS	45
3.2.1	Censo real	45
3.2.2	Levantamiento topográfico	45
3.2.3	Estudio geotécnico	48
3.2.4	Simulación	49
3.2.5	Memorias de cálculo	50
3.3	DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS FINALES	51
3.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	56
4.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	57
5.1	CONCLUSIONES	57
5.2	TRABAJOS FUTUROS	58
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Aportes del trabajo.	22
Tabla 2. Nivel de complejidad.	27
Tabla 3. Dotación neta máxima.	28
Tabla 4. Contribución comercial.	29
Tabla 5. Contribución institucional mínima en zonas residenciales.	29
Tabla 6. Profundidad a las cotas claves del colector.	32
Tabla 7. Diámetros estructuras de inspección.	34
Tabla 8 Normatividad.	36
Tabla 9 Resultados esperados.	56

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Población del proyecto.	16
Figura 2. Zanjas de aguas lluvias.	17
Figura 3. Tubería fosa séptica.	18
Figura 4. Vías de la población.	19
Figura 5. Mini parque.	19
Figura 6. Lote iglesia.	20
Figura 7. Aspecto socio-económico.	21
Figura 8. Medidas pozo de inspección.	35
Figura 9 Localización general.	38
Figura 10 Localización zona de estudio.	38
Figura 11 Delimitación hídrica.	40
Figura 12 Metodología.	41
Figura 13. Laguna.	43
Figura 14. Área residencial ejemplo.	44
Figura 15. Área infiltración.	44
Figura 16. Mojón.	45
Figura 17. Teodolito Topcon.	46
Figura 18. Coordenadas lote.	47
Figura 19. Estacas.	48
Figura 20. Columna estratigráfica.	49
Figura 21. Resultado SewerGEMS.	55

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Plano General	61
Anexo 2. Suelos	62
Anexo. 3 Pozos de inspección	63

1. INTRODUCCIÓN

“El problema de la contaminación de las aguas subterráneas no es algo nuevo en la literatura. Posiblemente, la referencia más antigua es el trabajo clásico del Dr. John Snow, que en 1854 relacionó las más de 500 muertes producidas por cólera en el distrito del Soho Londinense como consecuencia de la contaminación producida en un solo pozo (Stamp, 1964). Sin embargo, es a partir de los años 80 cuando se empieza a considerar la contaminación de las aguas subterráneas como un problema real y de cierta magnitud. [1]”.

Las descargas de aguas residuales son de amenazas significativas al medio ambiente, es por eso que el presente proyecto tiene como fin diseñar la red de alcantarillado sanitario para el condominio parcelación San Carlos en el departamento del Meta. Según el DNP “El saneamiento es fundamental dado que contribuye en forma determinante en la calidad de vida de la población, por causa del mejoramiento de las condiciones de salubridad y el desarrollo económico de las regiones [2]”. La falta de saneamiento básico sigue siendo una preocupación importante para el desarrollo socio-económico de cualquier población.

El diseño se debe elaborar para garantizar la adecuada recolección y evacuación de las aguas residuales, debido a que los sistemas usados como lo son las fosas sépticas no cuentan con la normatividad adecuada y son la fuente principal de la contaminación de las aguas subterráneas. Con la construcción de la red de alcantarillado se busca disminuir el uso de las fosas sépticas u otras alternativas ya que generan muchos tipos de enfermedades.

La población extrae el agua para consumo humano de los aljibes sin conocimiento que “las fosas sépticas puedan estar contaminando las aguas subterráneas, en las aguas residuales se detecta la presencia de bacterias (E. Coli, Clostridium, Salmonella, Trichomonas), componentes orgánicos (detergentes, plaguicidas, disolventes, aceites y PPCPs) e inorgánicos (N, P, Cu, Pb, Fe, Zn, Mn) [2]”.

Al ser Colombia un país de economía emergente, se hace evidente la necesidad de ampliar la cobertura de alcantarillado, ya que “la población con acceso a alcantarillado es superior al 90% en zonas urbanas, en zonas rurales el dato de acceso a alcantarillado y soluciones alternativas se reduce a cerca de 70% [1]”.

1.1 Motivación y formulación del problema

En 1987 se parcelaron los lotes de aproximadamente 39 hectáreas con los reglamentos de propiedad horizontal. Esta población tiene como nombre Condominio Recreacional Parcelación San Carlos” y cuenta con 375 predios, sin vías, sin parques, sin polideportivos, sin puesto de salud y sin servicios básicos. Los habitantes de este sector llevan 30 años usando fosas como alternativa para la recolección y evacuación de las aguas residuales. La solución en cada predio es optar por construir pozos sépticos, sin tener en cuenta la normatividad mínima que estas requieren como lo son la NTC 247, NTC 5551 Y ASTM C 207, entre otras. Las fosas sépticas se pueden sobrecargar e infiltrar las aguas residuales al suelo, esto da paso a la proliferación de bacterias y otros insectos que sirven de vectores para la propagación de enfermedades. También lleva a la contaminación de las aguas subterráneas, de las cuales la población la extrae a través de aljibes para el consumo humano.

Cuando existen las filtraciones del agua residual al suelo se genera otra problemática, la cual se relaciona con los olores producidos debido a que las aguas residuales llegan a la superficie dado que el suelo se satura en tiempos de fuerte precipitación.

Por otra parte, la contaminación microbiológica es “las más peligrosa ya que dependiendo del tipo de microorganismo y su concentración puede producir enfermedades y limitar el crecimiento del cultivo como en algunas especies de hortícolas, especialmente las que crecen a ras de suelo como lechuga, repollo, tomates, espárragos, frutillas etc. Es importante evitarla en toda la cadena de producción, desde la producción hasta el consumo [3]”.

1.2 Finalidad

1.2.1 Objetivo General

- Diseñar el sistema de alcantarillado sanitario para recolectar y evacuar las aguas residuales de manera eficiente y suplir la necesidad de la población del Condominio Recreacional Parcelación San Carlos.

1.2.2 Objetivo Específicos

- Preservar los recursos hidráulicos para que las aguas residuales no contaminen las aguas subterráneas.
- Solucionar los problemas de salubridad y saneamiento básico de la población, con el diseño del alcantarillado.
- Identificar los problemas de diseño de las redes que pueden presentarse por la topografía del terreno.
- Proveer a la población de un supuesto económico de lo que sería la construcción de las redes de alcantarillado.
- Proporcionar los planos, perfiles y especificaciones de los elementos que componen la red de alcantarillado sanitario.

1.3 GENERALIDADES

1.3.1 Población del proyecto

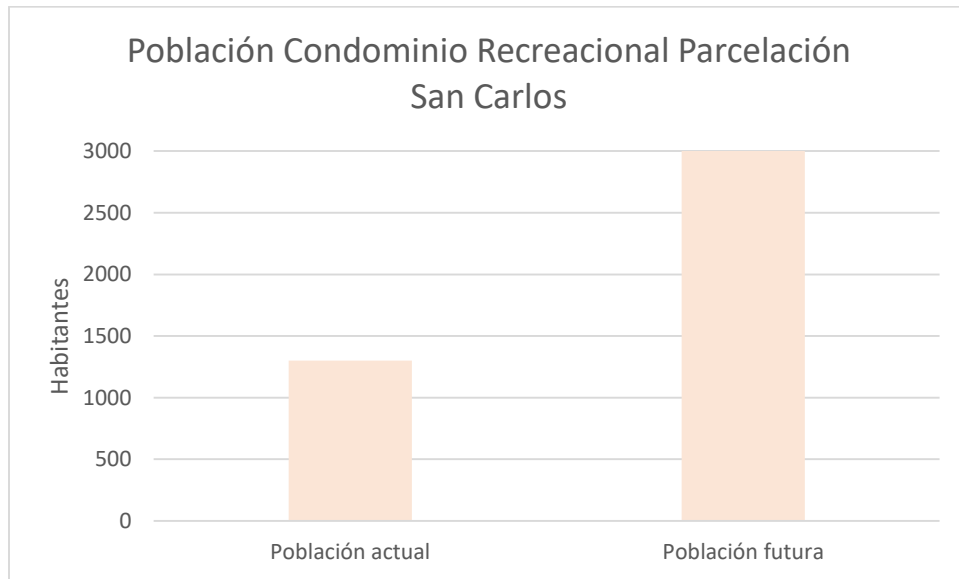


Figura 1. Población del proyecto. Fuente Elaboración propia.

1.3.2 Servicios

1.3.2.1 Aguas lluvias:

En el caso de aguas lluvias, no se dispone de ningún tipo de evacuación técnica por lo que se escurre libremente por las calles hacia los linderos como se muestra en la Figura 2.



Figura 2. Zanjas de aguas lluvias. Fuente: Elaboración propia.

1.3.2.2 Agua potable

No existe el acueducto ni una PTAP, el agua obtenida es a través de aljibes.

1.3.2.3 Alcantarillado

No existe una red de alcantarillado en el recinto, por lo que las personas usan otros sistemas de eliminación de excretas. El sistema que más se usa es el de fosa séptica, incumpliendo con normatividad y causando grandes problemas, en la Figura 3 se puede apreciar la tubería a la intemperie que va hacia la fosa séptica.

