

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento	Código	Fecha	Revisión
	FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	F-AC-DBL-007	10-04-2012	A
Dependencia	Aprobado		Pág.	
DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	SUBDIRECTOR ACADEMICO		1 (1)	

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	ELIXANDER LEMUS NAVARRO MARCO JOSE BARRERA LANZZIANO		
FACULTAD	DE INGENIERIA		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA CIVIL		
DIRECTOR	WILLINTON ERNESTO CARRASCAL MUÑOZ		
TÍTULO DE LA TESIS	PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO DEL CORREGIMIENTO DE OTARÉ OCAÑA NORTE DE SANTANDER		
RESUMEN			
<p>EL SIGUIENTE DOCUMENTO ENMARCA UNA PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO DEL CORREGIMIENTO DE OTARÉ DEL MUNICIPIO DE OCAÑA NORTE DE SANTANDER, EL CUAL FUE CONSTRUIDO HACE ALGUNOS AÑOS POR LA PREOCUPACIÓN DEL SANEAMIENTO Y CONTAMINACIÓN GENERADA POR EL INCREMENTO DE SU POBLACIÓN. ACTUALMENTE PRESENTA FALENCIAS POR FALTA DE MEJORAMIENTO EN SU SISTEMA OPERATIVO YA QUE AL INCORPORAR NUEVOS USUARIOS CONLLEVAN A UN MAL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 125	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 34	CD-ROM: 1



PROPUESTA DE DISEÑO PARA EL MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE
ALCANTARILLADO DEL CORREGIMIENTO DE OTARÉ OCAÑA NORTE DE
SANTANDER

AUTORES:

ELIXANDER LEMUS NAVARRO

MARCO JOSÉ BARRERA LANZZIANO

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Civil

Director:

WILLINTON ERNESTO CARRASCAL MUÑOZ

Ingeniero Civil

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERIAS

INGENIERÍA CIVIL

Ocaña, Colombia

Abril de 2017

DEDICATORIA

Este gran logro, se lo dedico en primera instancia a Dios, por acompañarme en cada una de las etapas de mi vida, a él le doy gracias por haberme dado las oportunidades que hicieron posible lograr esta gran meta.

A mis padres por su apoyo, paciencia y dedicación, por apoyarme y guiarme en todo momento evitando que cometiera errores en mi vida a ellos gracias por brindarme la oportunidad de formarme como persona y ser un gran profesional.

A mis queridos hermanos y mi hermana, por estar presentes y por su apoyo incondicional que nunca hizo falta.

A los maestros de la Universidad por brindarme todo el conocimiento adquirido.

A toda mi familia por estar siempre presentes brindándome su apoyo y afecto para luchar día a día y lograr lo que ya hoy es una realidad.

A mi querida novia por su apoyo, que gracias a ello tuve el valor de realizar este trabajo y culminar una etapa en mi vida.

DEDICATORIA

Este logro tiene como reconocimiento primero que todo a Dios por ser el motor principal que no me desamparó en ningún momento e hizo posible culminar esta hermosa carrera.

A mi madre Nilda Lanzziano por su apoyo incondicional, por su paciencia y cada uno de los consejos recibidos que me ayudaron a crecer como persona a ellos gracias por ser parte de mi vida y acompañarme en las dificultades.

A mi hermano Yair Alejandro, gracias por estar ahí en todo momento y por apoyarme en este largo proceso de formación.

A mis hijos Manuel Alejandro y Juan Andrés por ser ese motor incondicional para que este sueño se hiciera realidad.

A la Universidad y su gabinete de docentes, gracias por poner ese grano de arena para formar grandes profesionales transmitiendo siempre la importancia del conocimiento y el amor por la investigación.

A mi tía Nidya Lanzziano, a mi familia, en general por contar con ellos incondicionalmente en los momentos de dificultades, de igual forma gracias por darme su afecto y estar presentes en mi vida.

MARCO JOSÉ BARRERA LANZZIANO

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia, queremos agradecer a Dios, que hace posible todo lo que se pueda proponer, gracias por darnos la fuerza de voluntad y la dedicación necesaria para realizarnos como profesionales y culminar este proyecto a satisfacción.

A nuestros padres por ser por ser los autores principales de brindarnos todo su apoyo y dedicación para regalarnos nuestra formación académica y la oportunidad de realizarnos como profesionales.

A la Universidad por abrirnos las puertas y dejarnos ser parte de ella para cumplir con nuestras metas de ser grandes profesionales.

Agradecemos también a nuestro director del proyecto, el Ingeniero Willinton Ernesto Carrascal Muñoz por habernos permitido recurrir a su capacidad y por facilitarnos los conocimientos necesarios para llevar a cabo la realización de este proyecto.

A la población de Otaré por habernos brindado su apoyo y su familiaridad al momento de llevar a cabo la recolección de información para la realización del proyecto, a ellos gracias por su colaboración en el trabajo de campo.

ELIXANDER LEMUS NAVARRO

MARCO JOSÉ BARRERA LANZZIANO

Índice

Capítulo 1. Propuesta de diseño para el mejoramiento del sistema de alcantarillado del corregimiento de Otaré, Ocaña Norte de Santander	1
1.1.Planteamiento del Problema	1
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Justificación	2
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo General.	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	5
1.5 Delimitaciones	5
1.5.1 Geográficas.....	5
1.5.2 Operativa.	6
1.5.3 Conceptual.....	6
1.5.3 Temporal.	6
Capítulo 2. Marco referencial	7
2.1 Antecedentes	7
2.1.1 Antecedentes internacionales y nacionales.	7
2.1.2 Antecedentes locales y regionales.....	9
2.2 Marco Histórico	10
2.3 Marco Conceptual.....	12
2.3.1 Elementos de un sistema de alcantarillado sanitario	12
2.3.2 Conexiones erradas.....	13
2.3.3 Tipo de alcantarillado.....	14
2.4 Marco Teórico.....	14
2.4.1 Swmm 5vE.	18
2.5 Marco Legal.....	19
Capítulo 3. Diseño Metodológico	21
3.1 Tipo de Investigación.....	21
3.2 Población	21
3.3 Muestra.	21
3.4. Análisis y procesamiento de la información.....	22
3.4.1 Técnicas de recolección de información.	22
3.4.2 Instrumentos para la recolección de información.....	22

Capítulo 4. Resultados de la Propuesta de Diseño para el Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado del Corregimiento Otaré, Ocaña Norte de Santander.....	24
4.1 Realizar un diagnóstico del sistema de alcantarillado actual con el que cuenta el casco urbano del corregimiento de Otaré, por medio de visitas de campo y observación directa.	24
4.1.1 Información preliminar del Corregimiento de Otaré.....	24
4.1.2 Trabajo de campo y oficina.	31
4.2 Elaborar el rediseño de los componentes del sistema de alcantarillado por medio del software de modelación Swmm 5vE.	46
4.2.1 Parámetros de cálculo para el diseño hidráulico..	46
4.2.2 Evaluación hidráulica de alcantarillado existente.	63
4.2.3 Evaluación hidráulica de alcantarillado proyectado.....	70
4.3 Formular un manual de procesos que permita entender el procedimiento desarrollado en el software Swmm 5vE, en la aplicación del proyecto.	81
4.3.1 Introducción de datos necesarios en los elementos de modelación.....	87
4.3.2 Obtención del análisis de cálculo y resultados de la modelación.....	96
4.4 Realizar el presupuesto con respecto a las cantidades de obra para conocer el valor del nuevo diseño generado en el software de modelación.....	99
Capítulo 5. Conclusiones.....	100
Capitulo 6. Recomendaciones.....	101
Referencias.....	102
Apéndices	105
Apéndice A. Información Recopilada.....	104
Apéndice B. Registro fotográficos.....	105
Apéndice C. Simulación en Swmm 5vE.....	106
Apéndice D. Elementos diseñados.....	107

Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación geográfica del corregimiento de Otaré.....	25
Figura 2. Litología de los suelos del municipio de Ocaña Norte de Santander.....	27
Figura 3. Características morfométricas micro cuenca quebrada el Carmen.....	30
Figura 4. Tapa de pozo de inspección partida y estado interior del pozo.....	39
Figura 5. Pozo de inspección en mal estado.....	40
Figura 6. Estado interior de los pozos de inspección alcantarillado viejo.....	41
Figura 7. Viviendas sin recolección de aguas residuales.....	41
Figura 8. Ubicación de las zonas sin alcantarillado en el centro poblado de Otaré.....	42
Figura 9. Viviendas de Otaré con vertimientos directos.....	43
Figura 10. Quebrada que recibe vertimientos del alcantarillado y vertimientos directos.....	44
Figura 11. Falencias existentes del alcantarillado nuevo.....	45
Figura 12. Plano en planta con áreas de contribuciones domesticas alcantarillado viejo.....	66
Figura 13. Perfil de alcantarillado viejo desde el pozo 10 hasta el punto de vertimiento.....	69
Figura 14. Perfil de alcantarillado viejo desde el pozo 8 hasta el punto de vertimiento.....	69
Figura 15. Perfil de alcantarillado viejo desde el pozo 10” hasta el punto de vertimiento.....	70
Figura 16. Plano en planta del alcantarillado viejo proyectado.....	73
Figura 17. Perfil de lámina de agua desde el pozo 8 al punto de vertimiento.....	80
Figura 18. Perfil de lámina de agua desde el pozo 10 hasta el punto de vertimiento.....	80
Figura 19. Introducción del fondo de pantalla.....	82
Figura 20. Ventana emergente para la introducción del fondo de pantalla.....	83
Figura 21. Fondo de pantalla introducido.....	83

Figura 22. Fondo de pantalla en su totalidad.....	84
Figura 23. Elementos necesarios para la simulación de una red.....	85
Figura 24. Introducción de propiedades de los nudos o pozos.....	86
Figura 25. Incorporación de aportes y caudales de transporte.....	88
Figura 26. Introducción de aportes según su clasificación.....	89
Figura 27. Introducción de datos a los conductos o tramos de tubería.....	91
Figura 28. Definición de sección transversal y diámetro del conducto.....	92
Figura 29. Valores por defecto, establecidos para la modelación hidráulica.....	93
Figura 30. Ventana de dialogo de las opciones de simulación.....	94
Figura 31. Proceso de cálculo de la modelación.....	95
Figura 32. Obtención de resultados de la modelación hidráulica.....	96
Figura 33. Obtención de graficas según los resultados de la modelación.....	97
Figura 34. Copiar resultados de análisis en Swmm para pasar a documentos compatibles.....	98

Lista de Tablas

Tabla 1. Normas ambientales vigentes.....	20
Tabla 2. Red hídrica de Otaré.....	28
Tabla 3. Parámetros para la calificación del estado de los pozos.....	34
Tabla 4. Estado de los pozos alcantarillado viejo.....	35
Tabla 5. Estado de los pozos alcantarillado nuevo.....	36
Tabla 6. Inspección tramos de tuberías residuales alcantarillado viejo.....	37
Tabla 7. Inspección tramos de tubería residual alcantarillado nuevo.....	37
Tabla 8. Estado de los pozos de alcantarillado viejo.....	44
Tabla 9. Registros de población en Otaré.....	47
Tabla 10. Asignación del nivel de complejidad.....	48
Tabla 11. Método de cálculo para proyecciones según el nivel de complejidad.....	49
Tabla 12. Tasa de crecimiento según los distintos métodos.....	51
Tabla 13. Proyecciones de población según el periodo de diseño.....	51
Tabla 14. Coeficientes de retorno de aguas residuales domesticas.....	54
Tabla 15. Dotación por habitantes según el nivel de complejidad.....	54
Tabla 16. Aportes por infiltración.....	57
Tabla 17. Máximo factor de mayoración de acuerdo con la población servida.....	58
Tabla 18. Parámetros para la modelación hidráulica.....	64
Tabla 19. Parámetros de aportes para la simulación hidráulica.....	65
Tabla 20. Resultados de modelación tramos de tubería.....	67
Tabla 21. Resultado resumen de líneas.....	67

Tabla 22. Resumen de secciones transversales.....	68
Tabla 23. Parámetros para la modelación hidráulica.....	71
Tabla 24. Parámetros de aportes para la simulación hidráulica.....	72
Tabla 25. Resumen de modelación en líneas.....	74
Tabla 26. Resumen de líneas.....	75
Tabla 27. Resumen de secciones transversales.....	76
Tabla 28. Resumen de nudos.....	77
Tabla 29. Resumen de nivel en nudos.....	78
Tabla 30. Resumen de aportes en nudos.....	79
Tabla 31. Presupuesto general de optimización.....	99

Resumen

El siguiente documento enmarca una propuesta de diseño para la optimización del sistema actual de alcantarillado sanitario con el que cuenta el Corregimiento de Otaré del Municipio de Ocaña Norte de Santander, el cual fue construido hace algunos años por la preocupación del saneamiento y contaminación generada por el incremento de su población. Actualmente presenta falencias por falta de mejoramiento en su sistema operativo ya que la incorporación de nuevos usuarios conllevan a un mal funcionamiento del sistema y sumado a esto, se evidencia la inconformidad por parte de la comunidad que se siente perjudicada por la contaminación que existe producto de los vertimientos del sistema de alcantarillado y de los vertimientos de aquellos usuarios que no se conectan a la red matriz de alcantarillado. Dicho alcantarillado abarca una longitud aproximada de 3 kilómetros, beneficiando a casi la totalidad de la población del casco urbano del Corregimiento de Otaré. Teniendo en cuenta lo anterior es de carácter urgente y prioritario la optimización de este sistema de alcantarillado, por lo que en el trabajo de grado se realizó un diagnóstico para conocer las condiciones actuales en las que se encuentra, posteriormente se realizó su mejoramiento mediante la simulación hidráulica a través del software Swmm 5Ve, en el que se explica mediante un manual de procedimientos la forma en que se realizó y por último se desarrolló el presupuesto de obra pertinente a la mejoras necesarias para optimizar el sistema de alcantarillado existente en Otaré.

Introducción

El agua es uno de los factores por el cual los seres humanos aseguran y garantizan su existencia y prevalencia en el medio que los rodea y hace parte de las funciones del Estado brindar las condiciones mínimas de calidad de vida como lo es el derecho al agua y el saneamiento básico. La utilización del agua obtenida de las fuentes hídricas, trae consigo la problemática de evacuar las aguas residuales pues debido a la contaminación que genera se convierte en un factor nocivo para la salud ya que ayuda a la propagación de enfermedades que son generadas por dicha contaminación. El desarrollo de la sociedad, conlleva al incremento poblacional lo que entre otros casos, genera un aumento en las cargas contaminantes producto de las aguas residuales para lo cual hoy en día existen los sistemas de recolección y transporte de aguas residuales llamados sistemas de alcantarillados.

En Colombia estos sistemas de alcantarillado difieren según el tipo de asentamiento poblacional pues en las zonas urbanas los residuos líquidos son recolectados en las redes de alcantarillado y transportados hasta su disposición final, mientras que en las zonas rurales dispersas es común encontrar sistemas individuales de disposición final como letrinas o pozos sépticos. Debido a la situación geográfica del país y la dificultad para garantizar a todo los colombianos el servicio de agua potable y saneamiento básico, el estado a través de los medios jurídicos otorga a entidades territoriales la autoridad para que sean las encargadas de regular controlar y garantizar la prestación de estos servicios.

Actualmente la prestación de estos servicios en algunas zonas del país es precaria pues si nos referimos a nivel regional, en el municipio de Ocaña la autoridad ambiental encargada de la prestación de estos servicios es CORPONOR e independientemente de garantizar los servicios básicos para el municipio también es su deber brindarlos a la zona rural, como lo es en los 18 corregimientos que hacen parte del municipio de Ocaña. Los corregimientos están compuestos por veredas y centros poblados, en la cual tan solo algunos centros poblados son los que cuentan con sistemas de recolección y transporte de residuos líquidos.

El corregimiento de Otaré, perteneciente al municipio de Ocaña, se caracteriza por ser uno de los mayores centros poblados a nivel rural, el cual cuenta con un sistema de alcantarillado obsoleto que últimamente ha venido generando incomodidad entre los habitantes de la zona, pues las autoridades ambientales en pro del desarrollo de la región a pesar de los grandes esfuerzos que realizan no han mitigado el impacto ambiental que genera la contaminación y el deterioro por el mal manejo del alcantarillado existente en Otaré.

El siguiente estudio es de carácter colectivo y trata de involucrar a una entidad pública como lo es la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, con el desarrollo de las comunidades en general, pues la investigación se fundamenta en un trabajo de campo para tener conocimiento de las obras hidráulicas existentes en el corregimiento de Otaré y posteriormente proponer un diseño que conlleve al mejoramiento del sistema de alcantarillado, supliendo las necesidades que actualmente aquejan a la comunidad.

Capítulo 1. Propuesta de diseño para el mejoramiento del sistema de alcantarillado del corregimiento de Otaré, Ocaña Norte de Santander

1.1. Planteamiento del Problema

Según el plan departamental para el manejo empresarial de los servicios de agua y saneamiento de Norte de Santander para los últimos años (anteriores al 2010), la nación y la gobernación del departamento han realizado varias inversiones para las zonas urbanas y rurales del municipio del departamento, estos recursos se han direccionado a la construcción de infraestructura en búsqueda de mejorar los indicadores de cubrimiento, calidad y continuidad.

En la actualidad el corregimiento de Otaré cuenta con un sistema de alcantarillado, sin embargo hasta la fecha no se puede asegurar que este sistema sea eficiente en su objetivo de recolección de las aguas residuales que generan las viviendas del corregimiento en su sector urbano, pues según sus pobladores en los últimos años el corregimiento de Otaré ha estado sometido a olores agresivos, los cuales aparentemente proceden de los pozos inspección que componen el sistema de alcantarillado y también presenta algunos hundimientos en algunas calles producto de infiltración generada por el deterioro de las tuberías teniendo en cuenta que este sistema en su mayoría fue construido con tubos de gres y algunas cámaras de caída no cumplen con lo establecido por el RAS 2000 y adicionalmente no se manejaron buenos procesos constructivos en la construcción de pozos de inspección.

Es importante aclarar que no se cuenta con la información técnica sobre la capacidad y la forma en la que estos fueron construidos, lo cual no permite establecer las fallas del sistema existente. De igual forma cabe resaltar que el sistema de alcantarillado actual tuvo una reposición en el 2014 por parte de la alcaldía municipal de Ocaña, cambiando las tuberías de gres en un total de 430 metros lineales y las domiciliarias de alcantarillado en un total de 424 metros lineales, como también algunos pozos de inspección, pero no abarca la solución de desagüe de aguas residuales de toda la comunidad del casco urbano del corregimiento de Otaré por lo que se incumplen los fines esenciales que consagra el estado en su constitución política y es la prestación eficiente de servicios públicos, así mismo, el bienestar social de la comunidad.

De acuerdo a lo anterior se propone un diseño, necesario para mejorar las condiciones actuales del alcantarillado sanitario del corregimiento de Otaré según lo establecido en el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000.

1.2 Formulación del problema

¿Cómo contribuir por medio de una propuesta de diseño al mejoramiento del alcantarillado sanitario del casco urbano del corregimiento de Otaré bajo las condiciones actuales del territorio?

1.3 Justificación

Un alcantarillado sanitario es un conjunto de estructuras hidráulicas encaminadas a recolectar y transportar hasta su disposición final las aguas residuales. La importancia de contar con un sistema de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales es un factor muy importante en la salud y calidad de vida de la población, ya que el derecho a disfrutar de un ambiente sano hace parte de las necesidades básicas que el Estado está obligado a satisfacer. En Colombia la prestación de servicios públicos de alcantarillado en municipios y corregimientos es muy baja ya que “de acuerdo con el DNP, en 3 de cada 4 municipios colombianos, la cobertura del alcantarillado es inferior al 50 %. Solo el 8% de los municipios cuentan con una cobertura superior al 75%”(Procuraduría General De La Nación, 2015). La prioridad de las empresas de servicios públicos con respecto a zonas rurales, corregimientos y municipios, radican en la preferencia por llevar a cabo inversiones las cuales tengan un efecto favorable en la salud pública y de su medio ambiente por esta razón se preocupan más por la prestación del servicio de agua potable vital para vivir y no por su sistema de recolección transporte y disposición final de las aguas residuales.

El corregimiento de Otaré hace parte del municipio de Ocaña Norte de Santander, el cual ha recibido presupuesto de orden departamental y nacional en pro de poder mejorar de forma constante el servicio de agua potable y saneamiento básico. Las entidades territoriales, las empresas de servicios públicos y otras empresas que promueven los servicios básicos, deben desarrollar una clara inversión en el sector, estas empresas deben identificar en forma precisa cada uno de los proyectos de infraestructura y cuyo desarrollo debe ser prioritario.

La investigación se realizara mediante la visita de campo verificando el estado físico de la infraestructura existente utilizando herramientas como la descripción visual, con la ayuda de un GPS se obtendrá la geo localización pertinente de cada uno de los puntos del sistema de alcantarillado que deban ser objeto de intervención, aplicando el software libre de simulación Swmm 5vE. Las simulaciones necesarias que se deban realizar en el software facilitan el conocimiento de las condiciones actuales de operación para establecer las causas de su mal funcionamiento y proyectar un nuevo sistema de alcantarillado en donde se incluyan los colectores necesarios para cubrir las zonas que aún no cuentan con este servicio, logrando así aumentar la cobertura del alcantarillado que actualmente presta el servicio de recolección de aguas residuales en el casco urbano de Otaré.

Por las razones anteriores como estudiantes de ingeniería civil, planteamos el proyecto para realizar un estudio que busca la optimización del sistema de alcantarillado actual, donde se pueda realizar la modelación y el rediseño del sistema existente en caso de que el estudio determine que aplica el rediseño, este estudio se realizara integrando lo aprendido durante nuestra etapa académica universitaria y bajo la implementación de herramientas computacionales de código abierto.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General. Proponer un diseño para el Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado del Corregimiento Otaré, Ocaña Norte de Santander.

1.4.2 Objetivos específicos. Realizar un diagnóstico del sistema de alcantarillado actual con el que cuenta el casco urbano del corregimiento de Otaré en el Municipio de Ocaña Norte de Santander por medio de visitas a campo y observación directa.

Elaborar el rediseño de los componentes del sistema de alcantarillado por medio del software de modelación Swmm 5vE.

Formular un manual de procesos que permita entender el procedimiento desarrollado en el software Swmm 5vE, en la aplicación del proyecto.

Realizar el presupuesto con respecto a las cantidades de obra para llevar a cabo el nuevo diseño generado en el software de modelación.

1.5 Delimitaciones

1.5.1 Geográficas. El corregimiento de Otaré se encuentra localizado en la zona Nor Oriental del perímetro urbano del Municipio de Ocaña, situado al sur oeste de Convención y la carretera que de Rio de Oro conduce a El Carmen. Su temperatura aproximada es de 24°C, se encuentra ubicada a 0°,39',0" de longitud oriental y 8°,10',12" de latitud norte, con una altura sobre el nivel del mar de 1438 metros.

1.5.2 Operativa. Para la realización del proyecto se propuso un diseño para el mejoramiento del alcantarillado sanitario de corregimiento de Otaré se identificó el estado actual de cada uno de los componentes que conforman el sistema existente, de igual forma se realizó el diseño de los elementos necesarios para su mejoramiento mediante la utilización del Software libre Swmm5vE.

1.5.3 Conceptual. El proyecto se enfocó en el estudio del sistema de alcantarillado sanitario del corregimiento de Otaré que consta de pozos de inspección, sumideros, rejillas, cámaras y líneas de tubería.

1.5.3 Temporal. Se estimó desarrollar el proyecto en un total de 4 meses contemplados en dos (2) meses para la recolección de información y trabajo de campo y dos (2) meses para la organización y análisis de los datos recolectados.

Capítulo 2. Marco referencial

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes internacionales y nacionales. La meta del Objetivo de Desarrollo del Milenio 7 insta a “reducir a la mitad para 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento” (ONU, 2010), es el 28 de julio de 2010, la Asamblea General de las Naciones Unidas declaró, mediante su Resolución A/RES/64/292, el acceso seguro a un agua potable salubre y al saneamiento como un derecho humano fundamental para el completo disfrute de la vida y de todos los demás derechos humanos.

En el mes de noviembre del 2002 el Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de las Naciones Unidas adoptó su Observación General n° 15; El acceso universal al saneamiento “no solo reviste una importancia fundamental para la dignidad humana y la vida privada, sino que constituye uno de los principales mecanismos para proteger la calidad” de los recursos hídricos, además, en abril de 2011, el Consejo de Derechos Humanos reconoce, mediante su Resolución 16/2, el acceso seguro al agua potable y al saneamientos como un derecho humano: un derecho a la vida y a la dignidad humana.

En el caso de los servicios de abastecimiento de agua y saneamiento para cada persona deben ser continuos y suficientes para el uso personal y doméstico. Estos usos incluyen normalmente agua de boca, saneamiento personal, lavado de ropa, preparación de alimentos, higiene personal y limpieza del hogar. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), son

necesarios entre 50 y 100 litros de agua por persona al día para garantizar que se cubren las necesidades básicas y que no surjan grandes amenazas para la salud.

En el caso de Nepal, según el (Consejo de colaboración para el abastecimiento de agua potable y saneamiento WSSCC, 2006), Abastecimiento de Agua y Saneamiento llevado a cabo en comunidades pobres ha demostrado una demanda real de servicios de agua y saneamiento mejorados. Dado que las mujeres son las principales responsables del manejo del agua en el hogar, se las ha motivada para adoptar un papel de liderazgo en las decisiones de la comunidad en materia de abastecimiento de agua a través del Comité de Usuarios de Agua y para usar sus conocimientos y experiencia para influir en su diseño. Además, los programas de Educación sobre Higiene y Saneamiento, proporcionan apoyo a facilitadoras femeninas que informan a la comunidad sobre las potenciales enfermedades relacionadas con el agua y sobre cómo prevenirlas. (p.7)

En la ciudad de Medellín, Colombia, como resultado de un fallo renal crónico y del tratamiento médico correspondiente, la Sra. Jiménez de Correa dejó de trabajar y no pudo hacer frente al pago de los servicios suministrados por las Empresas Públicas de Medellín, como consecuencia de esto, la compañía cortó el suministro de energía y agua. El Tribunal del Distrito mantuvo que los servicios públicos eran inherentes al propósito social del Estado y reconoció la obligación de garantizar un suministro eficiente a todos los habitantes del país. Bajo recurso de apelación, el Tribunal Constitucional confirmó la decisión del Tribunal del Distrito y ordenó la reconexión inmediata a la red de electricidad y agua de la Sra. Jiménez como un servicio público, haciendo referencia en la sentencia, entre otros, a estándares internacionales y a las observaciones Generales del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales de Naciones Unidas. (United Nations Human Rights. 2010)

La legislación Colombiana le asignó al Ministerio de Desarrollo Económico la responsabilidad de determinar el alcance de los requisitos técnicos una vez que la Comisión de

Regulación de Agua potable y Saneamiento Básico señaló esta necesidad, teniendo en cuenta que su aplicación no conlleva restricción indebida a la competencia.

En el año 1999 se presenta la revisión del RAS 98, buscando dar cumplimiento al Decreto 1112 de 1996 del Ministerio de Desarrollo Económico, por el cual se crea el Sistema Nacional de Información sobre Medidas de Normalización y Procedimientos de Evaluación de la Conformidad, se dictan normas para armonizar la expedición de Reglamentos Técnicos y se cumplen algunos compromisos internacionales adquiridos por Colombia.

2.1.2 Antecedentes locales y regionales. En el año 2014, mediante la administración municipal de la alcaldía de Ocaña “Ocaña Confiable”, se realizaron inversiones importantes en el ámbito del saneamiento básico beneficiando a las zonas rurales que hacen parte de la jurisdicción de Ocaña. Dentro de los 18 corregimientos con que cuenta el municipio de Ocaña, en el corregimiento de Otaré se realizó una inversión alrededor de los \$700 millones de pesos para el mejoramiento de una de las vías más transitadas en el corregimiento y la reposición de la red de alcantarillado en el centro del poblado.

Debido a que la gestión para llevar a cabo las obras en Otaré fueron por medio de la alcaldía de Ocaña, mediante la contratación estatal se delegó la interventoría para el buen manejo en la ejecución del proyecto, por lo que en el Apéndice A, reposa toda la información recopilada y facilitada por la alcaldía en el que se encuentra el documento técnico de la interventoría titulado: Interventoría Técnica, Administrativa y Financiera de la Reposición del Sistema de Alcantarillado del Corregimiento de Otaré del Municipio de Ocaña Norte de Santander.

En el informe técnico de la Interventoría, en cumplimiento de las partes tanto el contratista como la interventoría especifican que: la red existente del alcantarillado de Otaré tiene profundidades superiores a los tres metros por lo que fue conveniente reducir estas profundidades a menores de dos metros, lo que garantiza un comportamiento hidráulico adecuado, implicando la inclusión de la construcción de pozos de inspección en concreto reforzado. Dentro del análisis hidráulico se observa que el diámetro establecido exceda la verdadera necesidad de la demanda hidráulica y con un diámetro inferior cumple satisfactoriamente con dicho requerimiento, por lo cual la tubería de reposición de PVC NOVAFORT corrugada de diámetro $D = 250 \text{ mm}$ (10") se realizó para su conveniencia con diámetro $D = 200 \text{ mm}$ (8"), cambiando en un total de 430 metros lineales de la tubería existente, además se realizaron las acometidas o conexiones domiciliarias con un diámetro $D = 160 \text{ mm}$ (6") en un total de 424 metros lineales con sus respectivas cajas domiciliarias.

2.2 Marco Histórico

La historia del saneamiento tiene sus raíces en la antigüedad, en la que su desarrollo fue motivado por el de las ciudades y centros religiosos o comerciales. Como ejemplo destacable podemos señalar la red de saneamiento con la que ya contaba la ciudad de Roma, construida sobre el 600 A.C. y denominada "Cloaca Máxima", que vertía los residuos de la ciudad al río Tíber. La industrialización tuvo como consecuencia la masificación incontrolada de la población en torno a los centros de producción, creándose unas condiciones sanitarias absolutamente penosas, las cuales dieron lugar a numerosas epidemias que pusieron en evidencia la conexión entre el estado sanitario del agua de consumo y el desarrollo de enfermedades.

A pesar de que muchas ciudades disponían, desde varios siglos antes, de conductos de evacuación de aguas, éstos se habían concebido, exclusivamente, para drenaje de aguas pluviales, hasta el punto de que en la Inglaterra de principios del siglo XIX estaba prohibido verter aguas residuales a esos conductos.

En 1842 Sir Edwin Chadwick elaboró un informe sobre las condiciones sanitarias en Gran Bretaña en el que se establecía la necesidad de recoger las aguas residuales en un sistema específico de alcantarillado, proponiendo la utilización de conductos de gres y la separación de las aguas residuales de las pluviales, advocating por los sistemas separativos con su célebre sentencia: “El agua pluvial al río y la residual al campo.” En definitiva, es a partir de la iniciativa británica, a mediados del siglo pasado, cuando se establecen las bases modernas del saneamiento, específicamente en lo referente al primer aspecto del mismo: la recogida y transporte de las aguas residuales. (Agua de Ceuta Empresa Municipal, 2010)

En Colombia, según Álvarez Arboleda, C. A. y Chicangana-Bayona, Y. A. (2015) afirman que “las principales preocupaciones del Estado, anterior a los años treinta habían girado en torno a la integración territorial del país, pues actividades como la provisión del agua potable y alcantarillados estaban en manos de las administraciones municipales” (p.264).

Con respecto al servicio de alcantarillado en Colombia, Salinas Ramírez J. M (2011) afirma:

El indicador de tratamiento de aguas residuales es crítico en todo el país y es un área que requiere un gran esfuerzo de inversión y gestión hacia el futuro. Solo el 25% de las aguas que se vierten en los cuerpos de agua es tratado, con el indudable impacto ambiental por la alta carga contaminante y el aumento de costos en los acueductos que captan posteriormente de estas fuentes. De hecho sólo cerca de 30% de los municipios del país cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales, concentrados en municipios de más de 10 mil habitantes. Para el caso de municipios de menos de 10 mil habitantes, solo el 26% posee sistemas de tratamiento. En los centros urbanos se trata cerca del 41% del total de las aguas vertidas. (p.7)

Actualmente la población rural de Colombia no cuenta con mayor inversión en cuestiones de saneamiento básico ya que hay mayor prioridad en la prestación del servicio de agua potable, teniendo en cuenta que este servicio en algunas zonas rurales del país es nulo. Por lo general en estas zonas se acostumbra a verter las aguas residuales directamente a los cuerpos de agua o

utilizando pozos sépticos. En nuestro caso el Corregimiento de Otaré perteneciente al municipio de Ocaña Norte de Santander cuenta con un sistema de alcantarillado que recoge las aguas de todo el casco urbano, pero las intervenciones que se han realizado no han sido suficientes para mejorar sus condiciones de operación pues aunque beneficia a la comunidad en general afecta a aquellos sectores que colindan con los cuerpos de agua que se encuentran contaminados por la falta de manejo ambiental y ubicación de los puntos de vertimiento de dicho alcantarillado existente.

2.3 Marco Conceptual

Un sistema de alcantarillado sanitario es un conjunto de estructuras hidráulicas que sirven para la recolección, manejo y disposición final de aguas residuales (aguas negras y aguas servidas).

2.3.1 Elementos de un sistema de alcantarillado sanitario

2.3.1.1 Colector principal. Es el conducto principal que puede ser circular, semicircular, rectangular, entre otros, encargado de transportar todas las aguas residuales provenientes de una determinada población entre las que se pueden destacar aguas domésticas e industriales, para llevarlas hasta su disposición final, ya sea una planta de tratamiento o un cuerpo de agua receptor.

2.3.1.2 Pozos de inspección. Son estructuras de ladrillo o concreto, de forma usualmente cilíndrica, que remata generalmente en su parte superior en forma tronco-cónica, y con tapa removible y agujerada para permitir la ventilación, el acceso y el mantenimiento de los colectores para su buen funcionamiento. También cumplen la función de dar dirección a una red matriz de alcantarillado ya que por sus condiciones de red principal no se admiten codos, de igual forma son utilizados como cámaras de caída para dar continuidad al flujo cuando una tubería llega a una altura considerable y no cumple con los requerimientos necesarios de la norma técnica RAS2000.

2.3.1.3 Tuberías Secundarias. Son el conjunto de tuberías que conectan las cajas domiciliarias con el colector secundario o principal si no existe, conduciendo las aguas residuales que la caja recibe del inmueble. Por lo general se realizan en tubería PVC con un diámetro de 6", frecuentemente utilizado para las conexiones domiciliarias.

2.3.1.4 Caja de inspección domiciliaria. Es la cámara localizada en el límite de la red pública de alcantarillado y la privada, que recoge las aguas residuales, pluviales o combinadas provenientes de un inmueble (Industria, edificación, vivienda etc.), por lo general se encuentran selladas y no requieren de mantenimiento ya que maneja pequeños caudales.

2.3.2 Conexiones erradas. Corresponde a una contribución adicional al caudal residual proveniente de una vivienda o recinto que se entrega a una red de alcantarillado sanitario debido al aporte de aguas pluviales.

2.3.3 Tipo de alcantarillado. Según el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000, específicamente en su Título D, denominado “Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales”, el tipo de alcantarillado convencional correspondiente al más utilizado, dependiendo de su uso puede ser:

2.3.3.1 Alcantarillado combinado. Este es un sistema en el que tanto las aguas residuales domésticas e industriales como las aguas lluvias son recolectadas y transportadas por un mismo colector.

2.3.3.2 Alcantarillado sanitario. Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de las aguas residuales domésticas y/o industriales.

2.3.3.3 Alcantarillado pluvial. Sistema compuesto por todas las instalaciones destinadas a la recolección y transporte de aguas lluvias.

2.3.3.4 Alcantarillado separado. Sistema constituido por un alcantarillado de aguas residuales y otro de aguas lluvias que recolectan de forma independiente los caudales en un mismo sector.

2.4 Marco Teórico

Según López Cualla (2003), en su segunda edición Capítulo 14, nos dice que:

El sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías complementarias, necesarias para recibir y evacuar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial producida por las lluvias. 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. Las aguas residuales pueden tener varios orígenes: Aguas residuales domésticas (provenientes de inodoros, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos), aguas residuales industriales (provenientes de desechos industriales o manufactureros), Aguas lluvias (provenientes de la precipitación pluvial).

La necesidad de utilizar alcantarillados radica en la densificación de la población pues a medida que aumenta se hace necesario al igual que el consumo de agua la forma de como evacuarla ya que entre más número de personas se concentre en determinado lugar más será la carga contaminante generada que posteriormente termina en el suelo o en los cuerpos de agua existentes sin tratamiento alguno. Según la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2015) afirma “El gobierno nacional y las entidades territoriales a través de los diferentes instrumentos de planeación, incluyen el análisis y provisión de servicios ecosistémicos que permiten proyectar los crecimientos de forma ordenados y coherentes de los centros urbanos” (p. 5).

La calidad del agua es un factor que limita la disponibilidad del recurso hídrico y restringe su uso. El aumento en la demanda de agua tiene como consecuencia un aumento en el volumen de los residuos líquidos, cuya descarga, sin una adecuada recolección, evacuación y tratamiento, deteriora la calidad de las aguas y contribuye con los problemas de disponibilidad del recurso hídrico.

Los cuerpos receptores son utilizados como sitio de disposición de los vertimientos de residuos líquidos de actividades tanto productivas como domiciliarias. Un estimativo del caudal de aguas residuales generado por los centros urbanos identifica que en Colombia

se están arrojando a los cuerpos de agua cerca de 67m³ /s, en donde Bogotá representa más del 15.3 %, Antioquia el 13 %, Valle del Cauca el 9.87% y los demás departamentos están por debajo del 5%. Esta proporcionalidad condiciona el grado de impacto sobre las corrientes hídricas, y marca una tendencia de impacto en las regiones. Los diagnósticos realizados evidencian que en la mayoría de municipios, principalmente de la zona andina, se vierten directamente las aguas residuales a los cuerpos de agua ubicados dentro del perímetro urbano. Esto constituye un factor de complejidad y una prioridad para que se plantee inicialmente una solución que permita recuperar estos cuerpos receptores urbanos a un costo razonable. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004)

Vale la pena aclarar que actualmente la autoridad ambiental encargada de regular el uso y manejo de los recursos hídricos a nivel regional, municipal y departamental en este caso para Norte de Santander corresponde a CORPONOR. Dado que el corregimiento de Otaré se encuentra situado dentro de la jurisdicción del municipio de Ocaña, la entidad presente es CORPONOR Territorial Ocaña y es la encargada de vigilar, controlar y dar legitimidad al uso que se pueden dar a los afluentes hídricos, realizando las visitas técnicas necesarias tanto en las captaciones de agua para sus diferentes usos, como también en los puntos de vertimiento de aguas residuales presentando las exigencias necesarias hacia las empresas publicas encargadas de brindar el saneamiento básico en cuestiones de cobertura de alcantarillado y afectaciones que perjudiquen el bienestar de la población previniendo así las enfermedades producto de la contaminación que se pueda generar por falta de control.