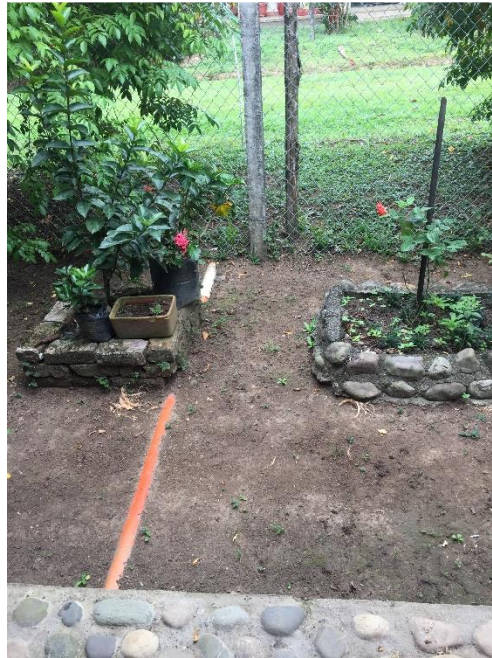


Figura 3. Tubería fosa séptica. Fuente: Elaboración propia.

1.3.2.4 *Energía eléctrica*

El 100% de la comunidad cuenta con este servicio y pagan alrededor de \$18.000 al mes, la recaudación es realizada por la Electrificadora del Meta S.A (EMSA) por ser estrato 1 clase rural.

1.3.2.5 *Viabilidad*

El condominio Parcelación San Carlos tiene una única ruta, la cual es en material pétreo, al acceder al condominio las vías se encuentran con material natural y material pétreo como se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Vías de la población. Fuente: Elaboración propia.

1.3.3 Otros servicios

No cuenta con la construcción del centro hospitalario, de la escuela, y solo cuenta con un mini parque (Figura 5) de todas las tres zonas dispuestas a parques.



Figura 5. Mini parque. Fuente: Elaboración propia.

1.3.3.1 Infraestructura Adicional

Existe un lote destinado a la iglesia Figura 6, está construido en madera con una cubierta de zinc y actualmente se realizan las actividades religiosas.



Figura 6. Lote iglesia. Fuente: Elaboración propia.

1.3.4 Aspectos Socio Económicos

La actividad económica predominante en el sector es la agricultura sobre todo la producción de yuca, plátano. Sin embargo, existen otras actividades económicas como la avícola, microempresas (3 tiendas). En la Figura 7 se muestran algunas de estas actividades.



Figura 7. Aspecto socio-económico. Fuente: Elaboración propia.

1.4 APORTES DEL TRABAJO

Se describen los principales aportes de la tesis, haciendo énfasis en los resultados y los beneficiarios, así como, las principales aplicaciones e impactos del producto del proyecto.

Tabla 1. Aportes del trabajo

Aspecto	Impacto	Supuesto	Plazo
Social	Crecimiento poblacional.	Mejoramiento y Valorización de viviendas.	Largo
Social	Reducción tasas de morbilidad y mortalidad.	Sustitución de alternativas de recolección y evacuación de aguas residuales.	Corto
Social	Reducción de malos olores.	Permite una mejora en la vida de las personas.	Corto
Económico	Explotación de la producción.	Aumento de la producción agrícola y avícola.	Medio
Ambiental	Deforestación	El incremento poblacional genera la tala de árboles en las fincas aledañas, para la comercialización.	Largo

Fuente: Elaboración propia.

1.5 Organización del Documento

En los siguientes capítulos se presentará la información necesaria para el entendimiento del documento: cifras estadísticas, reglamentación para el diseño de un alcantarillado sanitario, los materiales constructivos y el programa que se usará para simular la red.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y CIENTÍFICA

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Fosa séptica

“Una fosa séptica es un contenedor hermético cerrado en donde se acumulan las aguas negras y donde se les da un tratamiento primario separando los sólidos de las aguas negras. Elimina los sólidos al acumular las aguas negras en el tanque y al permitir que parte de los sólidos, se asienten en el fondo del tanque mientras que los sólidos que flotan (aceites y grasas) suben a la parte superior. Para darles tiempo a los sólidos a asentarse, el tanque debe retener las aguas negras por lo menos 24 horas. Algunos de los sólidos se eliminan del agua, algunos se digieren y otros se quedan en el tanque. Hasta un 50 por ciento de los sólidos que se acumulan en el tanque se descomponen; el resto se acumula como lodo en el fondo y debe bombearse periódicamente del tanque [3].”

2.1.1.1 Tipos de fosas sépticas

Se clasifican en tres tipos:

- Fosas sépticas de concreto.
- Fosas de fibra de vidrio, se usan para los lugares de acceso difícil.
- Fosas plásticas/de polietileno “las que se venden en muchos tamaños y figuras diferentes. Al igual que las fosas de fibra de vidrio, estas fosas son livianas, de una sola unidad y pueden llevarse a los lugares “de acceso difícil”. Todas las fosas deben ser herméticas para evitar que el agua entre o salga del sistema. El agua que entra al sistema puede saturar el campo de absorción, y así causar que el sistema falle [3].”

2.1.2 Clasificación de las aguas residuales

De no existir las redes de recolección de las aguas residuales, se pondría en peligro la salud de las personas debido al riesgo de enfermedades epidemiológicas y, además, se causarían importantes pérdidas materiales.

Las aguas residuales pueden tener varios orígenes:

2.1.2.1 Aguas residuales domésticas

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.

2.1.2.2 Aguas residuales industriales

Se originan de los desechos de procesos industriales o manufactureros, debido a su naturaleza, pueden contener, además de los componentes citados anteriormente, elementos tóxicos tales como plomo, mercurio, níquel, cobre y otros, que requieren ser removidos en vez de ser vertidos al sistema de alcantarillado.

2.1.2.3 Aguas de lluvia

Proveniente de la precipitación pluvial, debido a su efecto de lavado sobre tejados, calles y suelos, pueden contener una gran cantidad de sólidos suspendidos. En zonas de alta contaminación atmosférica, pueden contener algunos metales pesados y otros elementos químicos.

2.1.3 Alcantarillados y tipos de alcantarillados.

Consiste en una serie de tuberías y obras complementarias, las cuales son necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial producida por la lluvia. "De no existir estas redes de recolección de aguas, se pondría en grave peligro la salud de las personas debido al riesgo de enfermedades epidemiológicas y, además, se causarían importantes pérdidas materiales [4]".

Existen dos tipos de alcantarillado los cuales son los: convencionales y no convencionales.

2.1.3.1 Alcantarillados convencionales

“Los sistemas de alcantarillado convencionales son sistemas con tuberías de grandes diámetros que permiten una gran flexibilidad en la operación del sistema, debida en muchos casos a la incertidumbre en los parámetros que definen el caudal: densidad poblacional y su estimación futura, mantenimiento inadecuado o nulo [5]”.

Se clasifican según el tipo de agua que conducen, estos pueden ser de tipo separado o combinado.

- Alcantarillado separado: “Son aquellos en los cuales es independiente la evacuación de las aguas residuales a la de las aguas lluvias [5]”. Para el presente proyecto se construirá el sanitario ya que las inundaciones de pluviales no son tan nocivas ni contaminantes.
- Alcantarillado sanitario: Es el sistema de recolección diseñado para recolectar exclusivamente las aguas residuales domésticas e industriales
- Alcantarillado pluvial: Es el sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la precipitación.
- Alcantarillado combinado: Es aquel en el cual se combina la evacuación de aguas residuales y lluvias.

2.1.3.2 Alcantarillados no convencionales

“Los sistemas de alcantarillado no convencionales surgen como una respuesta de saneamiento básico de poblaciones de bajos recursos económicos, son sistemas poco flexibles, que requieren de mayor definición y control en los parámetros de diseño, en especial del caudal, mantenimiento intensivo y, en gran medida, de la cultura en la comunidad que acepte y controle el sistema dentro de las limitaciones que éstos pueden tener

Se clasifican según el tipo de tecnología aplicada y en general se limita a la evacuación de aguas residuales.

- Alcantarillado simplificado: Se diseña con los mismos lineamientos de un alcantarillado convencional, pero teniendo en cuenta la posibilidad de reducir

diámetros y aumentar distancia entre pozos al disponer de mejores equipos de mantenimiento.

- Alcantarillado condominiales: Son los que recogen las aguas residuales de un pequeño grupo de viviendas, menor a una hectárea, y las conduce a un sistema de alcantarillado convencional.
- Alcantarillado sin arrastre de sólidos: Conocidos también como alcantarillados a presión, son sistemas en los cuales se eliminan los sólidos de los efluentes de la vivienda por medio de un tanque interceptor. El agua es transportada luego a una planta de tratamiento o sistema de alcantarillado convencional a través de tuberías de diámetros de energía uniforme y que, por tanto, puedan trabajar a presión en algunas secciones [5]”.

2.1.4 Aspectos a tener en cuenta en el diseño

Para realizar el óptimo diseño se usa el RAS y se usan los ajustes que se implementaron en algunos parámetros del RAS, por medio de la resolución número 0330 del 08 de junio de 2017. Solo será extraída la parte que se va usar en el presente proyecto:

2.1.4.1 Nivel de complejidad

“El nivel de complejidad está establecido según sus habitantes como se muestra en la Tabla 2 [6]”.

Tabla 2. Nivel de complejidad

Nivel de complejidad	Población en la zona (habitantes)
Bajo	<2500
Medio	2501 a 12500
Medio alto	12501 a 60000
Alto	>60000

Fuente: RAS 2000. Título D.