Actualmente esta entidad Territorial en cuestiones de saneamiento y manejo de vertimientos solo realiza controles al municipio de Ocaña otorgando permisos ambientales en cumplimiento de la ley 142 de 1994. En las zonas rurales oriundas de la región de Ocaña, no se presentan controles algunos y por lo general las aguas residuales se vierten al suelo o se devuelven a la fuente hídrica produciendo contaminación. En nuestro caso Otaré, al tener un

considerable número de habitantes la carga contaminante generada de los residuos líquidos también es mayor, ya que entre mayor sea el caudal residual vertido al cuerpo de agua, si este es de un cauce muy débil la contaminación generada sería mucho mayor y afectaría sus condiciones naturales generando un enorme impacto ambiental, en cambio si el caudal residual fuera mínimo para el mismo cauce, la contaminación generada no deformaría el hábitat natural y las condiciones del cauce. En el corregimiento de Otaré se presentan dos puntos de vertimientos de aguas residuales que recolectan los desechos líquidos de todo el casco urbano y desembocan en la quebrada mal conocida como La Cagona, la cual por falta de control y manejo se viene presentando un alto grado de contaminación que ha afectado a la comunidad colindante de esta quebrada pues según habitantes del sector los fuertes olores y la proliferación de agentes contaminantes han vulnerado la calidad de vida de los pobladores.

A pesar de la reposición realizada al alcantarillado de Otaré en el año 2014 mediante la gestión municipal de la alcaldía de Ocaña, actualmente se presentan falencias en su sistema de operación por lo que no toda la comunidad cuenta con las conexiones domiciliarias necesarias para pertenecer al sistema de alcantarillado, ya que algunos moradores vierten directamente sus desechos líquidos a la quebrada generando más de los dos puntos de vertimientos correspondientes al alcantarillado.

Debido al impacto ambiental y la inconformidad de los habitantes del corregimiento de Otaré, se hace necesario realizar el diseño y rediseño del sistema actual de alcantarillado utilizando las herramientas informáticas para su modelación con el fin de mejorar las condiciones actuales existentes en la zona y disminuir el impacto ambiental producto de la

contaminación que generan las aguas residuales a pesar de la reposición realizada al alcantarillado.

2.4.1 Swmm 5vE. El Stormwater Management Model (modelo de gestión de aguas), es un software libre, desarrollado por la EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), es un modelo dinámico de simulación que se puede utilizar para un único acontecimiento o para realizar una simulación continua en un periodo extendido. El programa permite simular tanto la cantidad como la calidad del agua evacuada especialmente en alcantarillados urbanos.

El software Swmm 5vE, corresponde a la quinta versión del programa el cual se desarrolló por primera vez en 1971, habiendo experimentado desde entonces diversas mejoras. La versión actual proporciona un entorno integrado que permite introducir datos de entrada para el área de drenaje, simular el comportamiento hidráulico, estimar la calidad del agua y obtener los resultados en una variedad de formatos. Swmm 5vE funciona mediante la incorporación de módulos que son: el modulo atmosférico, módulo de superficie del suelo, módulo de aguas subterráneas y módulo de transporte, los cuales determinan un modelo de diseño para una red de alcantarillado sanitario, pluvial o combinado; no es necesario la incorporación de todos los módulos pues si hablamos en términos para un alcantarillado sanitario solo tendríamos en cuenta el módulo de transporte y los datos necesarios y elementos para su simulación.

2.5 Marco Legal

Según la Ley 1594 de 26 de junio de 1984, se enfoca en la reglamentación de agua como recurso y en virtud de ello está obligado a incluir en él, el concepto de ordenación del recurso hídrico, para lo cual dentro de los parámetros de dicha ley, en su artículo 142 establece que la utilización directa o indirecta de ríos, arroyos, lagos y aguas subterráneas, para introducir o arrojar en ellos desechos, aguas negras o servidas, se sujetara al pago de tasas retributivas en un lapso semestral.

Dentro de los sistemas de ordenamiento territorial y planeamiento básico con respecto a la recolección, transporte y disposición final de las aguas residuales, es importante tener en cuenta que el estado debe velar por la conservación de los recurso hídricos y mitigar el impacto ambiental por lo cual se establece el Decreto N° 3930 del 25 de octubre de 2010, en nuestro caso Otaré solo cuenta con un sistema de recolección y transporte de aguas residuales con dos puntos de vertimientos los cuales no tienen los permisos de vertimientos ya que generaría un cobro por usuario conectado al sistema de alcantarillado como contribución al pago de tasa retributiva debido a la contaminación generada, pues no existe una empresa prestadora del servicio.

La siguiente tabla esboza algunas de las normas ambientales importantes a tener en cuenta en el desarrollo del proyecto.

Tabla 1*Normas ambientales vigentes*

Norma	Descripción
Ley 23 de 19 de diciembre de 1973	Por la cual se conceden facultades al presidente de la república para expedir el código de los recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente.
Decreto 216 del 3 de febrero de 2003	Por el cual se determinan los objetivos, la estructura orgánica del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
Decreto 1220 de 2005	Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales.
Decreto 3100 del 30 de octubre de 2003	Modificado por el 3440 de 2004, en lo referente a las tasas retributivas y compensatorias por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales.
Ley 142 de 1994	Por la cual se establece la regulación de los Servicios Públicos Domiciliarios.
Ley 09 de 1979	Por la cual se expide el Código Sanitario.
Ley 373 de 1997	Sobre ahorro y uso eficiente del agua.
Resolución 1096 de Noviembre 17 de 2000	Por el cual se adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.

Nota. La tabla muestra algunas normas ambientales vigentes con su respectiva descripción.

Capítulo 3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

Para la realización del presente proyecto se utilizó el tipo de investigación descriptiva, ya que por medio de esta modalidad se logró obtener información pertinente y necesaria, como identificar las características y componentes que conforman el sistema de alcantarillado y las falencias existentes por el cual se propuso un diseño que conlleve a su mejoramiento según las condiciones actuales encontradas.

3.2 Población

La población que enmarca el desarrollo de este proyecto corresponde a 479 habitantes del casco urbano del corregimiento de Otaré los cuales son los usuarios mediante las acometidas o conexiones domiciliarias del alcantarillado sanitario existente.

3.3 Muestra.

La realización del presente proyecto tiene como base de investigación los habitantes del corregimiento de Otaré perteneciente al municipio de Ocaña, Norte de Santander.

3.4. Análisis y procesamiento de la información

3.4.1 Técnicas de recolección de información. La recolección de la información se realizó mediante las siguientes técnicas:

3.4.1.1 La observación. Observación directa en campo, para poder realizar la recolección de información sobre el estado físico actual del sistema de alcantarillado, se estudiaron los planos hidráulicos del sistema y mediante la modalidad de entrevistas a los líderes de la junta de acción comunal se gestionó la información necesaria para conocer de cerca el funcionamiento del sistema de alcantarillado.

3.4.1.2 La entrevista. Dialogo directo con las entidades ambientales competentes y con los representantes presidente y vicepresidente del corregimiento de Otaré, igualmente dialogo directo con los habitantes perjudicados e inconformes con la situación ambiental presente por la falta de control.

3.4.2 Instrumentos para la recolección de información. Para la recolección de información se utilizaron los siguientes instrumentos:

Se solicitó a la alcaldía municipal del Ocaña la información geográfica, la cual incluirá los levantamientos topográficos con los que cuente el corregimiento, la información de

precipitación se solicitó al IDEAM para tener los insumos del cálculo de precipitación en la zona de estudio pero solo para tener información más completa.

P.B.O.T. para verificación de suelos, perfil de la población, etc. Como también Planos del Corregimiento de Otaré. Y Planos de los diseños iniciales del sistema de alcantarillado si existe.

R.A.S. 2000. Para verificar los aspectos técnicos que garanticen las óptimas condiciones del funcionamiento de un sistema de alcantarillado.

Cartera de campo para geo localización de diversas obras hidráulicas generado por medio del sistema de información geográfico mediante la herramienta informática ARGIS.

Capítulo 4. Resultados de la Propuesta de Diseño para el Mejoramiento del Sistema de Alcantarillado del Corregimiento Otaré, Ocaña Norte de Santander.

4.1 Realizar un diagnóstico del sistema de alcantarillado actual con el que cuenta el casco urbano del corregimiento de Otaré, por medio de visitas de campo y observación directa.

4.1.1 Información preliminar del Corregimiento de Otaré

4.1.1.1 Información geográfica. El corregimiento de Otaré se localiza al noroccidente del municipio de Ocaña y suroeste de Convención. Según el Consejo Municipal de Ocaña (2002), comprende una extensión de 0.062 km² equivalente al 9.88% del territorio municipal, está conformado por las veredas Cerro Monte Negro, Guadual, Patiecitos, Salobritos, Carpintero, Cerro las Casas, Piedecuesta, San Antonio, El silencio, Pueblo Viejo, Vijagual y el Oso. Según el Instituto de meteorología, hidrología y estudios ambientales (IDEAM), la ubicación geográfica del centro poblado de Otaré es de latitud 8°25'00" y longitud 73°26'00", se halla a 1545 metros sobre el nivel del mar y su temperatura media es de 17 °C. Mediante la Unidad Básica de Atención de Otaré (UBA), el casco urbano de Otaré cuenta con una población de 479 habitantes sin incluir las veredas que hacen parte del corregimiento. Su geografía es muy variada y accidentada, ya que se encuentra situado en una zona montañosa. En la figura 1, se puede observar la localización espacial del corregimiento de Otaré obtenida mediante la herramienta informática Google Earth.

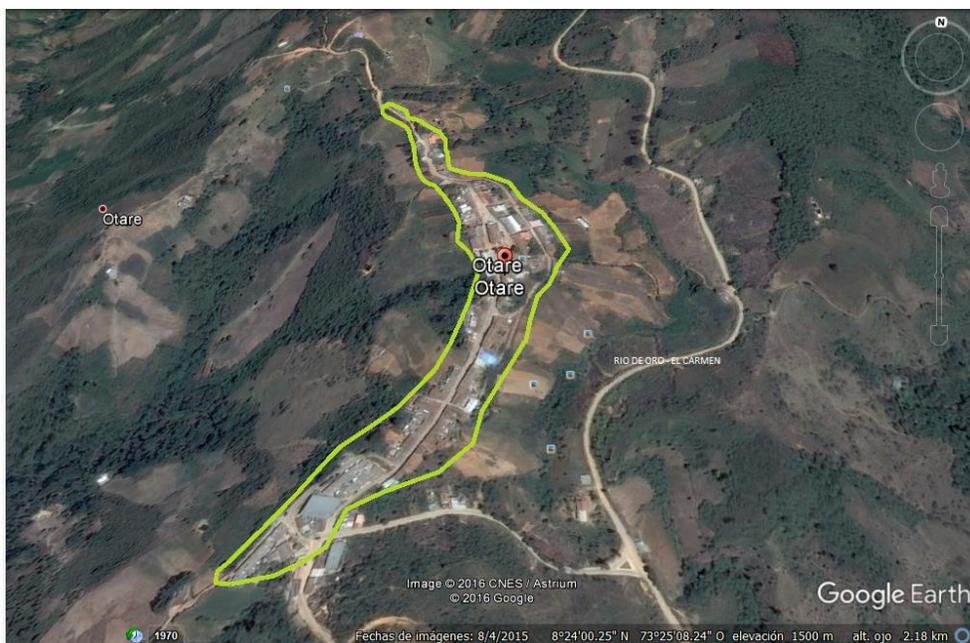


Figura 1. Ubicación geográfica del corregimiento de Otaré. Fuente: Google Earth modificada por autores.

4.1.1.2 Reseña histórica. Sobre Otaré encontramos información en los documentos coloniales que remontan desde sus inicios y se conservan en monografías y documentos que aún existen en la biblioteca pública del municipio de Ocaña y Convención. Según Páez García, L. E. (2016) nos dice que:

La historia del hoy corregimiento de Otaré ha sido accidentada. Fue municipio y por falta de “población y rentas” se le retiró esta categoría y fue anexado su territorio a Convención, donde, con el transcurrir de los años fue erigido en corregimiento, y luego, por tinterilladas y habilidades políticas el corregimiento fue transferido al municipio de Ocaña.

Fue fundado en 1590, en territorio ocupado por los indios “Otarés” o “Borotarés” (parcialidad de los motilones), de donde deriva su nombre. El pueblo de Nuestra Señora de Chiquinquirá de Brotaré nos resulta oscuro en sus orígenes. Inicialmente existían las encomiendas de Otaré y de Boromas y no hay documentos sobre el fin de estas

comunidades; pero, si tomamos el nombre de Brotaré como una contracción fonética de los dos pueblos, sería lógico suponer la unión de las encomiendas, aunque ya en 1653 existía la encomienda del mismo nombre en tercera vida adjudicada a Gaspar Barbosa Pedroso, hijo de Lope Ravelo de Marís. Si tomamos la existencia de tres pueblos indígenas diferentes (Otaré, Brotaré y Boromas) tendríamos que concluir en que dos desaparecen irremediablemente (Otaré y Boromas). Sobre esta situación no existe información apropiada. Otaré, sigue siendo cuna de dinámicos artistas de la música, de mujeres y hombres emprendedores y laboriosos.

4.1.1.3 Vías de acceso. Las vías de acceso al corregimiento de Otaré, al clasificarse como suelo rural vale la pena resaltar que en épocas de invierno las carreteras se tornan intransitables, pues se encuentra en mal estado debido a la falta de mantenimiento. El casco urbano del corregimiento no cuenta con su totalidad de vías pavimentadas pero en su mayoría se encuentra pavimentado en concreto rígido y placa huella. Según el Consejo Municipal para la Gestión de Riesgo de Desastres (2012), Otaré se encuentra a una distancia de 24 kilómetros hasta la cabecera municipal de Ocaña. Las vías de acceso de las veredas que hacen parte de Otaré hacia la cabecera Municipal se encuentran a una distancia de:

Vereda El Oso. Longitud 29 Km.

Cerro de las Casas. Longitud 27 Km.

Vereda San Antonio. Longitud 23 Km.

Vereda Cerro Montenegro. Longitud 28 Km.

Vereda Pie de Cuesta. Longitud 27 Km.

Vereda Pueblo Viejo Longitud 20 Km.

Vereda El Silencio. Longitud 5 Km.

Vereda Carpintero. Longitud 14 Km.

Vereda Salobritos. Longitud 24 Km.

Vereda Patiecitos. Longitud 26 Km.

Vereda Vijagual. Longitud 26 Km.

Vereda Guadual. Longitud 8 Km.

4.1.1.4 Geología y suelos. El corregimiento de Otaré presenta las siguientes características geológicas: El suelo de la cabecera del corregimiento está conformado en su totalidad por rocas metamórficas, formadas en los periodos geológicos: devónico y pérmico (estudio de suelos y zonificación de tierras de Norte de Santander, IGAC 2006)



Figura 2. Litología de los suelos del municipio de Ocaña Norte de Santander. Fuente: CORPONOR.

4.1.1.5 Relieve y topografía. El territorio Norte de Santander está constituido por un terreno muy quebrado, en el cual, si bien predominan las altitudes medias, no faltan al sur y al oeste las grandes alturas con vegetación paramuna. Según el estudio de suelos y zonificación de tierras del municipio de Otaré en gran parte de su territorio está conformado por un sistema montañoso. Este relieve forma parte del sistema andino de la cordillera oriental que se prolonga

al este, hasta la cordillera de Mérida (Venezuela) y al norte termina en la Serranía del Perijá (Cesar).

El corregimiento de Otaré está formado por rocas metamórficas a manera de caña, las cuales se forman en Ocaña y llegan hasta Convención. Le son característicos sus fondos cortados por la erosión en cuchillas enormes de cantos blancuzcos rodeados de relieve, que escalonan sus cumbres rojizas como si fuera el resultado de una erosión general en tiempos geológicos, en que el macizo se hallaba menos realzado. La falta de árboles y el predominio del pajonal lo ponen al descubierto (Desastres, 2016).

4.1.1.6 Hidrología y climatología. Según la información geográfica oficial de la corporación autónoma regional CORPONOR, la orografía de Otaré regada al norte por la quebrada El Páramo, al noroeste por la de San Francisco, en la parte central, por la de Otaré y al suroeste por la de El Tigre. El sistema experto de Mapa y el fondo de Adaptación al cambio climático determinaron que para la zona de Otaré se presenta una precipitación media mensual de 1100 – 1300mm de agua. El corregimiento de Otaré cuenta con la siguiente red hídrica natural superficial especificada en la tabla 2.

Tabla 2

Red hídrica de Otaré

Nombre de la corriente	Longitud (Km)
Q. La rinconada	0.036444
Q. Ardila	1.152066
Q. Carriza	2.356796
Q. El Congreso	1.518436

Tabla 2 Continuación

Q. El Nobo	3.80177
Q. Honda	2.737876
Q. La Aguada	0.862607
Q. La Muralla	1.135035
Q. La Yeguera	3.614872
Q. Palenque	0.911568
Q. San marcos	1.301897
Q. Santa Rita	1.222861
Q. Simanita	2.650004
Q. Tamaco	1.37654
Qda BURUTAMA	0.01937
Qda PARAMO	0.030545
Rio de Oro	7.231122

Nota. La tabla muestra la Red hídrica presente en el corregimiento de Otaré. Fuente: CORPONOR, 2016.

El recurso hídrico con el que cuenta la comunidad campesina perteneciente al corregimiento de Otaré corresponde a la micro cuenca quebrada el Carmen. Según Santana Sánchez, L.C. (2016) nos dice que:

La micro cuenca Quebrada el Carmen se encuentra localizada al norte del municipio del Carmen ocupando gran parte del corregimiento de Otaré, la cual suple las necesidades básicas del corregimiento como lo son el consumo humano, riego de cultivos y puntos para abrevadero de animales. El área superficial de la micro cuenca es de 401.70 km², lo cual equivale a 40170.851 Hectáreas y un perímetro de 117.47075 km. Pertenece a la cuenca del Medio Magdalena, su código como micro cuenca es 2321-001, pertenece a la zona hídrica de Colombia 02, zona hídrica del Magdalena – Cauca. Para el caso del corregimiento de Otaré el área superficial de la micro cuenca es de 3932.58 Hectáreas equivalente a 39.32 km², lo que en términos de porcentaje equivale a un 55.81% del área total de Otaré.

La micro cuenca Quebrada el Carmen presenta un índice de escases superior al 50% esto es un indicador que la demanda hídrica es alta y que está fuertemente amenazado el equilibrio del ciclo del agua, la expansión de la frontera agropecuaria afecta la calidad y cantidad del recurso hídrico y los habitantes de la zona geográfica bajo influencia de la

micro cuenca Quebrada el Carmen en el corregimiento de Otaré no se encuentran preparados para enfrentar anomalías climáticas de escases hídrica como las del fenómeno del niño.

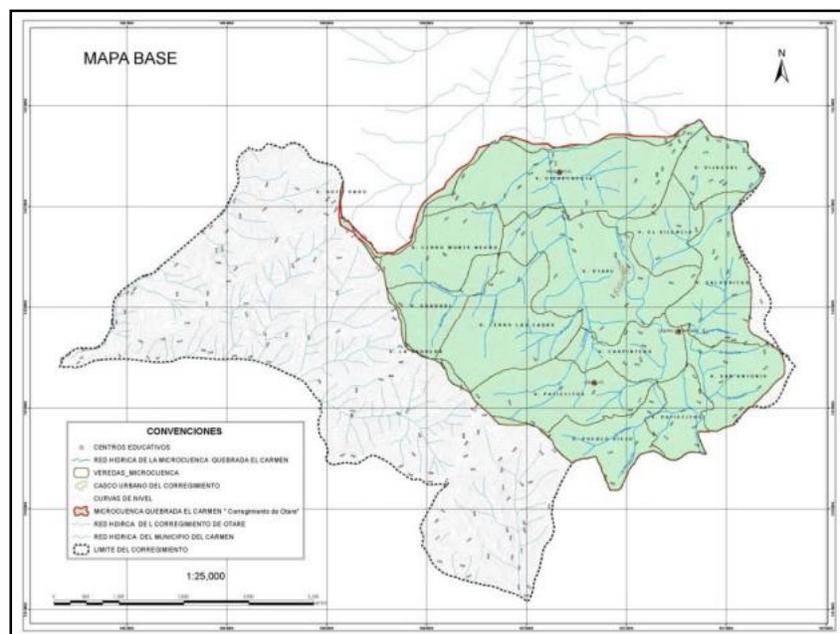


Figura 3. Características morfométricas micro cuenca quebrada el Carmen. Fuente: Santana Sánchez, L.C. (2016).

4.1.1.7 Actividad Económica. El suelo rural del municipio de Ocaña, tiene como actividad económica predominante la agricultura, en nuestro caso Otaré cuenta con pequeños productores de Frijol, cebolla, maíz, tomate y café. También se presenta en menor escala la ganadería. Con el fin de incentivar el desarrollo del corregimiento, mejorar los sistemas de producción, el nivel de ingresos y las condiciones de vida, la alcaldía municipal de Ocaña presta de manera eficaz y eficiente el servicio de asistencia técnica rural, transferencia de tecnología, asesoría en la implementación de proyectos productivos a pequeños productores y en la organización de grupos de trabajo asociado otorgando así, certificación que garantiza la calidad de los cultivos en el

proceso de buenas prácticas agrícolas como control ejercido por las entidades públicas que regulan su comercialización.

4.1.2 Trabajo de campo y oficina. El centro poblado del corregimiento de Otaré posee actualmente dos sistemas de alcantarillado sanitario para la totalidad del territorio. La densificación poblacional a menudo no es acelerada para las zonas rurales, para el caso de Otaré se han presentado con el pasar del tiempo algunas nuevas construcciones que en general son viviendas unifamiliares que deben suplir la necesidad de servicios básicos como lo es acceso al agua potable que conlleva posteriormente al desagüe de las aguas residuales domésticas con el fin de evitar los efectos nocivos para la salud producto de la contaminación, para lo cual se conectan a las redes de alcantarillado existentes obligando al sistema a operar con deficiencias o en el peor de los casos a realizar directamente vertimientos a los cuerpos de agua sin ningún control.

El proyecto se enmarco prioritariamente, en una investigación de campo, en donde por medio de visitas técnicas se inspecciono y recopilo información sobre la infraestructura existente de cada uno de los elementos que hacen parte del sistema hidráulico que compone el alcantarillado perteneciente al corregimiento de Otaré, de igual forma también se inspecciono y se registró los puntos de vertimiento existentes y las condiciones actuales en las que se encuentra incluyendo la alteración ocasionada al medio ambiente.

Posteriormente se continuo con el desarrollo del proyecto fue ineludible el conocimiento de la topografía, razón por la cual se utilizaron las coordenadas y elevaciones necesarias para el

diseño mediante la herramienta informática ARGIS, presentes en el literal **4.2**. Previo al trabajo de campo realizado y de acuerdo con la información obtenida se procedió al trabajo de oficina en el que mediante la utilización del software libre o de código abierto Swmm 5.0vE, se realizaron las modelaciones hidráulicas necesarias para evaluar y optimizar el sistema actual de alcantarillado en el cual el compendio del análisis y resultados se encuentran en el literal **4.2**. Además se realizó un manual de forma ilustrativa en el que se especifica la manera en la que se realizó la modelación hidráulica en el software Swmm 5.0vE, la cual se encuentra en el literal **4.3**. Para culminar la comprensión del proyecto se realizó el respectivo valor de los rubros necesarios para el mejoramiento del sistema de alcantarillado especificado en un presupuesto general con valores unitarios conocidos de la zona presentes en el numeral **4.4**.

4.1.2.1 Diagnostico actual de alcantarillado. Para llevar a cabo el diagnóstico del alcantarillado existente con el que cuenta el corregimiento de Otaré fue necesario dirigirnos a la zona de estudio en una serie de visitas realizadas para la recopilación de información descrita en las actas que se encuentran en el Apéndice A.

Primer visita realizada el día 18 de diciembre de 2016, en el cual se tomaron algunas características generales del corregimiento y también se socializó con la comunidad y con los representantes comunales del corregimiento para escuchar sus inquietudes e incomodidades presentes por el deterioro del alcantarillado existente.

Segunda visita realizada el 10 de enero de 2017, en la cual se recorrió gran parte del alcantarillado tomando registro de las condiciones actuales que presenta la rasante y los pozos de inspección.

Tercera visita realizada el día 22 de enero de 2017, continuación del registro de las condiciones actuales de la rasante del alcantarillado y los respectivos pozos de inspección incluyendo las condiciones de su tapa y el estado de las cañuelas.

Cuarta visita realizada el día 29 de enero de 2017, en la cual se realizó el registro de los puntos de vertimiento del alcantarillado ubicando su localización y características presentes, y posteriormente los cauces en los que desembocan, de igual forma también se tuvo en cuenta los puntos de vertimiento existentes diferentes a los de la red matriz de alcantarillado.

Quinta visita realizada el día 12 de febrero de 2017, en la cual se tuvieron en cuenta los detalles necesarios para la realización de la simulación como lo fue el registro de los pozos y tramos de tubería proyectados para las mejoras necesarias al alcantarillado existente.

Es importante aclarar que el corregimiento de Otaré cuenta con dos sistemas de alcantarillado sanitarios que operan independientemente incluyendo su punto de vertimiento. Teniendo en cuenta que uno de los alcantarillados existentes el cual cubre gran parte de la población fue restaurado en el año 2014, por motivo del presente estudio para la cuantificación de la información se hace referencia al alcantarillado nuevo como aquel que se encuentra en buenas condiciones y no requiere de un análisis minucioso, el alcantarillado sin restaurar se menciona en el documento alcantarillado viejo como aquel que presenta mayor antigüedad y

falencias en su sistema, por lo que el diseño para el mejoramiento del alcantarillado de Otaré se enfoca más en el alcantarillado viejo.

A continuación se presentan todos los aspectos necesarios que se tuvieron en cuenta para el conocimiento de las condiciones actuales del sistema de alcantarillado.

Pozos de inspección. Se realizó el reconocimiento de las condiciones actuales de los pozos de inspección, se utilizó como antecedente para la calificación visual los parámetros que se consideran en la tabla 3, utilizada en estudios anteriores sobre evaluaciones de alcantarillados actuales en los municipios de la Costa Atlántica. Las características que se identificaron para cada uno de los pozos para mayor facilidad en su interpretación y manejo de la información son: la profundidad del pozo, el diámetro del pozo, el tipo de tapa, el material de la tapa, el material del pozo, el tipo de pozo y posteriormente la calificación del estado actual del pozo, se registró mediante la tabla 4 para el alcantarillado viejo con un total de 14 pozos y la tabla 5 para el alcantarillado nuevo con un total de 9 pozos.

Tabla 3

Parámetros para la calificación del estado de los pozos

Estado	Características
Excelente	Cuando la estructura es nueva y en ella no se observa daño ni deterioro, además presenta un buen funcionamiento hidráulico y no se observan sedimentos.
Bueno	Cuando la estructura no siendo necesariamente nueva, cumple a cabalidad con la función, no presenta deterioro al menos visible.

Tabla 3 Continuación

Regular	Cuando la estructura presenta daños menores como agrietamientos y obstrucciones debidas a sedimentos y las estructuras que permitan el acceso a estos pozos están deteriorados
Malo	Cuando la estructura tiene alto grado de deterioro o está en condiciones precarias, lo cual hace que la estructura no presente un buen funcionamiento, y además el pozo no posea estructuras que permitan el acceso. El pozo se encuentra inundado.

Nota. La tabla muestra los parámetros con los cuales se clasifican los pozos existentes de un sistema de alcantarillado. Fuente: Monterroza Villadiego, C.A. (2004)

Tabla 4

Estado de los pozos alcantarillado viejo

N° Pozo	Profundidad (mts)	Diámetro (mts)	Tipo de tapa	Tipo de pozo	Material del pozo	Estado del pozo
1	2.00	1.20	Hierro	Circular	Concreto pobre	Malo
2	2.80	1.20	Hierro	Circular	Concreto pobre	Regular
3	1.60	1.20	Hierro	Circular	Concreto pobre	Malo
4	1.50	1.20	Hierro	Circular	Concreto pobre	Malo
5	3.00	1.20	Hierro	Circular	Concreto pobre	Bueno
6	3.00	1.20	Hierro	Circular	Concreto pobre	Bueno
7	3.00	1.20	Hierro	Circular	Concreto pobre	Bueno
8	2.50	1.20	Hierro	Circular	Concreto pobre	Bueno
9	2.00	1.20	Hierro	Circular	Concreto pobre	Bueno
10	1.30	1.20	Hierro	Circular	Concreto pobre	Bueno
11	3.00	1.20	Hierro	Circular	Concreto pobre	Regular
12	0.35	1.20	Hierro	Circular	Concreto pobre	Regular
13	3.5	1.20	Hierro	Circular	Concreto pobre	Regular
14	2.6	1.20	Hierro	Circular	Concreto pobre	Malo

Nota. La tabla muestra las condiciones actuales, presentes en el alcantarillado viejo del Corregimiento de Otaré.

Tabla 5*Estado de los pozos alcantarillado nuevo*

N° Pozo	Profundidad (mts)	Diámetro (mts)	Tipo de tapa	Tipo de pozo	Material del pozo	Estado del pozo
1	2.01	1.60	Concreto reforzado	Circular	Concreto reforzado	Excelente
2	2.01	1.60	Concreto reforzado	Circular	Concreto reforzado	Excelente
3	2.01	1.60	Concreto reforzado	Circular	Concreto reforzado	Excelente
4	2.01	1.60	Concreto reforzado	Circular	Concreto reforzado	Excelente
5	2.01	1.60	Concreto reforzado	Circular	Concreto reforzado	Excelente
6	2.01	1.60	Concreto reforzado	Circular	Concreto reforzado	Excelente
7	2.01	1.60	Concreto reforzado	Circular	Concreto reforzado	Excelente
8	2.01	1.60	Concreto reforzado	Circular	Concreto reforzado	Excelente
9	2.01	1.60	Concreto reforzado	Circular	Concreto reforzado	Excelente

Nota. La tabla muestra las condiciones actuales, presentes en el alcantarillado nuevo realizado en el año 2014 en el corregimiento de Otaré.

Tramos de tubería. Los tramos de tubería son aquellos colectores que recogen las aguas residuales llevándolas a los pozos de inspección hasta su disposición final; con el fin de replantear el diseño actual existente del alcantarillado se realizó la medición con cinta para conocer las distancias comprendidas entre cada colector, como también su rasante, teniendo en cuenta que para la evaluación hidráulica se tomaron coordenadas de referencia ajustando los tramos de colectores con lo medido en campo. Los resultados se desglosan en la siguiente tabla:

Tabla 6*Inspección tramos de tuberías residuales alcantarillado viejo*

Tramo entre pozos	Longitud (m)	Rasante	Estado de la rasante
1-2	54.48	Concreto rígido con piedra pegada	Estado regular
2-3	17.87	Suelo sin pavimentar	En buen estado
3-4	28.86	Suelo sin pavimentar	En buen estado
4-5	24.68	Concreto en piedra pegada	En estado regular
5-6	26.70	Concreto en piedra pegada	En estado regular
6-7	26.27	Concreto rígido	En mal estado
7-8	63.25	Concreto rígido	En estado regular
7-9	35.87	Concreto rígido	En estado regular
9-10	24.52	Concreto rígido	En mal estado
10-11	36.45	Suelo sin pavimentar	En buen estado
11-12	36.74	Suelo sin pavimentar	Mal estado
12-13	45.83	Concreto rígido con piedra pegada	En estado regular
13-14	96.44	Concreto rígido con piedra pegada	En buen estado
14-4	67.06	Concreto rígido con piedra pegada	En buen estado

Nota. La tabla muestra las longitudes existentes entre pozos de inspección y las condiciones presentes en su rasante.

Para la identificación y evaluación del alcantarillado nuevo se utilizó la información suministrada por parte del informe técnico de la interventoría realizada durante la ejecución del proyecto, facilitada por la alcaldía municipal de Ocaña, en las cuales se conocen las medidas reales finales de dicho alcantarillado nuevo presentes en la siguiente tabla:

Tabla 7*Inspección tramos de tubería residual alcantarillado nuevo*

Tramos entre pozos	Altura (m)	Longitud (m)	Rasante	Estado de rasante
Pozo inicial-1	1.85	51.80	Concreto regido con piedra pegada	Excelente
1-2	2.0	55.84	Concreto regido con piedra pegada	Excelente
2-3	1.90	72.9	Concreto regido con piedra pegada	Excelente
3-4	1.85	32.5	Concreto regido con piedra pegada	Excelente

Tabla 7 Continuación

4-5	1.85	86.0	Concreto regido con piedra pegada	Excelente
5-6	1.85	6.0	Concreto regido con piedra pegada	Excelente
6-7	1.85	60.0	Concreto regido con piedra pegada	Excelente
7-Pozo final	1.85	15.5	Concreto regido con piedra pegada	Excelente
8-Pozo final	2.02	18.56	Concreto regido con piedra pegada	Excelente
8-9	1.99	41.83	Concreto regido con piedra pegada	Excelente

Nota. La tabla muestra las longitudes de colectores entre pozos del alcantarillado nuevo, como también el estado de la rasante.

En lo que respecta al estado de los pozos se pudo evidenciar el mal estado que estos presentan haciendo referencia al alcantarillado viejo, pues durante las revisiones realizadas, al tratar de levantar una de las tapas para inspeccionar detenidamente las condiciones actuales, ésta similar a un trozo de pan se partió por la mitad, tal como se muestra en la imagen izquierda de la figura 4. Al observar el estado interior del pozo 3 con la tapa partida es notorio el deterioro de la estructura que aun cuenta con las formaletas de construcción del pozo con un espesor de concreto muy pobre para sostener el aro de soporte sobre el que reposa la tapa mostrando una estructura muy débil.



Figura 4. Tapa de pozo de inspección partida y estado interior del pozo.

Teniendo en cuenta que el material de las tapas de alcantarillado son de hierro, al pasar por el percance de partir una tapa de alcantarilla mientras se realizaron las visitas nos deja claro que el material de fundición de la tapa tiene un alto grado de antimonio. Por otro lado, de los 14 pozos que se compone el alcantarillado viejo, se registró el pozo 12 con una profundidad menor a la profundidad mínima establecida por la norma técnica RAS 2000, la cual se puede observar en la figura 5, en donde se muestra el diámetro de la tubería que en este caso corresponde a 6", y no cuenta con una cañuela lo cual hace que algunos sedimentos se queden estancados en el fondo del pozo, la altura del pozo es de 35 cm y se observa que a un caudal máximo fácilmente es inundable.



Figura 5. Pozo de inspección en mal estado.

En la figura 6, se pudo observar que algunos tramos de tuberías o colectores de entrada a los pozos de inspección, debido a la topografía se encuentran con su cota batea a más de 0,75 metro medidos desde el fondo del pozo 5, considerándose según la norma técnica RAS 2000, como cámara de caída, la cual no cuenta con un colchón de agua, ni una cañuela establecida, lo cual conlleva con el pasar del tiempo al deterioro de la estructura del pozo producto de la abrasión que genera el golpe de la caída del agua al entrar en contacto con la estructura.



Figura 6. Estado interior de los pozos de inspección alcantarillado viejo.

Viviendas sin alcantarillado. Al iniciar el alcantarillado viejo, se encuentra un total de 7 viviendas que no cuentan con la conexión domiciliaria al sistema de alcantarillado, además no cuenta con pavimento pero si con servicios públicos de agua y luz, como se puede observar en la figura 7.



Figura 7. Viviendas sin recolección de aguas residuales.



Figura 8. Ubicación de las zonas sin alcantarillado en el centro poblado de Otaré. Fuente: Google Earth, modificado por autores.

En la figura 8, tomada de Google Earth, se señala en rojo las zonas correspondiente a las viviendas sin servicio de alcantarillado, cabe resaltar que la zona señalada en la parte inferior con rojo, corresponde a la entrada del centro poblado de Otaré y la señalada en la parte superior corresponde a la salida del corregimiento de Otaré, vía que conduce al municipio del Carmen.

Viviendas con vertimientos directos. La cantidad de viviendas con vertimientos directos que hacen parte del corregimiento de Otaré es de 9 viviendas, en la figura 8, se observa una serie de viviendas que llevan poco tiempo de ser construidas las cuales no están incluidas dentro del sistema de recolección de aguas residuales por lo cual se ven obligadas a generar vertimientos

directos, estas viviendas se encuentran en la vía que conduce a la entrada del centro poblado de Otaré.



Figura 9. Viviendas de Otaré con vertimientos directos.

Vertimientos de alcantarillados al afluente. Los sistemas de alcantarillado existentes en Otaré tienen por separado su punto de vertimiento pero desembocan en el mismo afluente hídrico, mal conocida como la Cagona está quebrada al ser de un caudal pequeño como se observa en la figura 9, el estado físico del agua muestra un color oscuro lo que da a entender la alta carga contaminante producto de las aguas residuales que se vierten sin ningún tratamiento. También es notorio en la figura 10, observar la presencia de animales, como pollos y patos los cuales tienen como habitad la zona colindante a la quebrada y teniendo en cuenta que todo ser vivo necesita del preciado líquido para vivir la denominada quebrada la cagona es el único sustento.



Figura 10. Quebrada que recibe vertimientos del alcantarillado y vertimientos directos.

Resumen estados de los pozos de alcantarillado. Conociendo las problemáticas del corregimiento de Otaré debido a que el alcantarillado nuevo se encuentra en buen estado, la tabla 9 representa el estado de los pozos solo del alcantarillado viejo el cual amerita a su restauración arrojando un 28.6% de los pozos en mal estado.

Tabla 8

Estado de los pozos de alcantarillado viejo

Calificación	Numero de pozos	%
Excelente estado	0	0
Buen estado	6	42.8
Regular estado	4	28.6
Mal estado	4	28.6
TOTAL	14	100

Nota. La tabla muestra la cantidad de pozos según su estado y el valor porcentual de cada una.

Alcantarillado nuevo. Aunque el alcantarillado nuevo tiene poco tiempo de uso, sus falencias no corresponden a un mal diseño hidráulico o proceso constructivo si no a la inclusión de una conexión errada sin el sifón pertinente que evite el paso de los gases nocivos producto de los colectores, pues haciendo referencia al último pozo de inspección que recibe todas las aguas residuales del alcantarillado nuevo es el punto de mayor contaminación al cual se encuentra conectado una tubería que proviene del andén de una vivienda afectando a todos los habitantes del sector.

Por otro lado el polideportivo con que cuenta el corregimiento de Otaré, presenta una estructura hidráulica para su desagüe pluvial en mal estado, pues se observó que tenía las canaletas y bajantes de la cubierta en mal estado, produciendo estancamiento al momento de ocurrir una precipitación.