2.1.4.2 Definición del período de diseño

“Como parte del desarrollo de los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y/o aguas lluvias, y antes de generar alternativas de solución, es necesario establecer el período de planeamiento teniendo en cuenta que éste comienza desde el año inicial de operación. Para la definición del período de planeamiento o período de diseño se deben tener en cuenta: la capacidad del sistema para atender la demanda futura, la densidad poblacional actual y la de saturación, la durabilidad de los materiales y equipos empleados, la calidad de la construcción, así como también la operación y el mantenimiento del mismo. A su vez, el período de planeamiento está influido por la demanda del servicio, la programación de las inversiones, las ampliaciones del sistema, las tasas de crecimiento de la población y, el crecimiento económico del municipio o localidad. Como mínimo, los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y/o lluvias deben proyectarse para 25 años para el nivel de complejidad medio, medio alto y bajo [6]”.

2.1.4.3 Artículo 134 Caudal de aguas residuales.

“Los aportes de aguas residuales deben determinarse con base en información de consumos y/o mediciones recientes registrados en la localidad, y considerando las densidades previstas para el periodo de diseño con base en el Plan de Ordenamiento Territorial o Plan Básico de Ordenamiento Territorial o Esquema de Ordenamiento Territorial y Plan de Desarrollo del municipio a través de zonificación del uso de la tierra. Se justificarán los valores adoptados y deben ser aprobados por la persona prestados del servicio. Se deben estimar los caudales

para las condiciones iniciales y finales del periodo de diseño, en cada uno de los tramos de la red. Los caudales que se requieren calcular son los siguientes:

- Cuando se utilice proyección de población, se debe calcular con la Ecuación 1:

Ecuación 1. Caudal doméstico.

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

Donde D_{NETA} es la dotación neta de agua potable proyectada por habitante (L/hab.día) y (P) es el número de habitantes proyectados al periodo de diseño

El coeficiente de retorno (C_R) debe estimarse a partir del análisis de información existente en la localidad y/o de 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 [7].

2.1.4.4 Artículo 43. Dotación neta máxima

“La dotación neta debe determinarse haciendo uso de información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores, disponible por parte de la persona prestadora del servicio de acueducto o, en su defecto, recopilada en el Sistema Único de Información (SUI) de la Superintendencia de Servicios Públicos domiciliarios (SSPD), siempre y cuando los datos sean consistentes. En todos los casos, se deberá utilizar un valor de dotación que no supere los máximos establecidos en la Tabla 3 [7].”

Tabla 3. Dotación neta máxima

Altura promedio sobre el nivel del mar de la zona	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

Fuente: Resolución número 0330 del 08 de junio de 2017.

2.1.4.5 Caudal de aguas residuales industriales (QI)

“Debe evaluarse de acuerdo al tipo y tamaño de la industria, así como de los procesos de tratamiento de aguas, reutilización de la misma y tecnología empleada para reducir el impacto ambiental. Debido a que no existe zona industrial en la zona, no se tendrá en cuenta este valor.

2.1.4.6 Caudal de aguas residuales comerciales (Qc)

“Debe estar justificado con un estudio detallado, basado en consumos netos, densidades de población y coeficientes de retorno mayores que los de consumo doméstico. Los valores para este caudal están establecidos de acuerdo a la Tabla 4”.

Tabla 4. Contribución comercial

Nivel de complejidad del sistema	Contribución comercial (L/s*hab)
Cualquier	0,4 – 0,5

Fuente: RAS 2000, Título D.

2.1.4.7 Caudal de aguas residuales institucionales (QIN)

“Aquí, se encuentran los aportes de instituciones tales como escuelas, colegios, universidades, centros de salud, hospitales, hoteles y otros establecimientos que requieran un tratamiento especial. El valor para este caudal está establecido en la Tabla 5 [7]”.

Tabla 5. Contribución institucional mínima en zonas residenciales

Nivel de complejidad del sistema	Contribución institucional (L/s*hab)
Cualquier	0,4 – 0,5

Fuente: RAS 2000, Título D.

2.1.4.8 Caudal medio diario de aguas residuales (QMD)

“Se debe calcular el caudal medio diario de aguas residuales como la suma de los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales [7]“. Está dado por la Ecuación 2.

Ecuación 2. Caudal medio diario de aguas residuales.

$$QMD = QD + QI + QC + QIN$$

2.1.4.9 Caudal máximo horario (QMH)

“Este valor es la base para establecer el caudal de diseño de una red de colectores de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales [7]”. Es calculado por medio de la Ecuación 3:

Ecuación 3. Caudal máximo horario.

$$QMH = F * QMD$$

Donde:

F: Factor de mayoración.

QMD: Caudal final medio diario.

2.1.4.10 Factor de mayoración (F)

“Este valor tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población. El valor de este factor disminuye a medida que el número de habitantes aumenta. Este valor se calcula en función del número de habitantes y se calcula por medio de la Ecuación 4 la cual fue planteada por Flores [6]”. “El factor de mayoración utilizado en la estimación del caudal máximo horario debe calcularse haciendo uso de mediciones de campo, en las cuales se tengan en cuenta los patrones de consumo de la población. En ausencia de datos de campo, se debe estimar con las ecuaciones aproximadas, teniendo en cuenta las limitaciones que puedan presentarse en su aplicabilidad. Este valor deberá estar entre 1,4 y 3,8 [7]”.

Ecuación 4. Factor de mayoración.

$$F = \frac{3,5}{p^{0,1}}$$

2.1.4.11 Conexiones Erradas

“Los aportes por conexiones erradas deben estimarse a partir de la información existente en la localidad. En ausencia de la información deberá usar un valor máximo de 0,2 L/s.ha [7]”.

2.1.4.12 Caudal de Infiltración

“El caudal de infiltración debe estimarse a partir de aforos en el sistema y de consideraciones sobre la naturaleza y permeabilidad del suelo, la topografía de la zona y su drenaje, la cantidad y distribución temporal de la precipitación, la variación del nivel freático con respecto a las cotas claves de las tuberías, las dimensiones, estado y tipo de tuberías, los tipos, número y calidad constructiva de uniones y juntas, el número de estructuras de conexión y demás estructuras, y su calidad constructiva. Ante la ausencia de información se debe utilizar un factor entre 0,1 y 0,3 L/s.ha, de acuerdo con las características topográficas, de suelos, los niveles freáticos y la precipitación de la zona del proyecto. Para situaciones en las cuales el nivel freático se encuentre por debajo del nivel de cimentación de la red, el caudal de infiltración podrá excluirse como componente del caudal de diseño [7]”.

2.1.4.13 Caudal de diseño (QDT)

“El caudal de diseño de cada tramo de la red de colectores se obtiene sumando al caudal máximo horario del día máximo, los aportes por conexiones erradas y por infiltraciones como se muestra en la Ecuación 5 [6]”.

Ecuación 5. Caudal de diseño.

$$QDT = QMH + QCEF + QINF$$

Nota: “Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea menor que 1,5 L/s, debe adoptarse este último valor como caudal de diseño para el tramo [7]”. Este caudal es con el cual se parte a hacer el diseño hidráulico de las tuberías.

2.1.4.14 Artículo 138. Localización de redes

“Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las tuberías de alcantarillado deben estar a una distancia mínima de 0,5 de la acera y 1,5 m del paramento, medida entre las superficies externas del conducto, y del sardinel y el paramento, según corresponda.
- Las tuberías de alcantarillado no pueden estar ubicadas en la misma zanja de una tubería

de acueducto, y su cota clave siempre debe estar por debajo de la cota batea de la tubería de acueducto.

- Las distancias mínimas libres entre los colectores que conforman la red del sistema de recolección y evacuación de aguas residuales y/o lluvias, y las tuberías de otras redes de servicios públicos deben ser medidas entre las superficies externas de los dos conductos [7]”.

2.1.4.15 Artículo 139. Profundidad de instalación de la tubería en alcantarillados.

“La profundidad de instalación de los colectores debe estar sustentada por estudios geotécnicos y de estabilidad, teniendo en cuenta las condiciones mecánicas y estructurales de la tubería, las uniones y el suelo. Los valores mínimos permisibles de recubrimiento de los colectores que no requieren protección a cargas vivas, con relación a la rasante definitiva, se definen en la Tabla 6 [6]”.

Tabla 6. Profundidad a las cotas claves del colector

Servidumbre	Profundidad a la clave del colector (m)
Vías peatonales o zonas verdes	0,75
Vías vehiculares	1,20

Fuente: RAS 2000, Título D.

2.1.4.16 Artículo 140. Diámetro interno real mínimo

“El valor permitido para el diámetro interno real mínimo en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales en el alcantarillado sanitario es de 170 mm. Para poblaciones menores de 2.500 habitantes el diámetro interno real permitido es de 140 mm. para que puedan evitarse obstrucciones en los conductos por objetos de gran tamaño que entren al sistema [6]”.

2.1.4.17 Artículo 141. Criterios de auto limpieza en los alcantarillados sanitarios

“La velocidad mínima real permitida en el colector de alcantarillado sanitario es aquella que genere un esfuerzo cortante en la pared de la tubería mínimo de 1,0 Pa. Los criterios de velocidad y esfuerzo cortante se deben determinar para el caudal de diseño, en las condiciones iniciales y finales del periodo de diseño [6]”.

2.1.4.18 Artículo 142. Velocidad máxima en los alcantarillados sanitarios

“La velocidad máxima real en un colector por gravedad no debe sobrepasar 5,0 m/s, determinada para el caudal de diseño [6]”.