Figura 11. Falencias existentes del alcantarillado nuevo.

4.2 Elaborar el rediseño de los componentes del sistema de alcantarillado por medio del software de modelación Swmm 5vE.

4.2.1 Parámetros de cálculo para el diseño hidráulico. Para la elaboración de la evaluación hidráulica de la red de alcantarillado, es necesario conocer todos los parámetros que requiere la simulación en el software ya que el modelo a utilizar por el software es el de onda dinámica, se deben conocer los aportes o caudales que genera la población del corregimiento de Otaré para comprobar si la red existente está en capacidad de cubrir la demanda de todos los habitantes del corregimiento, teniendo en cuenta la simultaneidad que pueda generar, pues un flujo de mayores condiciones a la capacidad de operación existente en la red conllevaría a un mal funcionamiento.

Se debe tener en cuenta que por las condiciones actuales presentes en el objetivo anterior se habla de un alcantarillado convencional en donde algunos pozos de inspección también son cámaras de caída.

4.2.1.1 Estimación de población y nivel de complejidad del sistema. La población existente en el corregimiento de Otaré para el año en curso se obtiene mediante la información recolectada por los censos realizados por la entidad pública para la extensión rural por parte de la alcaldía municipal de Ocaña, denominada Unidad Básica de Atención a Otaré, en donde se representan mediante la siguiente tabla:

Tabla 9*Registros de población en Otaré*

Año	Población
2007	456
2013	468
2015	479

Nota. La tabla muestra la población registrada mediante censos en el corregimiento de Otaré. Fuente: Unidad Básica de Atención a Otaré UBA.

Debido a que los censos no están actualizados para el año en curso, se debe realizar una proyección de población para conocer el estimativo actual y futuro según corresponda el periodo de diseño teniendo en cuenta el nivel de complejidad.

Para la determinación del nivel de complejidad se hace uso de la resolución 1096 del 2000, en el que se establecen cuatro niveles para la asignación los cuales se muestran en la tabla 10, para el cálculo del nivel de complejidad es necesario conocer la población del centro poblado y tener un estimativo de su capacidad económica. Según la caracterización económica de la población utilizando las metodologías permitidas por el RAS, en el Título A.3.2, los salarios promedios del corregimiento corresponden a los estratos 1 y 2, los cuales son determinantes para un nivel de complejidad bajo, pues más del 50% del centro poblado de Otaré entra dentro de esta clasificación.

Posteriormente a establecer el nivel de complejidad, teniendo en cuenta que en nuestro caso se habla de una población pequeña no es necesario de realizar un análisis profundo para la proyección de población, como lo es un análisis de sensibilidad.

Tabla 10*Asignación del nivel de complejidad*

Nivel de complejidad	Población en la zona urbana (habitantes)	Capacidad económica de los usuarios
Bajo	< 2500	Baja
Medio	2501 a 12500	Baja
Medio Alto	12501 a 60000	Media
Alto	> 60000	Alta

Nota. La tabla muestra el rango de habitantes para determinar la asignación del nivel de complejidad del sistema.

Fuente: RAS 2000. Título D. Literal D.1.4.1

4.2.1.2 Definición del periodo de diseño. Según la clasificación para establecer el periodo de diseño de acuerdo a la norma técnica RAS, se define como parte del desarrollo de los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y/o pluviales. Como mínimo los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y/o pluviales deben proyectarse para 30 años en el caso de sistemas con nivel de complejidad alto y para 25 años en los demás sistemas. Según el nivel de complejidad anteriormente establecido el método a utilizar para un nivel bajo corresponde al aritmético, geométrico y exponencial, los cuales se pueden observar en la tabla 11.

4.2.1.3 Métodos de cálculo para las proyecciones de población. Los métodos de cálculo empleados para la proyección de población en el presente documento, son los recomendados por el RAS, en el numeral B.2.2.4 clasificados para cada nivel de complejidad según sea el caso.

Tabla 11*Método de cálculo para proyecciones según el nivel de complejidad*

Método por emplear	Nivel Bajo	Nivel Medio	Nivel Medio Alto	Nivel alto
Aritmético, geométrico y exponencial	X	X		
Aritmético, geométrico, exponencial, otros			X	X
Por componentes (demógrafo)			X	X
Detallar por zonas y detallar densidades			X	X
Método Grafico	X	X		

Nota. La tabla muestra los métodos permitidos según el nivel de complejidad del sistema para proyectar la población según el periodo de diseño. Fuente: RAS. Título B. Literal B.2.2.4.

El procedimiento de cálculo para proyectar la población según el nivel de complejidad bajo, teniendo en cuenta los métodos permitidos aritmético, geométrico y exponencial, se describen a continuación:

Método aritmético

$$P_f = P_{UC} + r (T_f - T_{UC})$$

$$r = \frac{P_{UC} - P_{Ci}}{T_{UC} - T_{Ci}}$$

Método geométrico

$$P_f = P_{UC} (1 + r)^{T_f - T_{UC}}$$

$$r = \left(\frac{P_{UC}}{P_{Ci}} \right)^{\frac{1}{(T_{UC} - T_{Ci})}} - 1$$

Método exponencial

$$P_f = P_{Ci} * e^{r(T_f - T_{Ci})}$$

$$r = \frac{\ln P_{UC} - \ln P_{Ci}}{T_{UC} - T_{Ci}}$$

En donde:

P_f = Población Futura

P_{UC} = Población último censo

P_{Ci} = Población censo inicial

T_f = Tiempo futuro

T_{UC} = Tiempo último censo

T_{Ci} = Tiempo censo inicial

r = Tasa de crecimiento

Para la determinación de la tasa de crecimiento se utilizan los censos históricos existentes de la zona de estudio, los cuales para los tres métodos mencionados anteriormente corresponden a los esbozados en la tabla 12. Posteriormente el cálculo de proyección de población por los distintos métodos se muestra en la tabla 13.

Tabla 12

Tasa de crecimiento según los distintos métodos

P_{UC}	P_{Ci}	T_{UC}	T_{Ci}	Crecimiento Aritmético	Crecimiento Geométrico	Crecimiento Exponencial
468	456	2013	2007	2.00	0.004338632	0.004329248

Tabla 12 Continuación

479	456	2015	2007	2.875	0.00616993	0.006150973
479	468	2015	2013	5.5	0.01168388	0.011616151
Promedio				3.458333	0.00739748	0.007365457

Nota. La tabla muestra la tabla de crecimiento dependiendo del método a utilizar.

Tabla 13

Proyecciones de población según el periodo de diseño

Año	Aritmético	Geométrico	Exponencial
2017	486	486	491
2018	489	490	494
2019	493	493	498
2020	496	497	502
2021	500	501	506
2022	503	504	509
2023	507	508	513
2024	510	512	517
2025	514	516	521
2026	517	519	524
2027	521	523	528
2028	524	527	532
2029	527	531	536
2030	531	535	540
2031	534	539	544
2032	538	543	548
2033	541	547	552
2034	545	551	556
2035	548	555	560
2036	552	559	565
2037	555	563	569
2038	559	567	573
2039	562	572	577
2040	566	576	581
2041	569	580	586

Nota. La tabla muestra la proyección de población según el periodo de diseño establecido, utilizando los distintos métodos para el nivel de complejidad bajo.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 13, la población de diseño a utilizar es la correspondiente al método aritmético, puesto que es el recomendado por el RAS para poblaciones pequeñas que por lo general tienen un crecimiento lineal y la población flotante es casi nula.

4.2.1.3 Aportes o contribuciones de aguas residuales. Corresponde al volumen de aguas residuales aportadas a un sistema de recolección y evacuación, integrado por las aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e institucionales. También se consideran otros aportes por malas conexiones de aguas lluvias y bajantes de los tejados al sistema de alcantarillado sanitario y también conexiones por infiltración de los suelos. En nuestro caso al tratarse de uno de los dos alcantarillados sanitarios existentes en Otaré, solo se tienen en cuenta las contribuciones domésticas, por conexiones erradas e infiltración.

Contribuciones domésticas (Q_D). Las contribuciones domésticas corresponden al caudal para cada tramo que conforma la red de alcantarillado de aguas residuales, por lo cual es de vital importancia conocer la demanda de agua potable, dado que se considera que del 100% de la demanda de agua por habitante, el 20 % lo consume el cuerpo humano y el 80 % restante es devuelto a los afluentes hídricos pero con una carga contaminante, de igual forma con respecto al diseño en este proyecto se considera que la tubería debe estar en capacidad de satisfacer el 100% de la demanda en relación a la evacuación, transporte y disposición final de las aguas residuales.

Siguiendo los lineamientos del RAS, para determinar el caudal de aguas residuales domésticas se utilizan las formulas descritas en el Titulo D, literal D.3.3.3.1, en donde se especifican tres tipos de ecuaciones que dependen del conocimiento que exista en la zona sobre la demanda de agua potable de la población, por lo que en este caso al no contar con información existente sobre la demanda de agua potable y el valor de las perdidas en el sistema, la norma recomienda emplear las dotaciones que se encuentran definidas en el Literal B.2.5 del Título B del RAS, especificadas en la tabla 15.

La ecuación a emplear es la siguiente:

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

En donde

Q_D = Caudal de aguas residuales domesticas (L/s)

C_R = Coeficiente de retorno (adimensional)

P = Número de habitantes Proyectados al periodo de diseño (hab)

D_{NETA} = Demanda neta de agua potable proyectada por habitante (L/hab/día)

Tabla 14*Coefficientes de retorno de aguas residuales domesticas*

Nivel de complejidad del sistema	Coefficiente de retorno
Bajo y Medio	0,80
Medio Alto y Alto	0,85

Nota. La tabla muestra los coeficientes de retorno dependiendo del nivel de complejidad del sistema a elegir.

Fuente: RAS Titulo D. Literal D.3.1

Tabla 15*Dotación por habitantes según el nivel de complejidad.*

Nivel de complejidad del sistema	Dotación neta (L/hab*día) climas templado y frio	Dotación neta (L/hab*día) clima cálido
Bajo	90	100
Medio	115	125
Medio alto	125	135
Alto	140	150

Nota. La tabla muestra la dotación neta según el nivel de complejidad y el clima cálido, templado y frio. Fuente:

RAS Titulo B. Literal B.2.5.2

Se obtuvo el número de habitantes proyectados al periodo de diseño (P), la población que se utilizó en cada tramo de tubería debe ser la correspondiente al área de dicho tramo, por lo cual es necesario hallar la densidad poblacional utilizando el área del casco urbano de Otaré obtenida del plan básico de ordenamiento territorial de Ocaña y la población total proyectada según el periodo de diseño calculado, para posteriormente multiplicar este valor de la densidad con el área correspondiente a cada tramo y se obtuvo el número de habitantes por tramos para las contribuciones domésticas.

Área total del centro poblado de Otaré = 5,874 Hectáreas

Población proyectada según el periodo de diseño = 569 habitantes

Densidad poblacional:

$$D = \frac{\text{Poblacion proyectada}}{\text{Area Otaré}}$$

$$D = \frac{569 \text{ hab.}}{5,874 \text{ ha}} = 96,87 \text{ hab/ha}$$

Cabe destacar que dentro de la zona de estudio donde se desarrolla el diseño para la optimización del sistema de alcantarillado no se tiene en cuenta contribuciones comerciales, institucionales e industriales, pues debido a la existencia de dos alcantarillados en el corregimiento de Otaré y por tratarse de una área de influencia rural, los pocos consumos por actividad comercial, institucional o industrial se encuentran ubicados dentro del área de operación del alcantarillado nuevo.

Contribuciones por conexiones erradas (Q_{CE}). Son los aportes de aguas lluvias que se deben considerar al sistema de alcantarillado de aguas residuales, proveniente de malas conexiones de bajantes de tejados y patios, puesto que depende de las medidas de control que se utilizan en la calidad de las conexiones domiciliarias. El caudal por conexiones erradas se debe calcular mediante el caudal medio diario de aguas residuales con previa justificación en llegado caso de tener un alto porcentaje de aguas lluvias en relación a las aguas residuales proponiendo un sistema independiente solo para aguas lluvias.

Para el cálculo de aportes por conexiones erradas para el mejoramiento del alcantarillado viejo, no se utilizó información por parte de la empresa prestadora de servicios públicos, debido a que no existe en la zona, por lo cual por recomendación de la norma técnica RAS 2000, cuando no existe un sistema de alcantarillado pluvial se utiliza un valor de 2 L/s*ha, para todos los casos de nivel de complejidad.

Contribuciones por infiltración (Q_{INF}). Corresponde a la infiltración de las aguas subsuperficiales a las redes de sistemas de alcantarillado residual, principalmente debido al nivel freático, fisuras en las tuberías, en la unión de tuberías con cámaras de inspección y demás estructuras, cuando no son completamente impermeables. La estimación de este valor depende de las condiciones de la rasante del suelo, su permeabilidad, las condiciones topográficas, la variación del nivel freático, entre otros aspectos a tener en cuenta, por lo cual ante la dificultad para determinar este valor que requiere de un estudio a profundidad, el aporte se puede obtener con base en los valores dados en la tabla 16. Cabe resaltar que la norma técnica RAS 2000, recomienda ecuaciones de aplicación para determinar la infiltración en redes de alcantarillado existentes dependiendo de su antigüedad, tanto para pozos como para tramos de tubería; para el cálculo del aporte de infiltración en el proyecto se utilizaron los valores de la tabla 16 ya que al aplicar las formulas recomendadas los valores resultan ser inferiores, por lo que para tener un mayor margen con respecto a la infiltración se toman los valores de la tabla.

Tabla 16*Aportes por infiltración*

Nivel de complejidad del Sistema	Infiltración alta (L/s. ha)	Infiltración media (L/s. ha)	Infiltración (L/s. ha)
Bajo y Medio	0,15 - 0,4	0,1 – 0,3	0,05 - 0,2
Medio Alto y Alto	0,15 – 0,4	0,1 – 0,3	0,05 – 0,2

Nota. La tabla muestra los valores de aportes que se pueden usar cuando no exista información para determinar el caudal de infiltración. Fuente: RAS Título D. Literal D.3.7

Caudal medio diario (Q_{MD}). El caudal medio diario de aguas residuales se determina para cada tramo de tubería entre pozo y pozo, la cual depende de las contribuciones domésticas, comerciales, institucionales, industriales. Para el caso del corregimiento de Otaré solo se tendrá en cuenta como caudal medio diario las contribuciones domésticas. $Q_{MD} = Q_D$

Caudal máximo horario (Q_{MH}). El caudal máximo horario corresponde al caudal medio diario multiplicado por un factor de mayoración. El factor de mayoración tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población. El valor del factor disminuye en la medida en que el número de habitantes considerados aumenta. Según el RAS TITULO D., (2012) nos dice que “el factor de mayoración debe calcularse, hasta donde sea posible, haciendo uso de mediciones de campo, en donde tengan en cuenta los patrones de consumo de la población y la medición de los caudales en las horas de mayor consumo” (p. 57). Cuando no es posible la determinación del factor por métodos directos, se puede utilizar las formulas propuestas recomendadas por la norma técnica RAS 2000, en la cual en su última actualización

denominada “RAS”, se puede calcular usando la ecuación empírica de Angeles en donde F se calcula en función del caudal medio diario, en litros por segundo, la formula debe ser aplicada para caudales medios entre 0.28 L/s y 4250 L/s.

Ecuación de Angeles:

$$F = \frac{3.53}{Q_{MD}^{0,0914}}$$

Donde:

F = Factor de mayoración (adimensional).

Q_{MD} = Caudal medio diario de aguas residuales (L/s).

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

El factor de mayoración F , se calculó para cada tramo de tubería y debió ser mayor o igual que 1,4 y según la norma técnica RAS (en su última actualización), el máximo valor del factor de mayoración debe limitarse de acuerdo con el tamaño de la población servida, (aunque aún no está en vigencia esta nueva norma), como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 17

Máximo factor de mayoración de acuerdo con la población servida

Población servida en número de habitantes	Factor de mayoración máximo
< 20.000	3,00
20.000 – 50.000	2,50
50.001 – 750.000	2,25
> 750.000	2,00

Nota. La tabla muestra el factor de mayoración máximo según la población servida. Fuente: RAS Título D.3.3.5.1

Caudal de diseño (Q_{DT}). Corresponde al caudal de diseño de cada tramo de la red de tuberías, se obtiene sumando el caudal máximo horario con los aportes por infiltración y conexiones erradas.

$$Q_{DT} = Q_{MH} + Q_{INF} + Q_{CE}$$

5.2.1.4 Ecuaciones de flujo uniforme para el diseño de tuberías fluyendo parcialmente

llenas. El software SWMM, emplea la ecuación de Manning para establecer la relación entre el caudal que circula por el conducto, en función de la sección de la misma o área mojada, del radio hidráulico, la pendiente y el coeficiente de rugosidad de Manning. La ecuación de Manning es aplicable únicamente para el caso de flujo uniforme turbulento hidráulicamente rugoso y la expresión original considerada en términos de velocidad, es la siguiente:

$$v = \frac{1}{n} * R^{2/3} * S_o^{1/2}$$

Expresada en términos de caudal se obtiene:

$$Q = \frac{1}{n} * A * R^{2/3} * S_o^{1/2}$$

En donde:

V = Velocidad media del flujo.

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

Q = Caudal del flujo.

R = Radio hidráulico.

A = Área mojada transversal.

S_o = Pendiente longitudinal de la tubería.

4.2.1.5 Ecuación para el cálculo del esfuerzo cortante. En tuberías de alcantarillado, se debe garantizar que los sedimentos que ingresen al sistema puedan moverse por la acción del flujo hacia aguas abajo de las tuberías. Para esto se debe garantizar un esfuerzo cortante mínimo el cual se encuentra establecido por la norma técnica RAS 2000 en su Título D. literal D.3.2.7, estableciendo que el valor del esfuerzo cortante medio debe ser mayor o igual a $1,5 \text{ N/m}^2$ ($0,15 \text{ kg/m}^2$) y en aquellos casos en los cuales, por las condiciones topográficas presentes, no sea posible alcanzar la velocidad mínima, debe verificarse que el esfuerzo cortante sea mayor que $1,2 \text{ N/m}^2$ ($0,12 \text{ kg/m}^2$) para asegurar el comportamiento autolimpiante del flujo. El esfuerzo cortante medio está dado por la siguiente expresión:

$$\tau = \gamma * R * S_o$$

En donde:

τ = Esfuerzo cortante medio.

γ = Peso específico del agua residual

R = Radio hidráulico de la sección.

S_o = Pendiente de la tubería.

4.2.1.6 Régimen de flujo. Con respecto al régimen de flujo, el flujo uniforme en una tubería o ducto de un sistema de alcantarillado, puede ser crítico, subcrítico o supercrítico, el cual para su escogencia está regido por el valor que se obtiene de la ecuación de Froude:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g * D}}$$

En donde:

Fr = Número de Froude (adimensional).

g = Aceleración de la gravedad (m/s^2).

D = Profundidad hidráulica (m).

v = Velocidad de flujo (m/s).

Los valores del número de Froude para determinar el régimen del flujo se realiza mediante los siguientes intervalos:

$$Fr = 1.0$$

$$Fr < 0.9$$

$$Fr > 1.1$$

Cuando el número de Froude es igual a 1, se dice que el régimen del flujo se encuentra en condiciones críticas, menor que 0.9, subcrítico y mayor que 1.1 supercrítico. Según un estudio realizado por (Villadiego Monterroza, 2004), en una monografía dice que, cuando el flujo es crítico y cuasicrítico, es decir cuando el número de Froude se encuentra entre 0.7 y 1.5 aproximadamente, se caracteriza por su inestabilidad y variabilidad de la profundidad de flujo

alrededor de la profundidad crítica de flujo. Por consiguiente, es recomendable evitar aquellas velocidades de flujo que impliquen un número de Froude en este intervalo.

Si el régimen de flujo es supercrítico, el diseño debe poner especial cuidado en la posible generación de ondas traslacionales en las tuberías. La presencia de este tipo de ondas va acompañada de generación de ruidos molestos en las tuberías de alcantarillados, así como posibles problemas de socavación en las cámaras o pozos de inspección aguas abajo.

4.2.1.7 Opciones del modelo hidráulico de simulación en Swmm 5vE. El software SWMM es un modelo de simulación que en su formulación emplea las ecuaciones de la conservación de la masa, de la energía y de la cantidad de movimiento tanto para el flujo gradualmente variado como para el flujo transitorio (es decir, las ecuaciones de Saint Venant).

Para ello existen tres modelos hidráulicos de transporte:

Modelo de flujo uniforme. Representa la forma más simple del comportamiento del agua en el interior de los conductos. Este tipo de modelo hidráulico no puede tener en cuenta el almacenamiento de agua que se produce en los conductos, los fenómenos de resalto hidráulico, las pérdidas a la entrada y salida de los pozos de registro, el flujo inverso o los fenómenos de flujo presurizado.

Modelo de onda cinemática. El modelo de onda cinemática permite que tanto el caudal como el área varíen espacial como temporalmente en el interior del conducto. Este modelo de transporte no puede considerar efectos como el resalto hidráulico, las pérdidas en las entradas o salidas de los pozos, el flujo inverso o el flujo presurizado, así como su aplicación está restringida únicamente a redes ramificadas.

Modelo de onda dinámica. El modelo de onda dinámica resuelve las ecuaciones completas unidimensionales de Saint Venant y por lo tanto teóricamente genera los resultados más precisos. Este modelo puede contemplar efectos como el almacenamiento en los conductos, los resaltos hidráulicos, las pérdidas de entrada y salida en los pozos, el flujo inverso y el flujo presurizado.

El modelo hidráulico utilizado tanto para la modelación del alcantarillado existente como para el diseño del nuevo alcantarillado corresponde al modelo de onda dinámica, ya que presenta un mejor comportamiento en el reconocimiento de las variables a tener en cuenta.

4.2.2 Evaluación hidráulica de alcantarillado existente. Para la evaluación del alcantarillado existente a manera de simplificar toda la información necesaria para la modelación en el software Swmm 5vE, se muestra en las siguientes tablas, basados en los parámetros establecidos en el literal anterior **4.2.1**.

Tabla 18*Parámetros para la modelación hidráulica*

Tramo entre pozos		Área (Ha)	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Q doméstico (LPS)	Factor de mayoración
Del pozo	Al pozo					
1	2	0,1249000	54,48	152,4	0,0100823	5,442443988
8	7	0,0991790	63,25	152,4	0,00800602	5,569397806
10	9	0,0910200	24,52	152,4	0,00734744	5,617412656
9	7	0,0484750	35,87	152,4	0,01126048	5,382626151
7	6	0,0811971	26,27	152,4	0,02582098	4,953961813
6	5	0,0394447	26,7	152,4	0,02900507	4,896689089
5	4	0,0147635	24,68	152,4	0,03019682	4,877011678
10	11	0,0500345	36,45	152,4	0,00403893	5,963802538
11	12	0,0340506	36,74	152,4	0,0067876	5,662110067
12	13	0,0897479	45,83	152,4	0,01403232	5,26546799
13	14	0,1366624	96,44	152,4	0,02506411	4,968721829
14	4	0,0205297	67,06	152,4	0,02672133	4,93701116
4	3	0,0309788	28,86	152,4	0,05941886	4,557823343
3	2	0,0097738	17,87	152,4	0,06020783	4,551815176
2	Final	0.0000000	30,5	152,4	0,07029013	4,48188268

Nota. La tabla muestra los parámetros iniciales para introducir los valores necesarios en la modelación.

Con la información obtenida en tablas para la modelación, debido a que el software Swmm 5vE, no registra el consumo de las áreas tributarias para alcantarillados sanitarios, fue necesario determinar el caudal de diseño de cada tramo, para posteriormente introducirlos al software como aportes directos en cada conexión o pozo de inspección. Los aportes que presenta el software de modelación Swmm 5vE, según su clasificación se encuentran explicados en el literal

4.3.1

Tabla 19*Parámetros de aportes para la simulación hidráulica*

TRAMO entre pozos		QMH	QCE	QINF	QDT	QDTadopt
Del pozo	Al pozo	L/S	L/S	L/s	L/S	L/S
1	2	0,054176243	0,2498	0,03747	0,341446243	1,5
8	7	0,043935868	0,198358	0,0297537	0,272047568	1,5
10	9	0,04063926	0,18204084	0,02730613	0,24998928	1,5
9	7	0,059898979	0,27899084	0,04184863	0,38072092	1,5
7	6	0,127318953	0,63974304	0,09596146	0,86306742	1,5
6	5	0,141507185	0,71863244	0,10779487	0,96794251	1,5
5	4	0,146780205	0,74815944	0,11222392	1,00717382	1,5
10	11	0,023595467	0,100069	0,01501035	0,13869615	1,5
11	12	0,037815685	0,1681702	0,02522553	0,23125852	1,5
12	13	0,073157104	0,3476661	0,05214992	0,47291297	1,5
13	14	0,123923503	0,62099096	0,09314864	0,83803195	1,5
14	4	0,131346342	0,66205036	0,09930755	0,89272191	1,5
4	3	0,271495314	1,47216752	0,22082513	1,96444923	1,96
3	2	0,274768805	1,49171522	0,22375728	1,9902496	1,99
2	Final	0,316273583	1,74151522	0,26122728	2,3190129	2,31

Nota. La tabla muestra los valores finales de aportes para introducir en la modelación en Swmm 5vE.

Los valores utilizados para determinar el área de las contribuciones que posteriormente generan los aportes para cada tramo se determinaron mediante el plano en planta de la localización geoespacial del casco urbano de Otaré tomado del plan básico de ordenamiento territorial de Ocaña, en donde debido a la inspección visual realizada, muchas de estas delimitaciones obtenidas del plano se debieron ajustar mediante la utilización de google Earth, puesto que las viviendas construidas correspondían a áreas menores a las consideradas en la totalidad de los predios según el plano. Por consiguiente en la figura 11, se muestran las áreas reales utilizadas para la modelación del alcantarillado viejo en donde la información de cada segmento de área se exportó de google Earth a AutoCAD mediante la aplicación CAD-Earth.

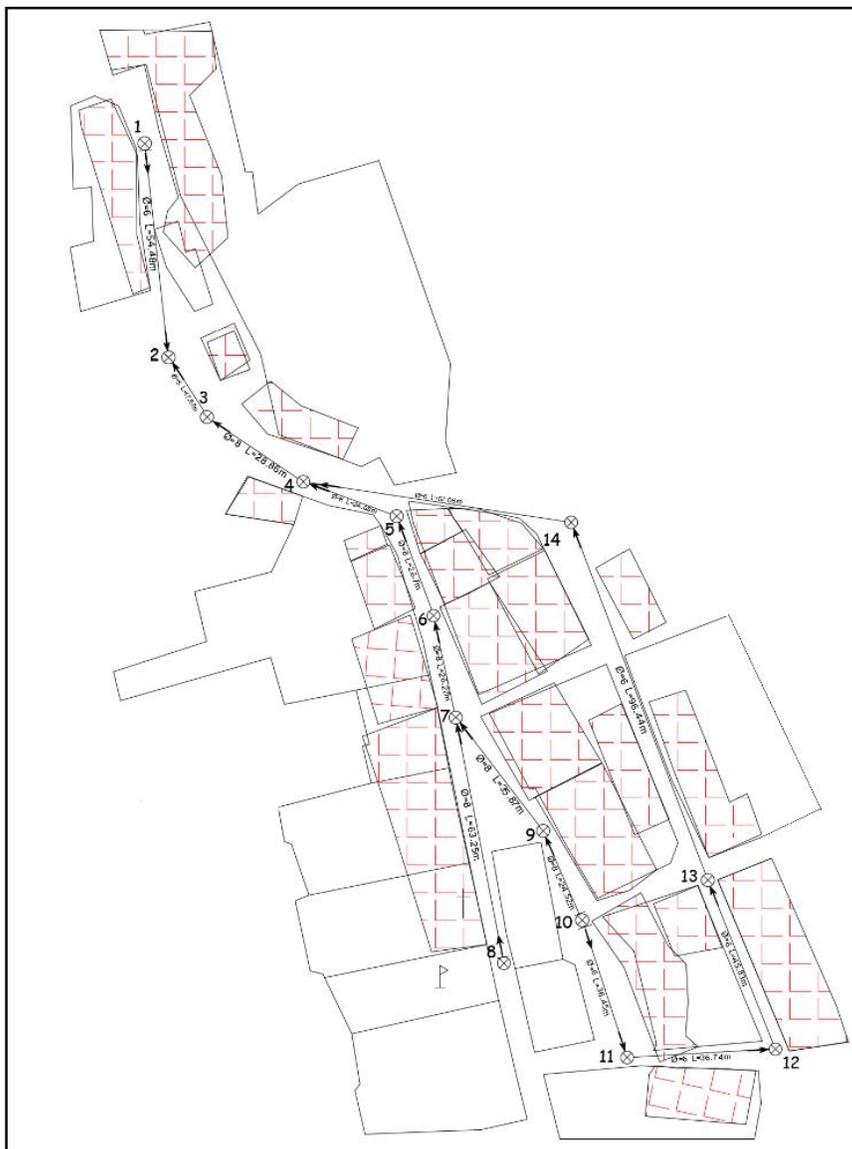


Figura 12. Plano en planta con áreas de contribuciones domesticas alcantarillado viejo.

4.2.2.1 Análisis y resultados de modelación. Para la realización de la modelación, teniendo en cuenta las condiciones anteriores con respecto al diámetro calculado para cada tramo de tubería, debido a que el software solo cumple la función de simular, se utilizó un diámetro de 6 pulgadas, correspondiente al diámetro actual de los conductos existentes en la red de alcantarillado viejo del corregimiento de Otaré.

Tabla 20*Resultados de modelación tramos de tubería*

Línea	Caudal (LPS)	Nivel (m)	Velocidad (m/s)	Nº Froude	Capacidad
Tramo1-2	1.50	0.02	1.11	3.07	0.13
Tramo8-7	1.50	0.04	0.47	0.96	0.23
Tramo10-9	1.02	0.02	0.87	2.53	0.12
Tramo9-7	2.52	0.04	0.78	1.58	0.23
Tramo7-6	5.52	0.05	1.10	1.87	0.32
Tramo6-5	7.02	0.05	1.28	2.11	0.34
Tramo5-4	8.52	0.06	1.15	1.66	0.42
Tramo10-11	0.61	0.02	0.52	1.52	0.12
Tramo11-12	2.11	0.03	0.68	1.39	0.23
Tramo12-13	3.61	0.04	0.99	1.90	0.25
Tramo13-14	5.07	0.07	0.57	0.75	0.49
Tramo14-4	6.55	0.05	1.20	1.97	0.34
Tramo4-3	16.94	0.09	1.58	1.90	0.57
Tramo3-2	18.82	0.09	1.78	2.14	0.56
Tramo2-Final	22.53	0.08	2.16	2.62	0.56

Nota. La tabla muestra los resultados de las propiedades hidráulicas presentes en los tramos de tubería modelados en Swmm 5vE.

Debido a las condiciones del régimen del flujo obtenido de la tabla 20, según el número de Froude, algunos tramos de tubería trabajan a flujo crítico, por lo que para realizar cualquier optimización es necesario mejorar las pendientes de la tubería a fin de solucionar este inconveniente. En lo que respecta a las velocidades, todos los tramos de tubería cumplen con la velocidad mínima establecida por la norma que no debe ser menor de 0.45 m/s.

Tabla 21*Resultado resumen de líneas*

Nombre	Nudo Inicial	Nudo Final	Tipo	Longitud	% Pdte.	Rugosidad
Tramo1-2	1	2	CONDUIT	54.5	4.4096	0.0130

Tabla 21 Continuación

Tramo8-7	8	7	CONDUIT	63.2	1.5812	0.0130
Tramo7-6	7	6	CONDUIT	26.3	1.9037	0.0130
Tramo6-5	6	5	CONDUIT	26.7	1.8730	0.0130
Tramo5-4	5	4	CONDUIT	24.7	6.0891	0.0130
tramo4-3	4	3	CONDUIT	28.9	1.7328	0.0130
Tramo3-2	3	2	CONDUIT	17.9	2.2389	0.0130
Tramo2-Final	2	15	CONDUIT	60.0	3.3352	0.0130
Tramo10-9	10	9	CONDUIT	24.5	3.0602	0.0130
Tramo9-7	9	7	CONDUIT	35.9	1.0594	0.0130
Tramo10-11	10	11	CONDUIT	36.5	1.0975	0.0130
Tramo11-12	11	12	CONDUIT	36.7	1.3610	0.0130
Tramo12-13	12	13	CONDUIT	45.8	1.5276	0.0130
Tramo13-14	13	14	CONDUIT	96.4	0.2074	0.0130
Tramo14-4	14	4	CONDUIT	67.1	1.6405	0.0130

Nota. La tabla muestra los datos de la tubería que se tuvieron en cuenta en la modelación en Swmm 5vE.

Tabla 22

Resumen de secciones transversales

Conducto	Forma Geom.	Nivel Lleno	Área Lleno	Rad. Hid.	Ancho Máximo	Nº de Tramos	Caudal Lleno
Tramo1-2	CIRCULAR	0.15	0.02	0.04	0.15	1	43.37
Tramo8-7	CIRCULAR	0.15	0.02	0.04	0.15	1	25.97
Tramo7-6	CIRCULAR	0.15	0.02	0.04	0.15	1	28.50
Tramo6-5	CIRCULAR	0.15	0.02	0.04	0.15	1	28.27
Tramo5-4	CIRCULAR	0.15	0.02	0.04	0.15	1	50.97
tramo4-3	CIRCULAR	0.15	0.02	0.04	0.15	1	27.19
Tramo3-2	CIRCULAR	0.15	0.02	0.04	0.15	1	30.91
Tramo2-Final	CIRCULAR	0.15	0.02	0.04	0.15	1	37.72
Tramo10-9	CIRCULAR	0.15	0.02	0.04	0.15	1	36.13
Tramo9-7	CIRCULAR	0.15	0.02	0.04	0.15	1	21.26
Tramo10-11	CIRCULAR	0.15	0.02	0.04	0.15	1	21.64
Tramo11-12	CIRCULAR	0.15	0.02	0.04	0.15	1	24.10
Tramo12-13	CIRCULAR	0.15	0.02	0.04	0.15	1	25.53
Tramo13-14	CIRCULAR	0.15	0.02	0.04	0.15	1	9.41
Tramo14-4	CIRCULAR	0.15	0.02	0.04	0.15	1	26.46

Nota. La tabla muestra el resumen de las propiedades hidráulicas según la modelación realizada en Swmm 5vE.

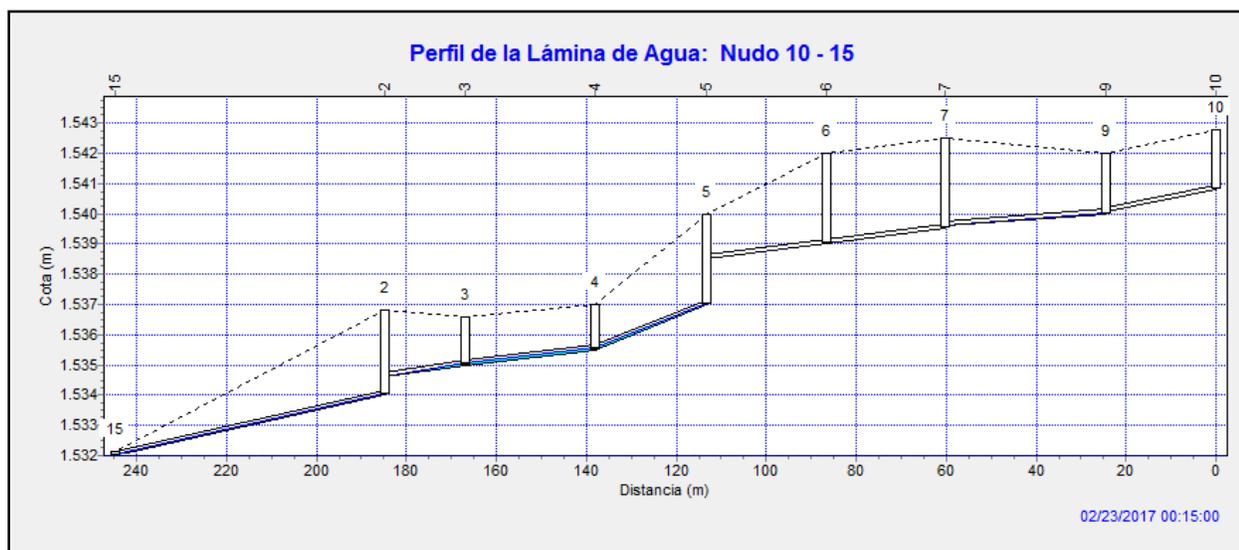


Figura 13. Perfil de alcantarillado viejo desde el pozo 10 hasta el punto de vertimiento.

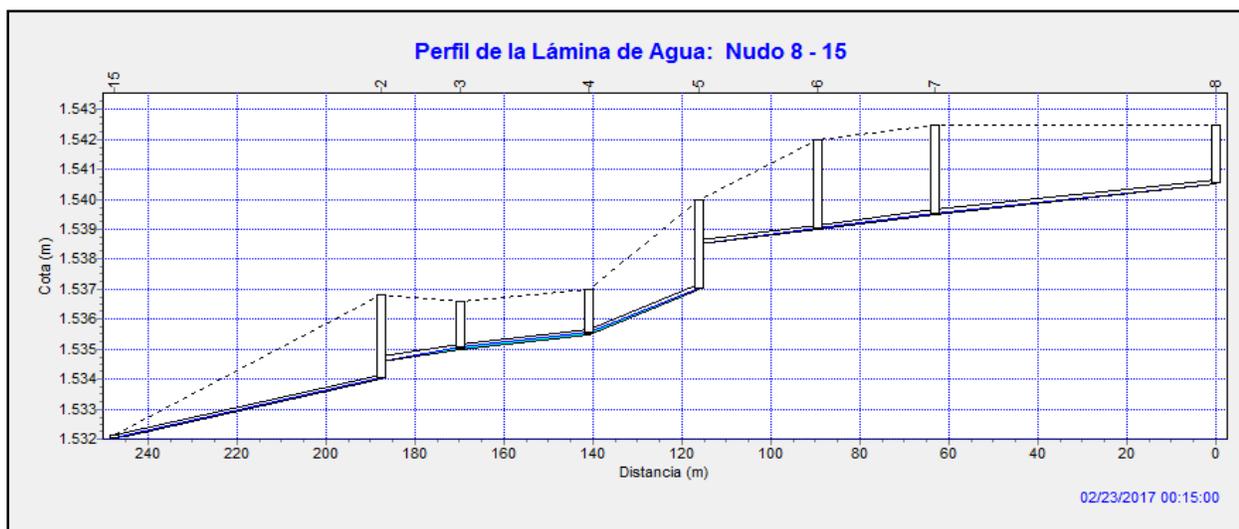


Figura 14. Perfil de alcantarillado viejo desde el pozo 8 hasta el punto de vertimiento.