2.1.4.19 Artículo 143. Relación máxima entre profundidad de flujo y diámetro de la tubería en los alcantarillados sanitarios

“Para permitir la aireación adecuada del flujo de aguas residuales, el valor máximo permisible de la profundidad del flujo para el caudal de diseño en un colector es de 85% del diámetro interno real de éste [6]”.

2.1.4.20 Artículo 154. Requisitos de diseño de estructuras de conexión

“Las estructuras de conexión pueden ser pozos o cámaras de inspección. Deben cumplir con los siguientes requisitos mínimos:

- Las estructuras de conexión deben ubicarse como mínimo en los siguientes puntos de la red de alcantarillado: al inicio de la red; en los cambios de dirección del flujo; en los cambios de diámetro, material y pendiente del colector; en la confluencia de más de dos tuberías; y a distancia máxima de 120 m para tramos con aportes de caudal y 300 m en interceptores y emisarios finales sin aportes de caudal.
- El diámetro interno de la estructura de conexión debe definirse con las condiciones hidráulicas y geométricas del empalme de las tuberías, garantizando que las tuberías que se conecten a la estructura caben sin cruzarse entre sí y que las pérdidas hidráulicas debido al radio de curvatura de conexión sean mínimas. Adicionalmente se debe considerar la disponibilidad de quipos para el mantenimiento. Las estructuras

de conexión para inspección, limpieza e ingreso del personal de mantenimiento deben diseñarse con los diámetros mínimos estipulados en la Tabla 7:

Tabla 7. Diámetros estructuras de inspección

Mayor diámetro de las tuberías conectadas (mm)	Diámetro interno de la estructura (m)
De 200 a 500	1,2
Mayor que 500 hasta 750	1,5
Mayor que 750 hasta 900	1,8

Fuente: Resolución número 0330 del 08 de junio de 2017.

- Para instalar una tubería se debe adoptar un sistema que absorba los movimientos diferenciales entre la tubería y la estructura, y los esfuerzos que se generen por esta causa. Para tuberías rígidas se instalará una banda de material elástico alrededor de un tramo de tubo empotrado en el cilindro de la estructura, la banda tendrá un ancho igual al espesor del muro menos 2 cm, de forma que quede un centímetro a cada extremo donde se aplicará un cordón de material sellante elástico. Para tuberías flexibles con acople mecánico se debe instalar una unión a la llegada de la estructura, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante; la unión debe quedar adherida externamente a la estructura y el tubo se instala en la unión.
- Todas las estructuras deben tener cañuela en el fondo, con el fin de disminuir las pérdidas de energía. El ancho de la cañuela debe ser como mínima el ancho del diámetro interno de la tubería de menor tamaño que se conecte a la estructura y crecer en forma gradual hacia la tubería de salida.
- Las estructuras deben tener impermeabilización interna y externa [6]”.

2.1.4.21 Artículo 155. Requisitos de diseño de las cámaras de caída

“Deben cumplir que el colector que llegue a una estructura de conexión con una diferencia de nivel entre las cotas de bateas mayor a 0,75 m, respecto del colector de salida, debe entregar mediante una cámara de caída. Para desniveles mayores a 7m, se deben diseñar estructuras de disipación de energía [6]”.

2.1.4.22 Medidas para pozos de inspección

“Existen medidas típicas para dichas estructuras las cuales son mostradas en la Figura 8. Comprendiendo en la altura 0.8 metros fijos y lo demás en una altura variable para diámetros salientes menores a 36” 900 mm [8]”.

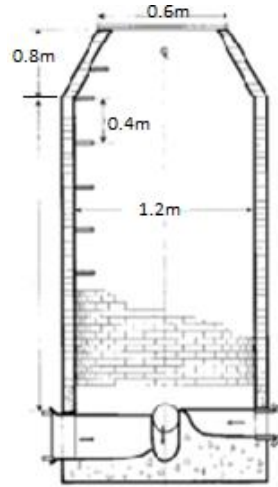


Figura 8. Medidas pozo de inspección. Fuente: López, R. (2003).

2.1.4.23 SewerGEMS

“Simplifica el proceso de modelado para que tenga más tiempo para solucionar problemas de ingeniería de aguas residuales, tales como mejorar la capacidad y limitar los desbordamientos de las alcantarillas, los cuales permiten a los servicios públicos cumplir con la normativa establecida por las autoridades reguladoras.

Durante más de tres décadas, SewerGEMS ha proporcionado a los profesionales de los servicios públicos y aguas residuales herramientas de ingeniería avanzada para planificar, diseñar, mantener y operar sistemas de alcantarillado combinado y sanitario [9]”.

2.2 MARCO LEGAL

En la Tabla 8 se presentan las normas, reglamentos o resoluciones que se usaron para diseñar o implementar el producto de este proyecto.

Tabla 8. Normatividad

NORMA	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
Constitución política de Colombia	Título 12 Capítulo 1 Artículo 332	El estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables, sin perjuicio de los derechos adquiridos y perfeccionados con arreglo a las leyes preexistentes.
Ley 1453 de 2011 Reglamentada por el Decreto Nacional 079 de 2012	Contaminación ambiental	El que, con incumplimiento de la normatividad existente, contamine el suelo, el subsuelo, las aguas o demás recursos naturales en tal forma que ponga en peligro la salud humana o los recursos hidrobiológicos, incurrirá, sin perjuicio a sanciones.
Artículo 5 de la ley 142 de 1994	Ley de Servicios Público	Es competencia de los gobiernos municipales brindar de manera eficiente, los servicios domiciliarios de alcantarillado.
RAS 2000	Título D	Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Pluviales
Resolución	0330 08 de Junio del 2017	Reglamenta 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.
NTC 4205-1-2-3	Unidades de mampostería de arcilla cocida. ladrillos y bloques cerámicos. mampostería de fachada, mampostería estructural y no estructural	Esta norma reúne los requisitos de la resistencia necesaria a la compresión, con los cuales se construirán los pozos de inspección.

Fuente: Propia.

2.3 ESTADO DEL ARTE

En 1987 se parcelaron los lotes de aproximadamente 39 hectáreas con los reglamentos de propiedad horizontal. Esta población tiene como nombre “Condominio Parcelación San Carlos”.

Son 375 predios, sin vías, sin parques, sin polideportivos, sin puesto de salud y sin servicios básicos. Los habitantes de este sector llevan más de 30 años utilizando fosas sépticas.

“En la actualidad, más 11 millones de colombianos habitan en el campo. Sin embargo, una tercera parte de esta población no tiene acceso a agua potable ni a soluciones adecuadas de saneamiento básico. Con la aprobación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) por parte de la Asamblea de las Naciones Unidas en septiembre de 2015, las nuevas metas al año 2030 se han hecho mucho más exigentes. Por ejemplo, El ODS No 6 se propone "Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos", estableciendo 6 metas que incluyen la universalidad de estos servicios en el año 2030. [10]“

2.4 MARCO CONTEXTUAL

El Condominio Recreacional Parcelación San Carlos se localiza en el municipio de Villavicencio como se muestra en la Figura 9.

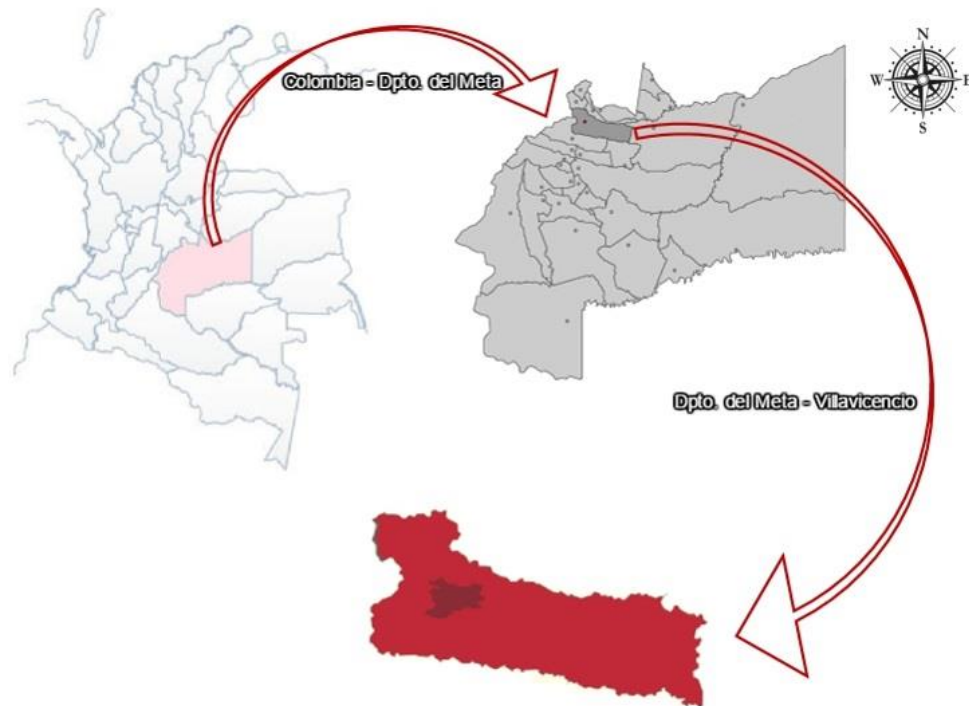


Figura 9 Localización general. Fuente: Elaboración propia.

2.4.1 Ubicación geográfica

La geo-ubicación de la población en estudio se encuentra en las coordenadas geográficas $4^{\circ} 5'4.32''N - 73^{\circ}36'46.26''O$, con una altura promedio de 402 msnm. La localización geográfica de la población de estudio se muestra por medio del software Google Earth en la

, sobre la cual se hará el diseño de alcantarillado sanitario, lo cual requiere de un previo análisis de reconocimiento general y específico de la zona, a fin de conocer sus características principales como lo son: climatología, geología, límites geográficos e hidrológicos, entre otros.



Figura 10. Localización zona de estudio. Fuente: Google Earth, 2017.

2.4.1.1 Delimitación geográfica.

La población de estudio limita de la siguiente forma:

- Norte: Conjunto cerrado Balmoral.
- Noroeste: Villavicencio Sur.
- Este: Vereda Apiay.
- Sur: Condominio Los Odontólogos.

2.4.1.2 Delimitación hídrica

Sus fuentes hídricas más cercanas a la zona de estudio son dos:

- Caño Morroco
- Caño La Virgen

Estas se muestran identificadas con diferentes colores en la Figura 11.



Figura 11 Delimitación hídrica. Fuente: Google Earth, 2017.

3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Todas las actividades que se realizarán serán en la zona de estudio del Condominio Campestre Parcelación San Carlos como se muestran en la Figura 12, en la página 43 serán enfatizadas cada una de ellas.

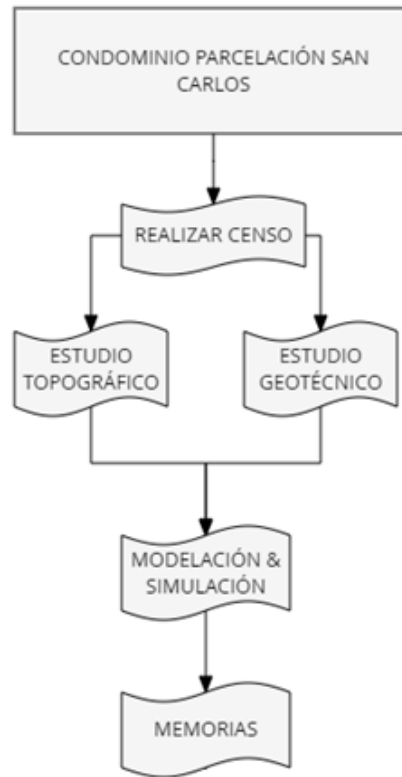


Figura 12 Metodología. Fuente: Elaboración propia.

A Continuación, se explica en orden cada proceso mostrado en la Figura 12:

- Censo real

Se realizará un censo real por medio de encuestas, con el fin de determinar la población beneficiada.

- Estudio topográfico

Se realizará un levantamiento planímetro de localización georreferenciado y un levantamiento altimétrico para determinar las cotas. Se identificará el posible emisario final,

además se tendrá en cuenta la conservación y preservación de la cobertura vegetal, cumpliendo los parámetros como lo es el decreto 1791 de 1996, en el cual se debe evitar cortar especies a partir de diez centímetros (10cm) de diámetro a la altura del pecho.

- Estudio geotécnico

El tipo de estudio geotécnico usado en el presente proyecto será preliminar, se realizarán perforaciones para sacar las columnas de descripción del suelo y así generar un mapa aproximado del comportamiento del subsuelo. El tipo y número de ensayos dependerá de las características propias de los suelos o materiales rocosos por investigar.

- Diseño de alcantarillado (Modelación)

Se realizará la modelación y simulación de la red de alcantarillado mediante el software SewerGEMS, que permite analizar el comportamiento del sistema, para así poder diseñar la red de alcantarillado.

- Memorias:

Todas las memorias que se deben realizar con todas sus especificaciones tales como: presupuesto, diseño hidráulico, volúmenes de excavación y relleno, entre otros.

3.1 CRITERIOS DE DISEÑO

Se evitó pasar el trazado de la red por la zona identificada en el plano como laguna (Figura 13), la cual está protegida por Cormacarena, toda la red se pasó por puntos estratégicos.



Figura 13. Laguna. Fuente: Elaboración propia.

En cuanto al diseño del caudal se tuvo en cuenta que los predios constructivos son de 15m de ancho por 25 de largo, dando como resultado 375 m² y en cada uno de ellos habitarán una cantidad máxima de 8 habitantes, por lo tanto, la densidad poblacional será la división entre estos, es decir 46,875 m²/habitante. Se midieron las áreas residenciales (Figura 14) y estas se dividen en la proporción obtenida, para explicación se tomará el primer área de drenaje que comprende el colector 1-2, es de 1186,96 m² la cual se divide de la siguiente manera:

$$\frac{1177.80m^2}{46.875m^2/hab} = 25 \text{ habitantes}$$

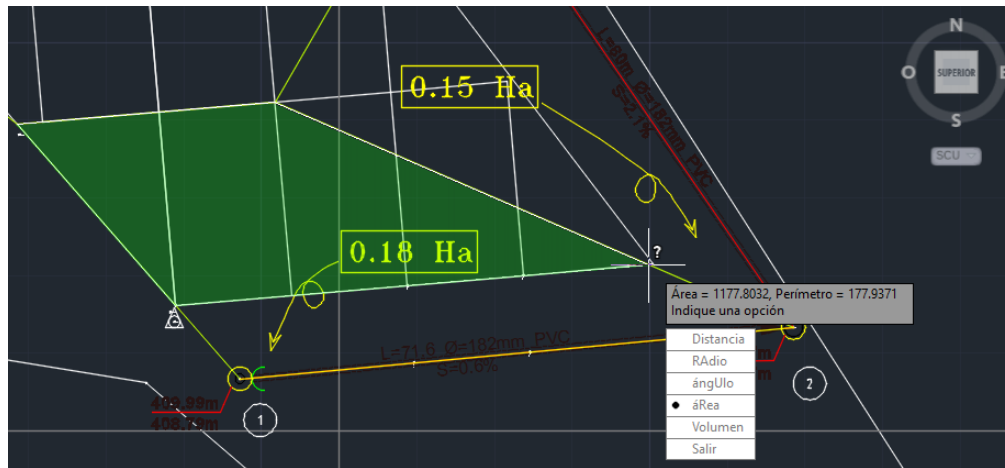


Figura 14. Área residencial ejemplo. Fuente: Elaboración propia.

El área sobrante (Figura 14) en cada área de drenaje se tendrá en cuenta para tomar el caudal de infiltración como lo establece el RAS-2000.

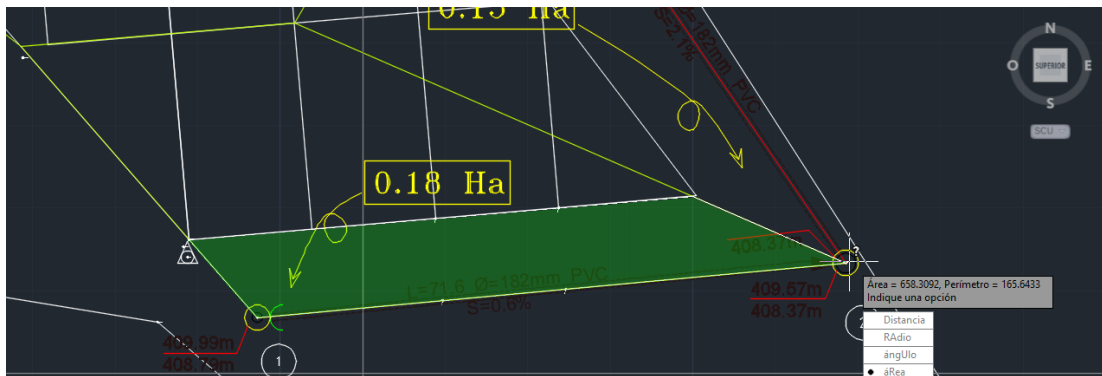


Figura 15. Área infiltración. Fuente: Elaboración propia.

Los cálculos hidráulicos fueron realizados en base a los parámetros del RAS 2000 y la resolución 0330 de la fecha 08 Junio del 2017, el empate de las tuberías se hizo por energía, evitando cualquier tipo de resalto hidráulico, una vez obtenidos los cálculos se procede a simular la red por medio del software SewerGEMS.

3.2 DESCRIPCIÓN DE ETAPAS Y TAREAS

3.2.1 Censo real

Se realiza el censo real, con el fin de determinar la población beneficiada. El número promedio de habitantes por vivienda es de 6 habitantes, pero debido al crecimiento poblacional se puede estimar un pico en algún momento por lo cual, se opta por diseñar para 8 habitantes por vivienda, según los datos obtenidos en el censo general. La población no cuenta en su totalidad con la construcción de viviendas. Debido a que la población es delimitada, se elige el número total de predios y este se multiplica por 8 habitantes, para una población estimada de 3000 habitantes. El sistema predominante usado por la población es de fosa sépticas.

3.2.2 Levantamiento topográfico

Sirve para localizar y replantear la red dentro de las calles, ubicar los pozos de visita y en general ubicar todos aquellos puntos de importancia, tal como postes de luz o cualquier obstrucción que impida el trazado de la red. Los puntos fueron tomados en los postes de luz y en los mojones de los lotes (Figura 16) es decir cada 15m. En algunos casos debido a que no se encontraban los mojones en los lotes se tomaron cada 30m. Todos los puntos fueron a su vez tomados con su respectiva cota en msnm.



Figura 16. Mojón. Fuente: Elaboración propia.

El método usado es el de conservación del azimut con vuelta de campana. Los equipos usados fueron: Estación total Topcon modelo GTS255 (Figura 17), un jalón, una plomada, un flexómetro, un prima, un porta prisma, trípode, papel, lápiz y estacas.