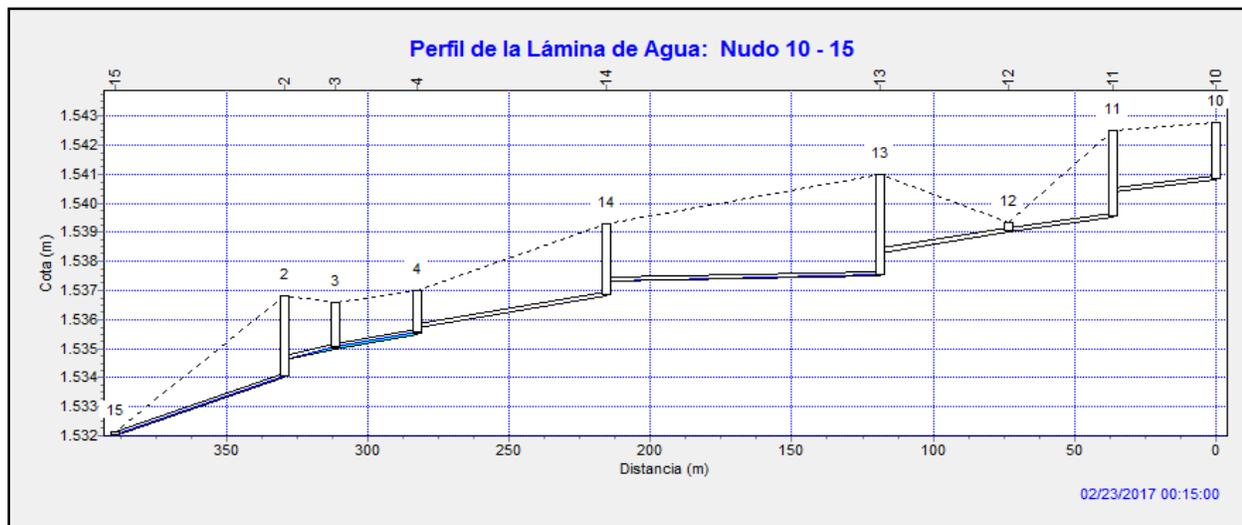


Figura 15. Perfil de alcantarillado viejo desde el pozo 10” hasta el punto de vertimiento.

4.2.3 Evaluación hidráulica de alcantarillado proyectado. Para el mejoramiento del alcantarillado viejo existente en el corregimiento de Otaré, se propuso un aumento en el diámetro de la tubería que actualmente corresponde a 6 pulgadas y se incluyeron cinco nuevos tramos de tubería a la red existente teniendo en cuenta que el alcantarillado proyectado cuenta en su totalidad con el diseño de cada uno de los elementos que hacen parte del sistema de alcantarillado. Al igual que la modelación del alcantarillado viejo, para el alcantarillado proyectado también se realizó el cálculo para determinar el caudal de diseño para cada tramo de tubería, teniendo en cuenta los nuevos tramos que complementan el sistema de alcantarillado los cuales corresponden a las siguientes tablas:

Tabla 23*Parámetros para la modelación hidráulica*

TRAMO entre pozos		Área (Ha)	Longitud (m)	Qdoméstico LPS	Factor de mayoración
Del pozo	Al pozo				
1+	2+	0,12113926	75,24	0,00977872	5,38843851
2+	1	0,03971431	35,87	0,01298458	5,25058152
1	2	0,20207534	54,48	0,0292967	4,87424642
8	7	0,20926639	63,25	0,0168926	5,12581868
10	9	0,03358562	24,52	0,00271113	6,05877402
9	7	0,03525949	35,87	0,00555738	5,67405539
7	6	0,09022186	26,27	0,02973296	4,86766565
6	5	0,1071704	26,7	0,03838407	4,75535891
5	4	0,03653987	24,68	0,04133368	4,72328896
10	11	0,03957853	36,45	0,0031949	5,9685297
4+	11	0,03719666	23,76	0,00300262	6,00248539
11	12	0,0340506	36,74	0,00894619	5,43244077
12	13	0,1823559	45,83	0,02366649	4,97025722
10	13	0,03456712	32,65	0,00279036	6,04284363
13	3+	0,16101439	59,76	0,03945441	4,74341988
7	3+	0,04953319	41,85	0,00399847	5,84738448
3+	14	0,08751281	35,7	0,05051717	4,63746216
14	4	0,05780944	67,06	0,05518372	4,6001626
4	3	0,06224113	28,86	0,10154169	4,35078287
3	2	0,02379831	17,87	0,10346276	4,34333616
2	Final	0.00000000	30,5	0,13275945	4,2454773

Nota. La tabla muestra los parámetros iniciales necesarios en la modelación.

Para el registro de los nuevos tramos de tubería, también se proyectó la ubicación de cuatro pozos de inspección nuevos con los cuales se conectarán los nuevos tramos de tubería, aunque cabe aclarar que el nuevo diseño de alcantarillado conservará la misma ubicación de los pozos de inspección del alcantarillado viejo, pero no las mismas estructuras existentes puesto que éstas se encuentran en muy mal estado.

Tabla 24*Parámetros de aportes para la simulación hidráulica*

TRAMO entre pozos		QMH	QCE	QINF	QDT	QDTadopt
Del pozo	Al pozo	L/S	L/S	L/s	L/S	L/S
1+	2+	0,05263616	0,24227852	0,03634178	0,33135646	1,5
2+	1	0,06815373	0,32170714	0,04825607	0,43811694	1,5
1	2	0,14279009	0,72585782	0,10887867	0,97752658	1,5
8	7	0,08657781	0,41853278	0,06277992	0,56790905	1,5
10	9	0,01643339	0,06717124	0,01007569	0,09367032	1,5
9	7	0,03157214	0,13769022	0,02065353	0,18987159	1,5
7	6	0,14479888	0,73666672	0,11050001	0,99186561	1,5
6	5	0,18255221	0,95100752	0,14265113	1,27611086	1,5
5	4	0,19520103	1,02408726	0,15361309	1,37290138	1,5
10	11	0,01908469	0,07915706	0,01187356	0,11001531	1,5
4+	11	0,01800787	0,07439332	0,011159	0,10356019	1,5
11	12	0,04853856	0,22165158	0,03324774	0,30343787	1,5
12	13	0,11769948	0,58636338	0,08795451	0,79191737	1,5
10	13	0,01687108	0,06913424	0,01037014	0,09637546	1,5
13	3+	0,18716324	0,9775264	0,14662896	1,31130186	1,5
7	3+	0,02338954	0,09906638	0,01485996	0,13730173	1,5
3+	14	0,23423151	1,2516184	0,18774276	1,67361267	1,67
14	4	0,25385116	1,36723728	0,20508559	1,82617403	1,83
4	3	0,44172506	2,5158068	0,37737102	3,33490288	3,33
3	2	0,44938827	2,56340342	0,38451051	3,39728022	3,40
2	Final	0,56367835	3,28926124	0,49338919	4,34627878	4,35

Nota. La tabla muestra los valores finales de aportes para introducir en la modelación en Swmm 5vE.

Con el fin de dar cabida a un mayor número de usuarios, considerando que el corregimiento de Otaré, con el pasar de los años conllevará a un crecimiento poblacional representado en nuevas construcciones, para calcular el caudal de diseño se tuvieron en cuenta algunas áreas tributarias que actualmente son zonas libres para la construcción de viviendas y desarrollo del casco urbano de Otaré.

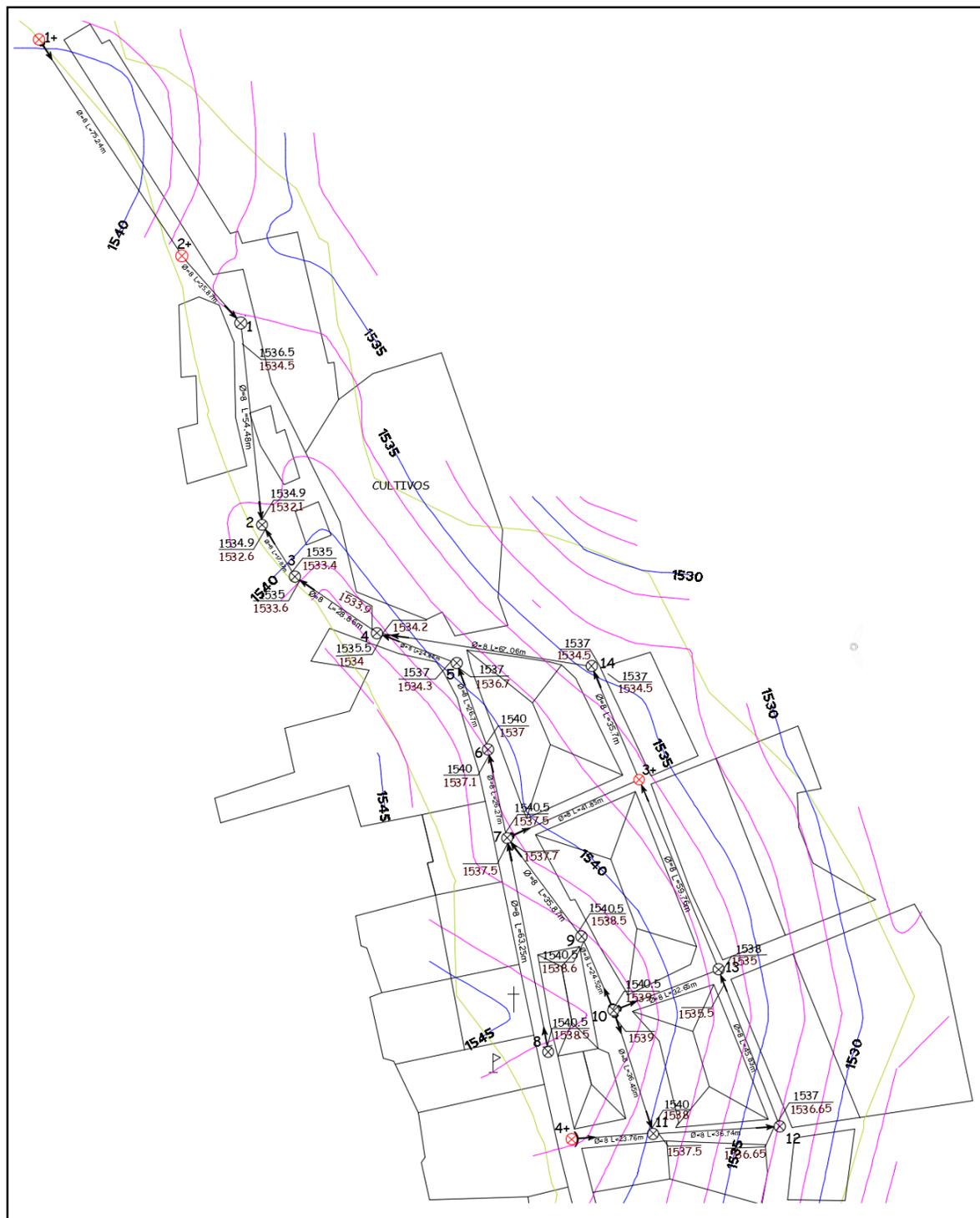


Figura 16. Plano en planta del alcantarillado viejo proyectado.

4.2.3.1 Análisis y resultados de modelación. La modelación del alcantarillado proyectado se utilizó el mismo orden y numeración que el alcantarillado viejo, teniendo en cuenta que la numeración de los pozos de inspección proyectados están seguidos por el signo “+”.

Tabla 25

Resumen de modelación en líneas

Línea	Caudal (LPS)	Nivel (m)	Velocidad (m/s)	Nº Froude	Capacidad
Tramo1+-2+	1.5	0.3	0.62	1.11	0.17
Tramo2+-1	3.0	0.3	0.87	1.79	0.19
Tramo1-2	4.50	0.03	1.41	2.97	0.18
Tramo8-7	1.50	0.03	0.58	1.33	0.15
Tramo10-9	1.63	0.02	0.92	2.39	0.12
Tramo9-7	3.13	0.04	0.76	1.47	0.21
Tramo7-6	6.13	0.05	1.18	2.09	0.25
Tramo6-5	7.63	0.04	1.55	2.79	0.24
Tramo5-4	9.13	0.04	1.84	3.31	0.25
Tramo10-11	1.50	0.03	0.62	1.46	0.15
Tramo4+-11	1.50	0.03	0.49	1.06	0.17
Tramo11-12	4.50	0.04	1.05	1.98	0.22
Tramo12-13	6.00	0.06	0.83	1.28	0.32
Tramo10-13	1.50	0.04	0.31	0.55	0.24
Tramo13-3+	9.00	0.07	0.98	1.38	0.38
Tramo7-3+	1.50	0.04	0.32	0.59	0.24
Tramo3+-14	12.10	0.08	1.17	1.56	0.42
Tramo14-4	13.80	0.09	1.15	1.43	0.47
Tramo4-3	26.13	0.10	1.69	1.84	0.57
Tramo3-2	29.43	0.11	1.88	2.03	0.58
Tramo2-Final	38.13	0.11	2.28	2.37	0.61

Nota. La tabla muestra los resultados de las propiedades hidráulicas presentes en los tramos de tubería modelados en Swmm 5vE.

Tabla 26*Resumen de líneas*

Nombre	Nudo Inicial	Nudo Final	Tipo	Longitud	%Pdte.	Rugosidad
Tramo1-2	Pozo1	2	CONDUIT	54.5	4.4096	0.0130
Tramo8-7	8	7	CONDUIT	63.2	1.1068	0.0130
Tramo7-6	7	6	CONDUIT	26.3	1.9037	0.0130
Tramo6-5	6	5	CONDUIT	26.7	3.7479	0.0130
Tramo5-4	5	4	CONDUIT	24.7	5.2747	0.0130
tramo4-3	4	3	CONDUIT	28.9	1.7328	0.0130
Tramo3-2	3	2	CONDUIT	17.9	2.7991	0.0130
Tramo2-Final	2	15	CONDUIT	60.0	3.3352	0.0130
Tramo10-9	10	9	CONDUIT	24.5	3.0602	0.0130
Tramo9-7	9	7	CONDUIT	35.9	1.0594	0.0130
Tramo10-11	20	11	CONDUIT	36.5	1.0975	0.0130
Tramo11-12	11	12	CONDUIT	36.7	1.9056	0.0130
Tramo12-13	12	13	CONDUIT	45.8	2.1825	0.0130
Tramo13-3+	13	16	CONDUIT	59.8	0.8367	0.0130
Tramo14-4	14	4	CONDUIT	67.1	1.0439	0.0130
Tramo3+-14	16	14	CONDUIT	35.7	1.9612	0.0130
Tramo7-3+	22	16	CONDUIT	41.9	4.7844	0.0130
Tramo10-13	21	13	CONDUIT	32.6	8.6075	0.0130
Tramo1+-2+	18	17	CONDUIT	75.2	1.3292	0.0130
Tramo2+-1	17	Pozo1	CONDUIT	35.9	1.3941	0.0130
Tramo4+-11	19	11	CONDUIT	23.8	2.1048	0.0130

Nota. La tabla muestra el resumen de los valores necesarios utilizados en la modelación en Swmm 5vE.

Según el resultado de la modelación con respecto al régimen de flujo, como se puede observar en la tabla 25, todos los tramos de tubería cumplieron con el régimen supercrítico, a excepción de los tramos que van del pozo 10 al pozo 13, y el tramo que va del pozo 7 al pozo 3+, en donde el régimen de flujo es subcrítico, por consiguiente también se observa que su velocidad es mucho menor que la mínima establecida por la norma correspondiente a 0,45 m/s. En este caso se realiza un aumento en la pendiente de estos tramos de tubería con el fin de evitar fallas en su sistema hidráulico.

Tabla 27*Resumen de secciones transversales*

Conducto	Forma Geom.	Nivel Lleno	Área Lleno	Rad. Hid.	Ancho Máximo	Nº de Tramos	Caudal Lleno
Tramo1-2	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	63.30
Tramo8-7	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	31.71
Tramo7-6	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	41.59
Tramo6-5	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	58.36
Tramo5-4	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	69.23
tramo4-3	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	39.68
Tramo3-2	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	50.43
Tramo2-Final	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	55.05
Tramo10-9	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	52.73
Tramo9-7	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	31.03
Tramo10-11	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	31.58
Tramo11-12	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	41.61
Tramo12-13	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	44.53
Tramo13-3+	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	27.57
Tramo14-4	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	30.80
Tramo3+-14	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	42.21
Tramo7-3+	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	65.94
Tramo10-13	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	88.44
Tramo1+-2+	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	34.75
Tramo2+-1	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	35.59
Tramo4+-11	CIRCULAR	0.18	0.03	0.05	0.18	1	43.73

Nota. La tabla muestra los resultados de las propiedades de los tramos de tubería calculadas en la modelación en Swmm 5vE.

En la tabla 27 se observa el resumen del comportamiento hidráulico en la sección transversal de cada uno de los tramos de tubería, en donde se muestra el nivel a tuvo lleno correspondiente a 0.18 metros, para todos los conductos ya que todos los tramos se trabajaron con el mismo diámetro el nivel a tuvo lleno corresponde también al diámetro interno real de la tubería. Al igual que el área a tuvo lleno en metros cuadrados, el radio hidráulico y el ancho máximo dado en metros, al tratarse del mismo diámetro de tubería para todo el sistema de alcantarillado sanitario, los valores en la tabla no varían. La última columna de la tabla

correspondiente al caudal a tuvo lleno, varia debido al caudal acumulado que transporta cada uno de los tramos de tubería que dependen de las áreas tributarias previamente establecidas.

Tabla 28

Resumen de nudos

Nombre	Tipo	Cota de Fondo	Prof. Máxima	Área Inundada	Aportes Externos
Pozo1	JUNCTION	1536.50	2.00	0.0	Yes
2	JUNCTION	1534.00	2.00	0.0	Yes
3	JUNCTION	1534.50	2.00	0.0	Yes
4	JUNCTION	1535.00	2.00	0.0	Yes
5	JUNCTION	1536.50	2.00	0.0	Yes
6	JUNCTION	1538.00	2.00	0.0	Yes
7	JUNCTION	1538.50	2.00	0.0	Yes
8	JUNCTION	1539.20	2.00	0.0	Yes
9	JUNCTION	1539.00	2.00	0.0	Yes
10	JUNCTION	1539.80	2.00	0.0	Yes
11	JUNCTION	1539.00	2.00	0.0	Yes
12	JUNCTION	1538.00	1.50	0.0	Yes
13	JUNCTION	1537.00	2.00	0.0	Yes
14	JUNCTION	1535.80	2.00	0.0	Yes
16	JUNCTION	1536.50	2.00	0.0	Yes
17	JUNCTION	1537.00	2.00	0.0	Yes
18	JUNCTION	1538.00	2.00	0.0	Yes
19	JUNCTION	1539.50	2.00	0.0	Yes
20	JUNCTION	1539.80	2.00	0.0	Yes
21	JUNCTION	1539.80	2.00	0.0	Yes
22	JUNCTION	1538.50	2.00	0.0	Yes
15	OUTFALL	1532.00	1.50	0.0	

Nota. La tabla muestra los datos introducidos en los nudos o pozos de inspección necesarios para la modelación en Swmm 5vE.

En la tabla 28, se muestra toda la información necesaria para los pozos de inspección en el cual la cota de fondo representa la cota de batea para la mayoría de los tramos de tubería, el nudo 15 ubicado al final de la primer columna de la tabla 28, representa el punto de vertimiento ya que al trabajar con el modelo de onda dinámica, según el software Swmm 5vE, es necesario

establecer un punto de vertimiento antes del emisario final en donde desembocan las aguas residuales. La profundidad utilizada para los pozos de inspección en el nuevo diseño de alcantarillado sanitario corresponde a la profundidad máxima que muestra la tabla.