Figura 17. Estación total. Fuente: Elaboración propia.

Los puntos de referencia fueron tomados a través de un navegador GPS Garmin 64s, una vez terminado el levantamiento topográfico se amarraron las coordenadas a las reales, las cuales fueron obtenidas de un lote por medio IGAC como se muestra en la Figura 18:

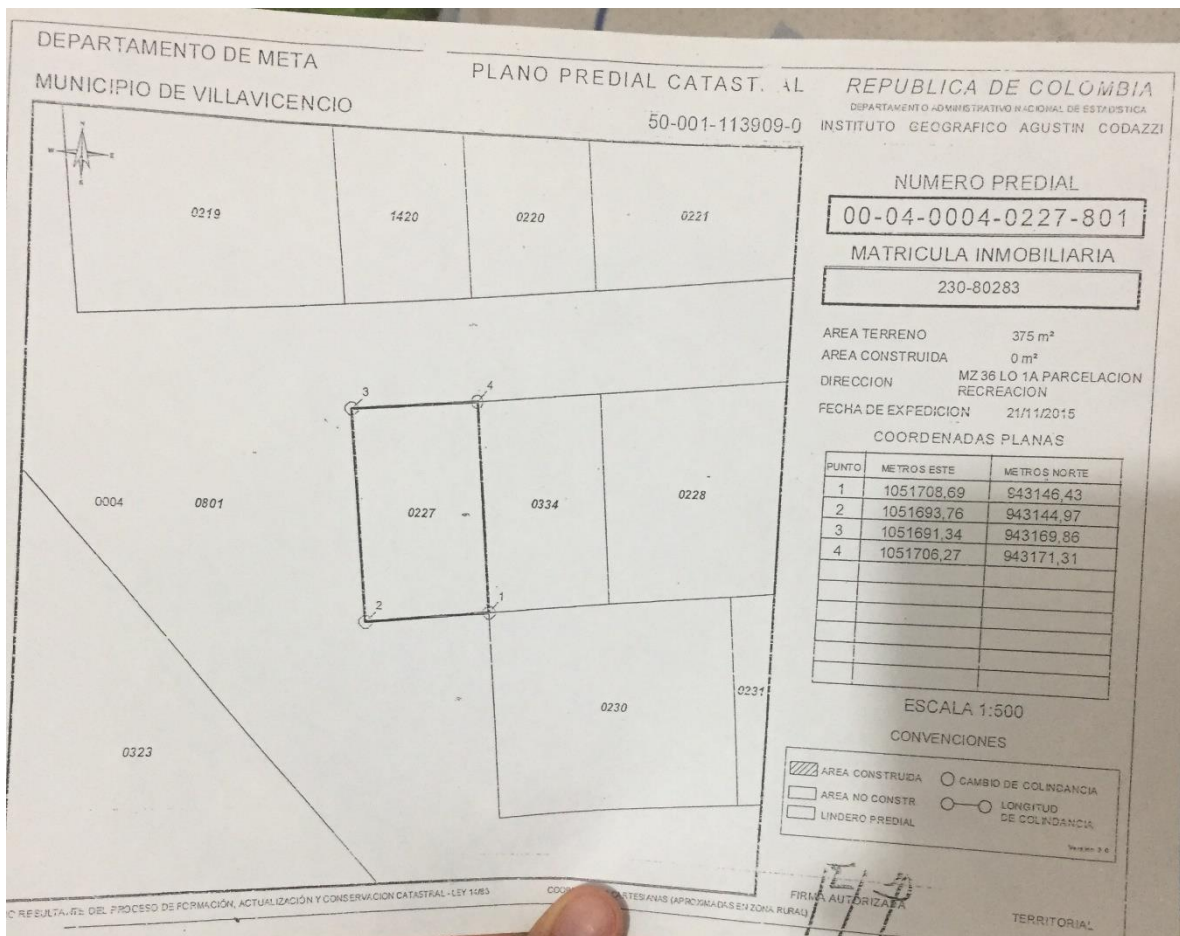


Figura 18. Coordenadas lote. Fuente: Propia, suministrada por el IGAC.

Se verificó la referencia, convirtiendo las coordenadas planas Colombia East Zone suministradas por el IGAC a las coordenadas geográficas MAGNA-SIRGAS por medio de la web sumapa, procediendo así a ubicarlas en el software Google Earth.

Las alturas no se pudieron amarrar debido a que no se cuentan con placas en el sector. Antes de ejecutar el diseño se deben amarrar las cotas, únicamente ver las diferencias de cotas y así sumarles o siendo el caso restarles la diferencia a todas las cotas.

Se dejaron estacas (Figura 19) en puntos estratégicos para un futuro replanteo de la zona que es el paso anterior a la construcción de la red de alcantarillado sanitario y de aquí partió a la elaboración del plano catastral mostrando en el anexo 1.



Figura 19. Estacas. Fuente: Elaboración propia.

3.2.3 Estudio geotécnico

Se realizaron 4 perforaciones para sacar las columnas estratigráficas de la descripción del suelo, dando como resultado una columna estratigráfica, cuyo esquema aproximado se muestra en la Figura 20:

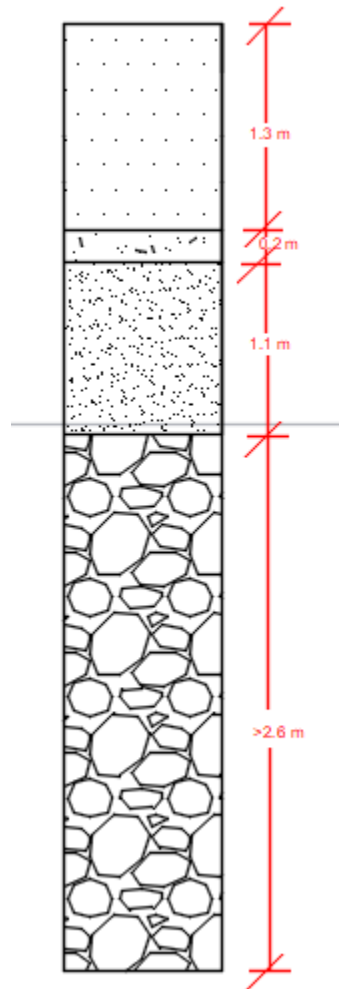


Figura 20. Columna estratigráfica. Fuente: Elaboración propia.

En el anexo 2 se pueden ver las fotos de las 4 columnas estratigráficas y en el plano se puede apreciar el resultado final.

3.2.4 Simulación

Primero se realizaron los cálculos hidráulicos para así poder verificar que tuvieran concordancia con los resultados obtenidos por medio del software SewerGEMS, en este software se introdujeron datos como: cotas rasantes, profundidad de la tubería, diámetro, material de la tubería, coordenadas. Se verificaron velocidades mínimas, velocidades

máximas, pendientes mínimas, pendientes máximas, fuerza cortante, distancias entre colectores. Todos estos parámetros fueron verificados en lo que establece el RAS descritos en el marco teórico en aspectos a tener en cuenta en el diseño.

3.2.5 Memorias de cálculo

Se hicieron todos los cálculos hidráulicos, algunas hojas de cálculo fueron extraídas de PAVCO tales como relleno y excavación.

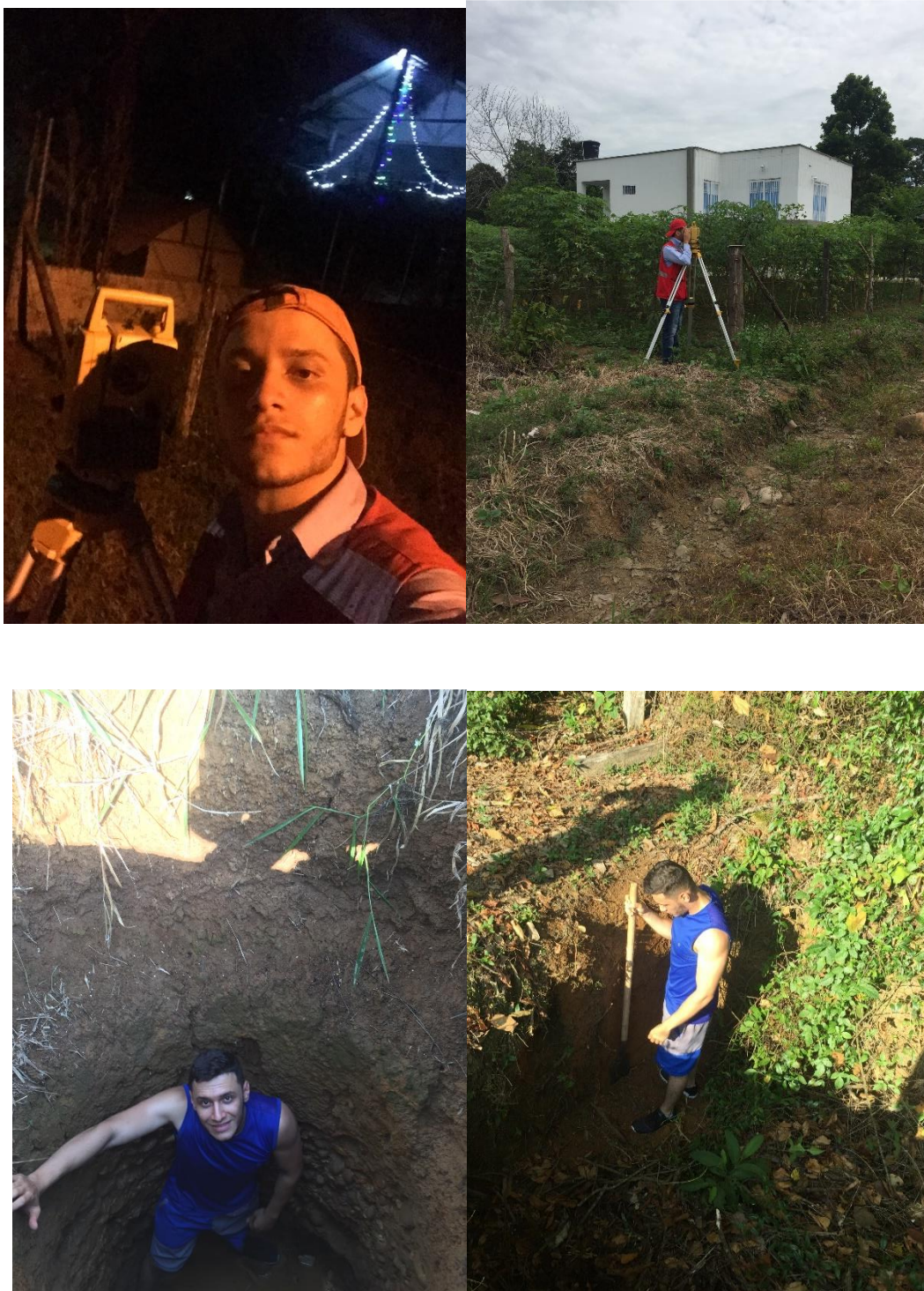
Los planos fueron realizados según las convenciones presentadas en ellos mismos y también se especifican los materiales a usar.

3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PRODUCTOS FINALES

Se realizó todo el levantamiento topográfico en la zona y se hizo la caracterización de los suelos en la zona. A continuación, se muestra el registro fotográfico.









Se verificó que llegará el caudal al emisario final el cual fue de 104.83 L/s como se muestra en la Figura 21, al igual el archivo de SewerGEMS es adjuntado.

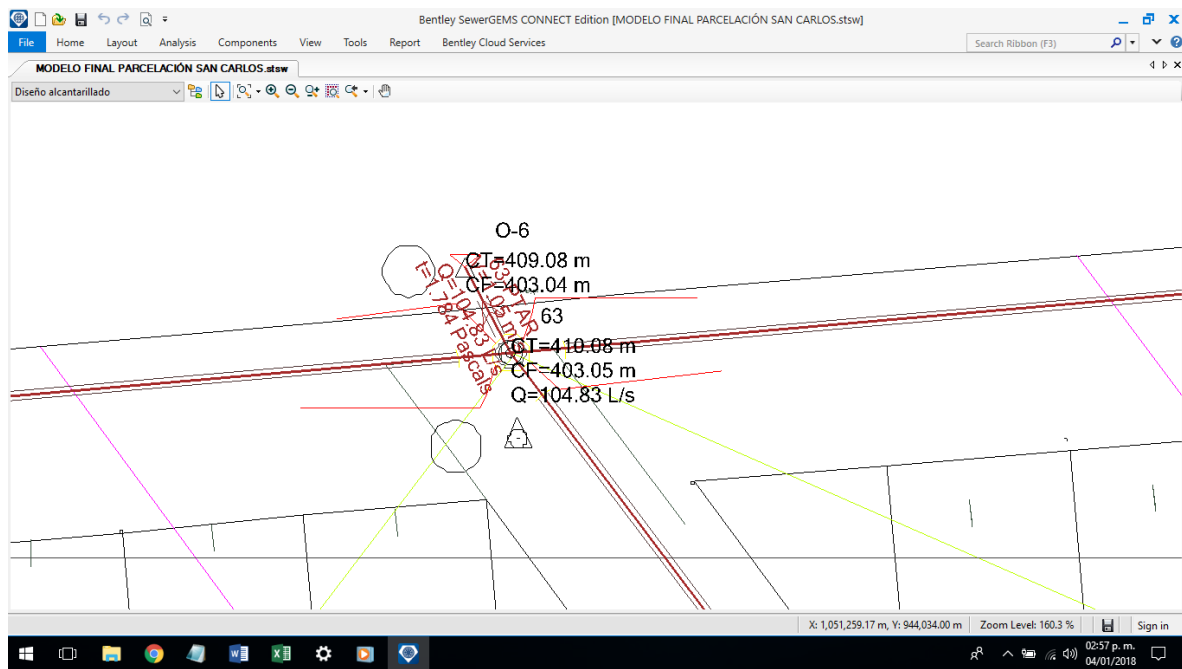


Figura 21. Resultado SewerGEMS. Fuente: Elaboración propia.

3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se presenta el análisis y discusión de los resultados mediante el desarrollo del proceso descrito en este trabajo de grado.

Tabla 9 Resultados esperados

Resultado	Objetivo Relacionado
Una vez propuesto este diseño, será tentativo para que el estado y la población tenga motivación de ejecutarlo, ya que el estado es propietario del subsuelo y los recursos naturales no renovables. Además de esto es competencia de los gobiernos municipales brindar de manera eficiente, los servicios de alcantarillado.	Objetivo específico 1
Se da a conocer el diseño, el cuál será un gran aporte a la población del condominio Parcelación Recreacional San Carlos	Objetivo específico 2
Se presentaron muchos problemas en el diseño para poder evacuar de manera eficiente las aguas residuales, sin embargo, se realizó el óptimo diseño el cual cumple con los parámetros establecidos por el RAS.	Objetivo específico 3
El supuesto económico es de aproximadamente \$ 3,604,098,714	Objetivo específico 4
Los planos se adjuntan junto a este documento, los cuales tienen todas sus especificaciones.	Objetivo específico 4

Fuente: Propia.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

5.1 CONCLUSIONES

La realización del presente trabajo investigativo permitió la aplicación y complementación de los procesos teóricos adquiridos como estudiante durante el proceso de formación en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Santo Tomás, con el desarrollo práctico.

- Se beneficiarían en un futuro 375 predios y aproximadamente 3000 habitantes de la conducción y evacuación de aguas residuales, por ende, esto tendría un reflejo en su mejora de calidad de vida.
- El diseño del alcantarillado para nivel de complejidad medio según el RAS debe manejar una proyección a 25 años, para este caso, el caudal que se empleó en el diseño fue de 104.83 (l/s).
- El diámetro de tubería que más se usó para el diseño fue el mínimo permitido por el RAS el cual corresponde a 182 mm, en algunos tramos el diámetro fue mayor debido a su mayor transporte de caudal, que fueron: 227mm, 284mm, 327mm, 362mm y 407mm.
- El sistema que se utilizó para este alcantarillado es el sistema convencional ya que este es el que mejor se acomoda a todas las especificaciones y normas de diseño exigidas por el RAS, además este es el sistema que nos permite ejecutar este proyecto de una forma más económica, en un adecuado balance costo-eficiente.
- Los precios utilizados en el presupuesto del alcantarillado fueron extraídos de varios proveedores, en las tuberías se usó PAVCO, en los bloques Santafé y en los materiales restantes se utilizaron los de algunos presupuestos obtenidos del SECOP, los cuales se manejaron en el municipio.
- De acuerdo con el presupuesto de obra el costo total del alcantarillado fue de \$3,604,098,714, este presupuesto se realizó con base a los precios utilizados por PAVCO y por procesos propuestos por el SECOP.
- En el trazado del alcantarillado no se presentan pozos con cámara de caída debido a que no se hace necesario por la poca diferencia entre las cotas, y la consecuente no generación de altas velocidades de flujo.

5.2 TRABAJOS FUTUROS

- Se presentará la oportunidad de contribuir con un acueducto, aprovechando que las vías no están pavimentadas y así poder proceder a la pavimentación de vías, se aumentará el crecimiento poblacional y turístico haciendo que las fincas aledañas puedan tener el propósito de construir, por último, se podrá construir una vía alterna que conecte estas poblaciones con la vía a la sede Barcelona de la Unillanos.
- Hacer el replanteo
- Ajustar el presupuesto a los precios de la fecha en que se vaya construir.

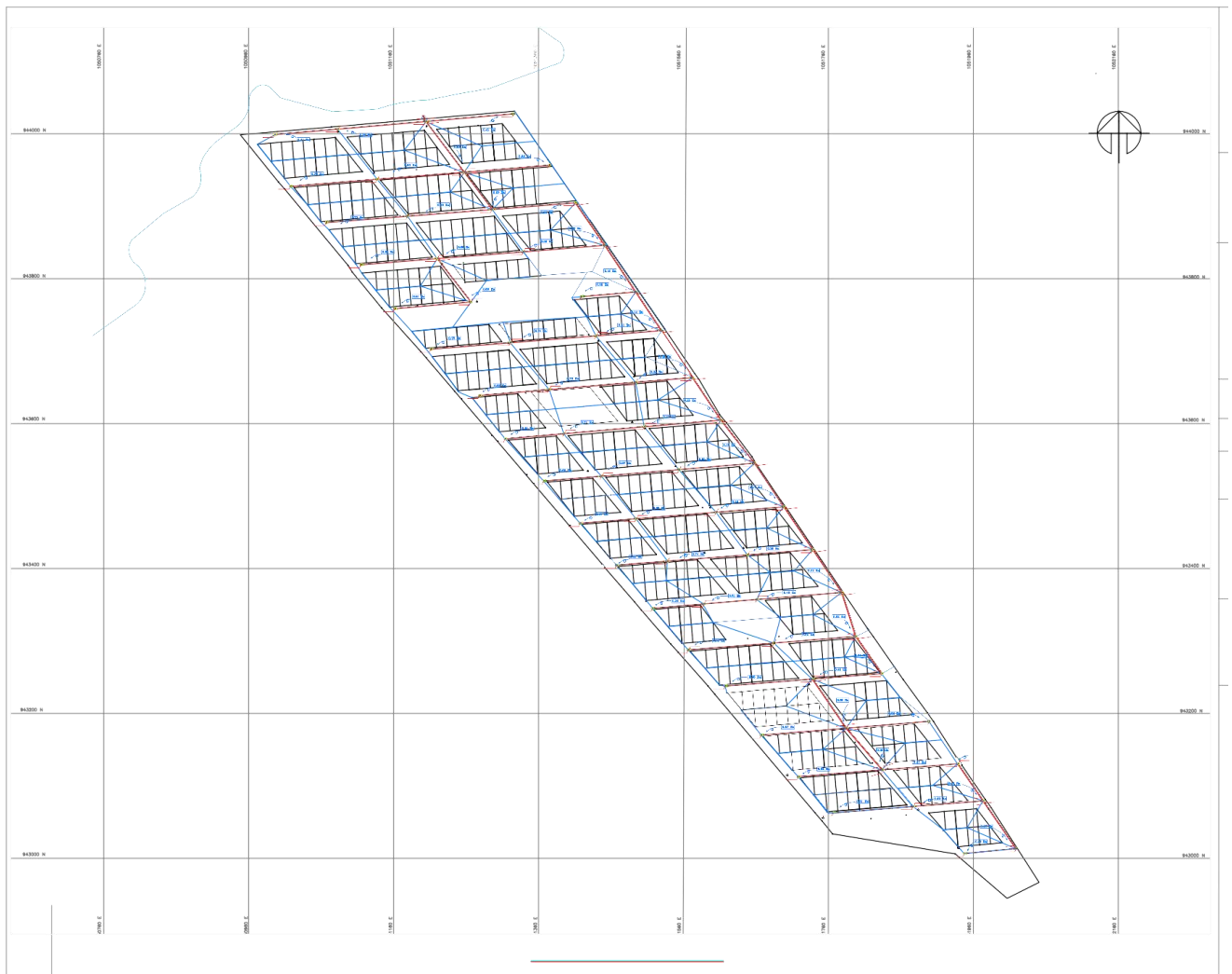
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] L. Candela, de *Presente y futuro de las aguas subterráneas en la provincia de Jaén*, Madrid, IGME., 2002, pp. p-149-156.
- [2] DNP, «Departamento Nacional de Planeación,» Presidencia de la República, 2014. [En línea]. Available: <http://www.co.undp.org/content/dam/colombia/docs/ODM/undp-co-odsinformedoc-2015.pdf>. [Último acceso: 2016 Abril 21].
- [3] E. Valaras, «Inia raihuén.,» Instituto de investigaciones agropecuarias centro regional de investigación raihuén, 2003. [En línea]. Available: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/informativos/NR31557.pdf>. [Último acceso: 2017 Junio 07].
- [4] P. u. Javeriana, «Organización mundial de la salud (OMS),» 12 Abril 2017. [En línea]. Available: <http://www.javeriana.edu.co/investigacion/rotavirus>. [Último acceso: 2017 Abril 23].
- [5] U. d. Granada, «Ugr,» [En línea]. Available: <http://www.ugr.es/~mota/Parte2-Tema07.pdf>. [Último acceso: 2017 Junio 07].
- [6] R. T. D. S. D. A. P. Y. S. BÁSICO, TÍTULO D SISTEMAS DE RECOLECCIÓN Y EVACUACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS Y PLUVIALES, Bogotá: Ministerio de desarrollo económico, 2000.
- [7] C. y. T. Ministerio de Vivienda, 08 Junio 2017. [En línea]. Available: <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesAgua/0330%20-%202017.pdf>. [Último acceso: 30 Enero 2018].
- [8] R. López, Elementos de diseño para acueducto y alcantarillado, Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2003.
- [9] Bentley, «Bentley,» BENTLEY SYSTEMS, [En línea]. Available: <https://www.bentley.com/es/products/product-line/hydraulics-and-hydrology-software/sewergems>. [Último acceso: 30 Enero 2018].

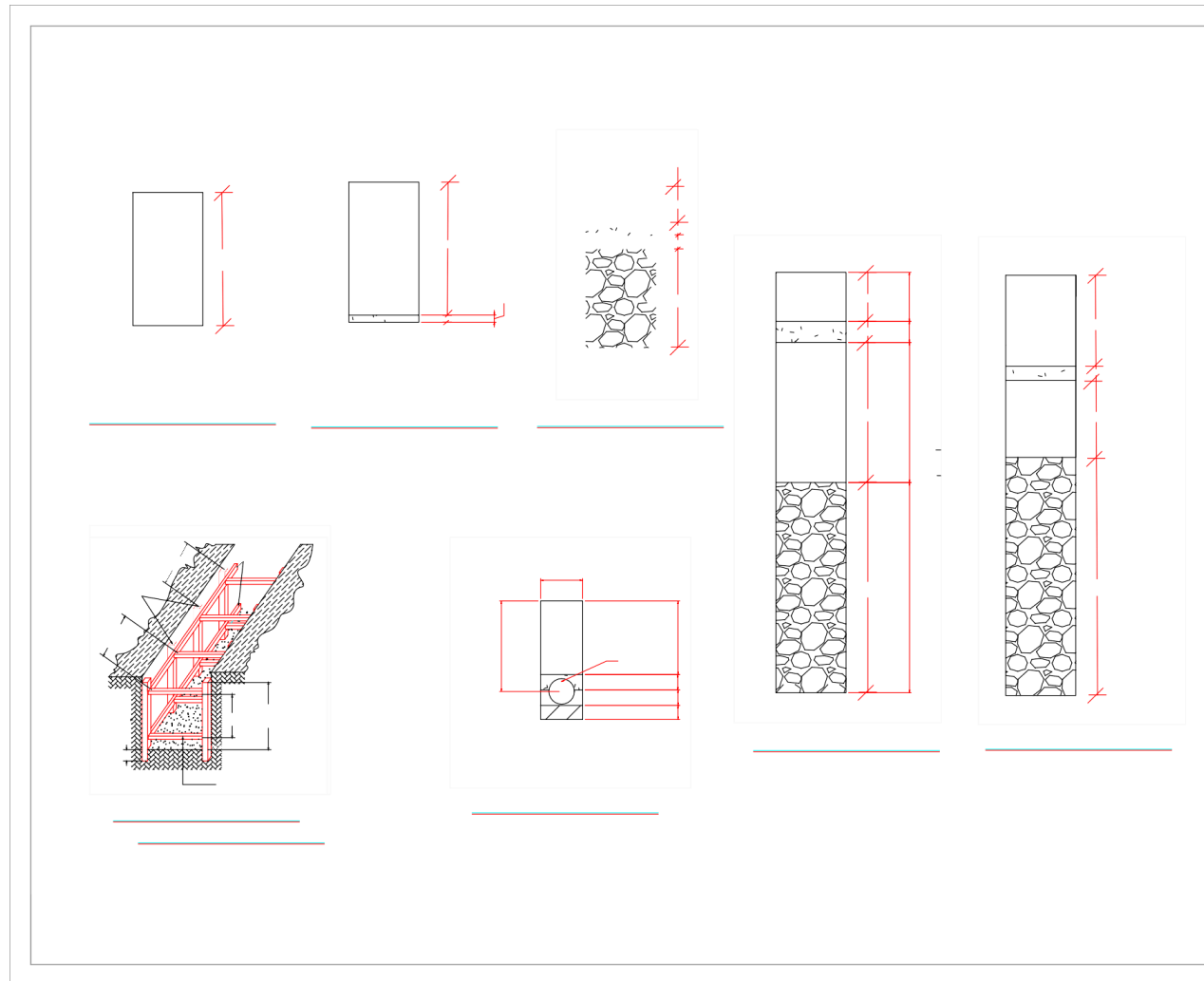
- [10] B. L. & J. Enciso, «Agriculture & life sciences,» Texas A&M, 24 Enero 2017. [En línea]. Available: <http://aglifesciences.tamu.edu/baen/wp-content/uploads/sites/24/2017/01/L-5227S.-Septic-tank-soil-absorption-field-Spanish-Version.pdf>. [Último acceso: 24 Abril 2017].
- [11] R. López, Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados, Bogotá: Escuela Colombiana de ingeniería, 2003.
- [12] C. N. d. Agua, «Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento,» Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, [En línea]. Available: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAPDS-29.pdf>. [Último acceso: 23 Abril 2017].
- [13] I. g. u. Javeriana, «Microzonificación sísmica preliminar de Villavicencio,» Consultoría Colombiana S.A, Bogotá, 2000.
- [14] IDEAM, «CARÁCTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS DE CIUDADES,» 15 Mayo 2015. [En línea]. Available: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/1Sitios+turisticos2.pdf/cd4106e9-d608-4c29-91cc-16bee9151ddd>. [Último acceso: 23 Abril 2017].

Los anexos mostrados a continuación son 3 de los 13 adjuntados en la entrega:

ANEXO 1. PLANO GENERAL



ANEXO 2. SUELOS



ANEXO 3. POZOS DE INSPECCIÓN.