Tabla 29

Resumen de nivel en nudos

Nudo	Tipo	Nivel Máximo Metros	Nivel Medio Metros	Altura Máxima Metros	Instante Nivel Máx. días hr:min
Pozol	JUNCTION	0.03	0.03	1536.53	0 00:11
2	JUNCTION	0.11	0.11	1534.11	0 08:55
3	JUNCTION	0.10	0.10	1534.60	0 18:33
4	JUNCTION	0.11	0.11	1535.11	0 13:24
5	JUNCTION	0.04	0.04	1536.54	0 02:10
6	JUNCTION	0.04	0.04	1538.04	0 19:32
7	JUNCTION	0.05	0.05	1538.55	0 19:11
8	JUNCTION	0.03	0.03	1539.23	0 00:19
9	JUNCTION	0.04	0.04	1539.04	0 15:31
10	JUNCTION	0.02	0.02	1539.82	0 01:34
11	JUNCTION	0.04	0.04	1539.04	0 03:09
12	JUNCTION	0.05	0.05	1538.05	0 03:09
13	JUNCTION	0.07	0.07	1537.07	0 00:09
14	JUNCTION	0.09	0.09	1535.89	0 06:24
16	JUNCTION	0.07	0.07	1536.57	0 00:12
17	JUNCTION	0.04	0.04	1537.04	0 00:07
18	JUNCTION	0.03	0.03	1538.03	0 00:21
19	JUNCTION	0.02	0.02	1539.52	0 00:19
20	JUNCTION	0.03	0.03	1539.83	0 00:57
21	JUNCTION	0.02	0.02	1539.82	0 00:05
22	JUNCTION	0.02	0.02	1538.52	0 00:08
15	OUTFALL	0.11	0.11	1532.11	0 07:55

Nota. La tabla muestra el resumen del nivel del agua residual en los pozos de inspección modelados en Swmm 5vE.

Tabla 30*Resumen de aportes en nudos*

Nudo	Tipo	Aporte Lateral Máximo LPS	Aporte Total Máximo LPS	Instante de Aporte Máximo días hr:min	Volumen Aporte Lateral 10⁶ ltr	Volumen Aporte Total 10⁶ ltr
Pozo1	JUNCTION	1.50	4.50	0 00:08	0.124	0.372
2	JUNCTION	4.20	38.13	0 20:20	0.348	3.151
3	JUNCTION	3.30	29.43	0 16:41	0.273	2.432
4	JUNCTION	3.20	26.13	0 16:40	0.265	2.159
5	JUNCTION	1.50	9.13	0 12:29	0.124	0.755
6	JUNCTION	1.50	7.63	0 12:29	0.124	0.631
7	JUNCTION	1.50	6.13	0 01:09	0.124	0.507
8	JUNCTION	1.50	1.50	0 00:00	0.124	0.124
9	JUNCTION	1.50	3.29	0 00:00	0.124	0.259
10	JUNCTION	1.63	1.63	0 00:00	0.135	0.135
11	JUNCTION	1.50	4.50	0 00:23	0.124	0.372
12	JUNCTION	1.50	6.00	0 03:09	0.124	0.496
13	JUNCTION	1.50	9.00	0 00:29	0.124	0.745
14	JUNCTION	1.70	13.80	0 00:12	0.141	1.141
16	JUNCTION	1.60	12.10	0 00:10	0.132	1.000
17	JUNCTION	1.50	3.00	0 00:21	0.124	0.248
18	JUNCTION	1.50	1.50	0 00:00	0.124	0.124
19	JUNCTION	1.50	1.50	0 00:00	0.124	0.124
20	JUNCTION	1.50	1.50	0 00:00	0.124	0.124
21	JUNCTION	1.50	1.50	0 00:00	0.124	0.124
22	JUNCTION	1.50	1.50	0 00:00	0.124	0.124
15	OUTFALL	0.00	38.13	0 07:55	0.000	3.150

Nota. La tabla muestra el resumen del comportamiento de los aportes o caudal en cada uno de los nodos o pozos de inspección en Swmm 5vE.

En la tabla 29, se representan los niveles que alcanzo el agua en los pozos de inspección durante la modelación hidráulica, en el instante de tiempo determinado, ya que el software nos da la opción de establecer el tiempo en el que se realice la simulación, para efectos de diseño se utilizó un tiempo de 23:00 horas en donde cada 15 minutos automáticamente el programa genera

resultados. En la tabla 30, se muestran todas las contribuciones realizadas a cada uno de los pozos de inspección, en donde el aporte total máximo corresponde a la suma de los caudales que se van agregando a cada tramo según las contribuciones aguas arriba.

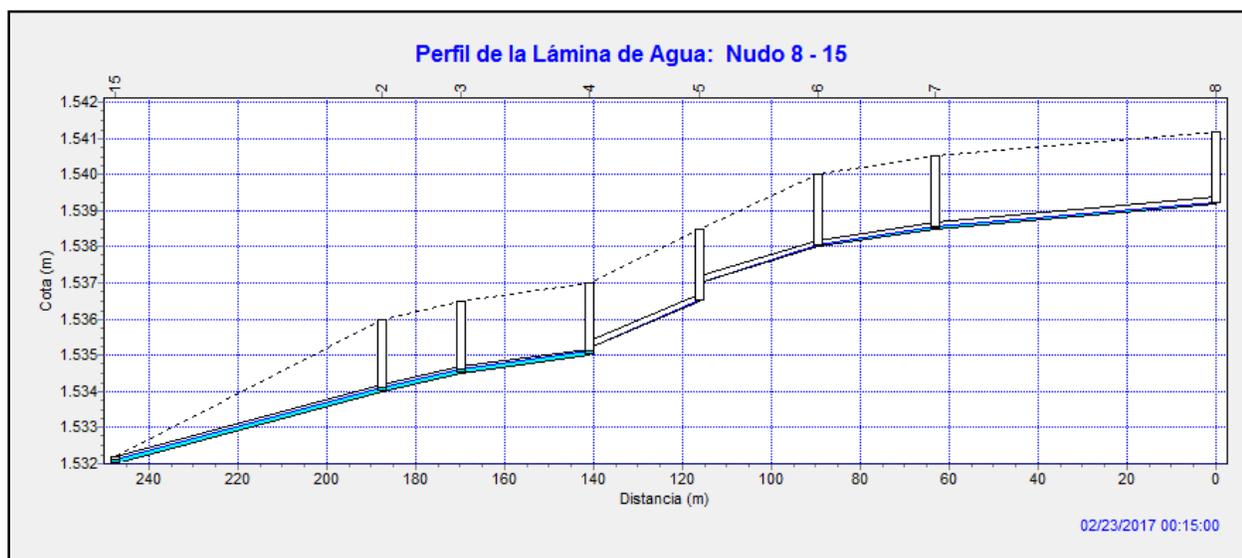


Figura 17. Perfil de lámina de agua desde el pozo 8 al punto de vertimiento.

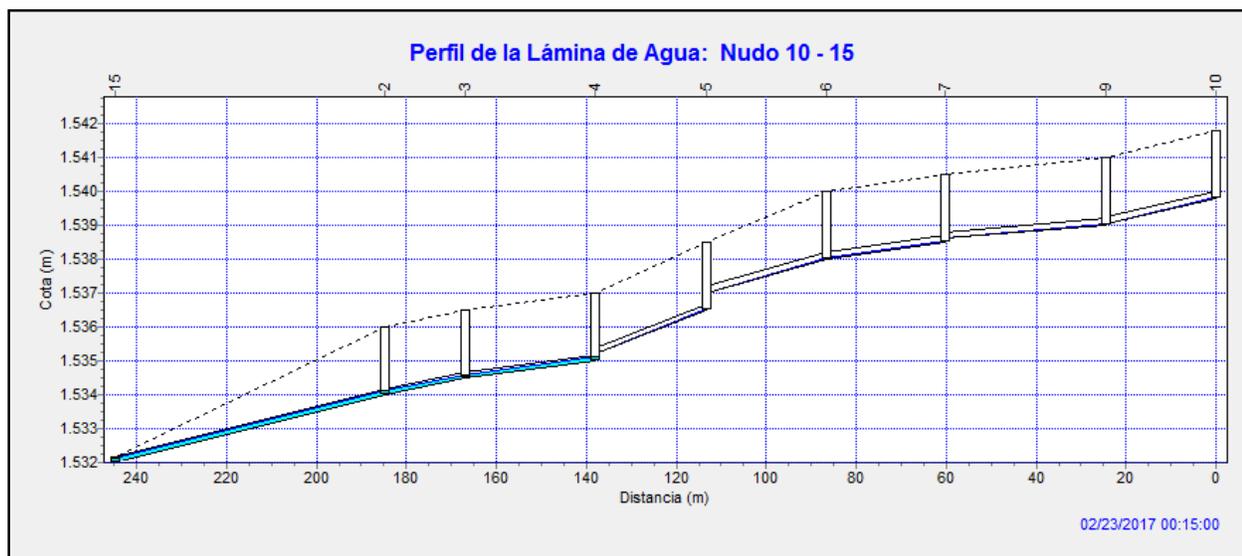


Figura 18. Perfil de lámina de agua desde el pozo 10 hasta el punto de vertimiento.

A diferencia de los perfiles realizados para el alcantarillado viejo, en el nuevo diseño se pudo observar una mejor distribución en las pendientes de las tuberías y en los pozos de inspección, ya que para el nuevo diseño no fue necesario utilizar cámaras de caída.

4.3 Formular un manual de procesos que permita entender el procedimiento desarrollado en el software Swmm 5vE, en la aplicación del proyecto.

El software SWMM 5vE, es utilizado para realizar modelaciones hidráulicas en redes de alcantarillado, ya que utiliza una amplia variedad de geometrías para los conductos, y tiene en cuenta tanto conductos abiertos como cerrados, así como los canales naturales. Contiene un conjunto de herramientas de modelación de características hidráulicas utilizado para analizar el flujo debido a la escorrentía superficial y los aportes externos de caudales a través de una red de tuberías.

El primer procedimiento llevado a cabo para la utilización del software es la introducción del fondo de pantalla o plantilla de trabajo, la cual se obtiene de un archivo con formato metarchivo (wmf) exportado de AutoCAD, para su introducción se debe hacer uso del menú principal del software, específicamente la herramienta Ver, posteriormente hacer clic izquierdo en Fondo y por último en Cargar. Ver figura 19.

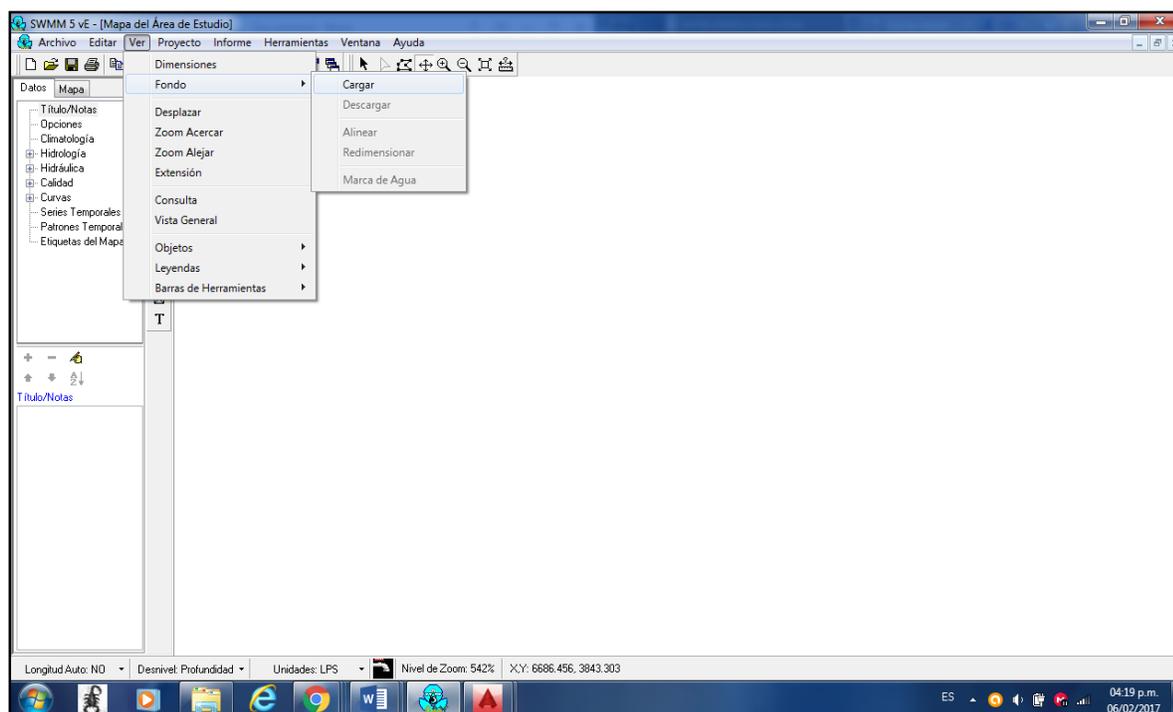


Figura 19. Introducción del fondo de pantalla.

Una vez seleccionada la opción cargar, se genera una ventana emergente que se puede observar en la figura 20, en la cual se selecciona el icono encerrado y señalado en rojo, que luego abrirá la ventana de ubicación para seleccionar el archivo a introducir y por ultimo aparecerá el fondo de pantalla o plantilla en la hoja de trabajo del software como se muestra en la figura 21.

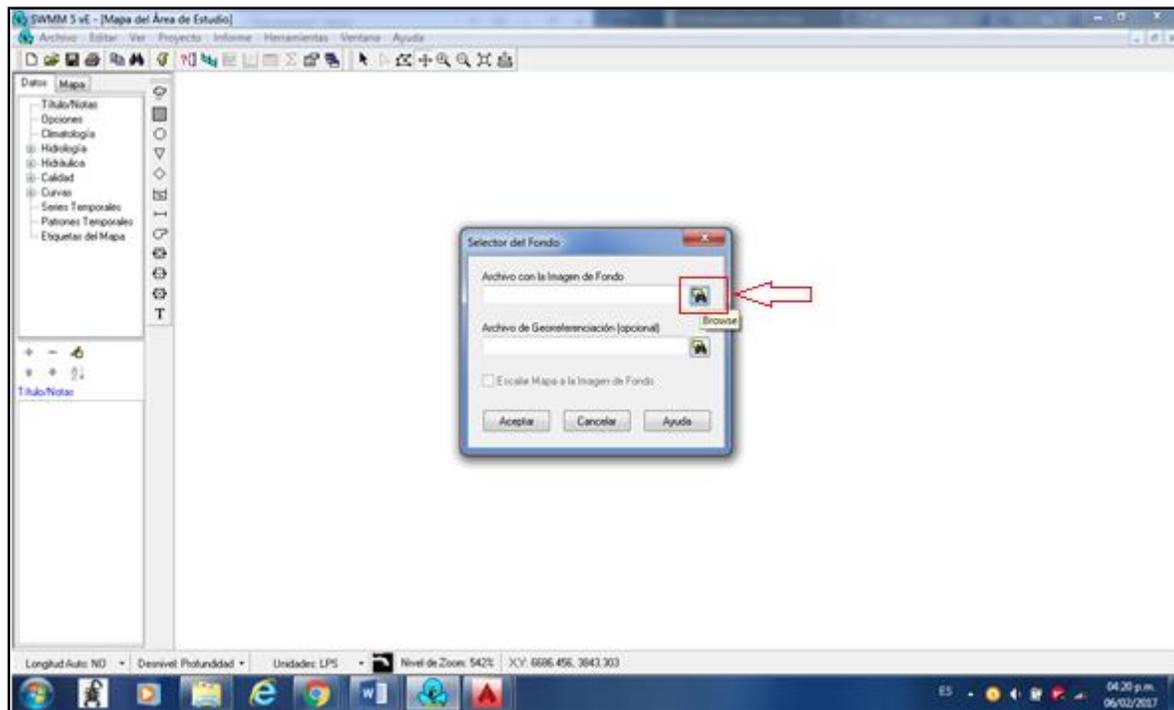


Figura 20. Ventana emergente para la introducción del fondo de pantalla.

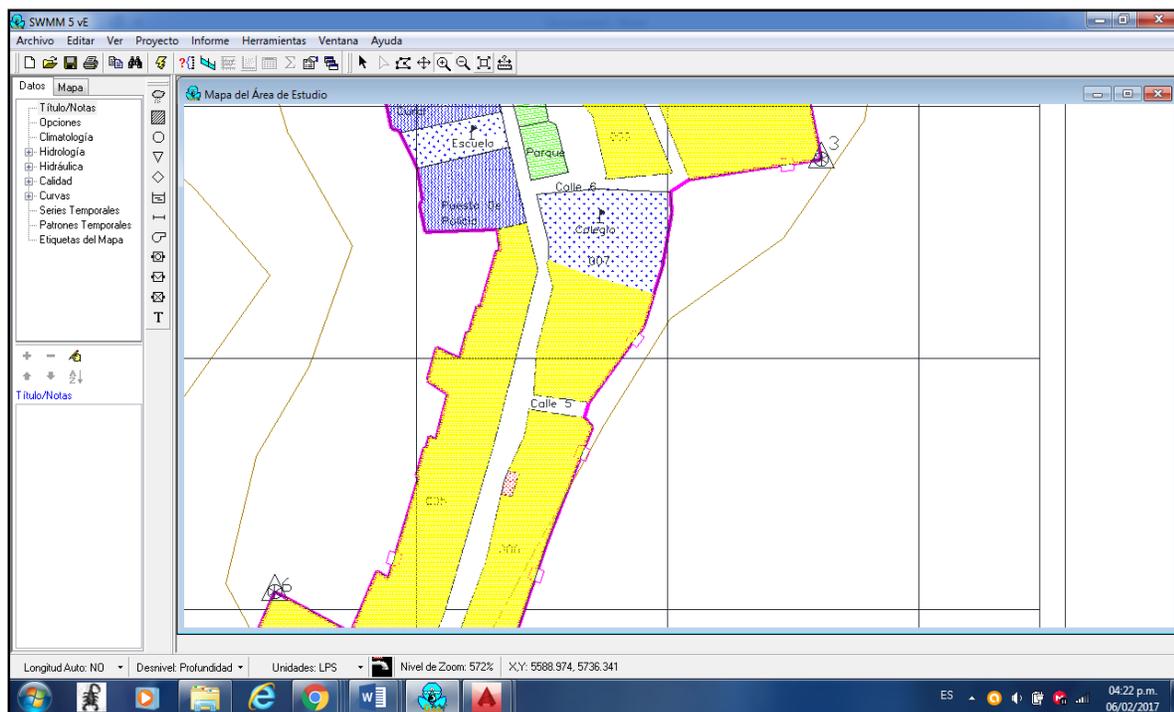


Figura 21. Fondo de pantalla introducido.

Debido a la magnitud del fondo de pantalla introducido, es necesario utilizar las herramientas de zoom para alejar, acercar y mostrar el mapa o fondo de pantalla en toda su extensión, las cuales se encuentran en la parte superior de la ventana principal de herramientas del software, los cuales se muestran en la figura 22, en donde los iconos a utilizar están encerrados en el rectángulo rojo señalados con una flecha para tener una mejor interpretación de la figura. Para acercar o alejar cualquier fondo de pantalla o la plantilla de trabajo se debe mantener el clic izquierdo sostenido y ajustar el recuadro a preferencia de una mayor resolución o reducción según sea necesario.

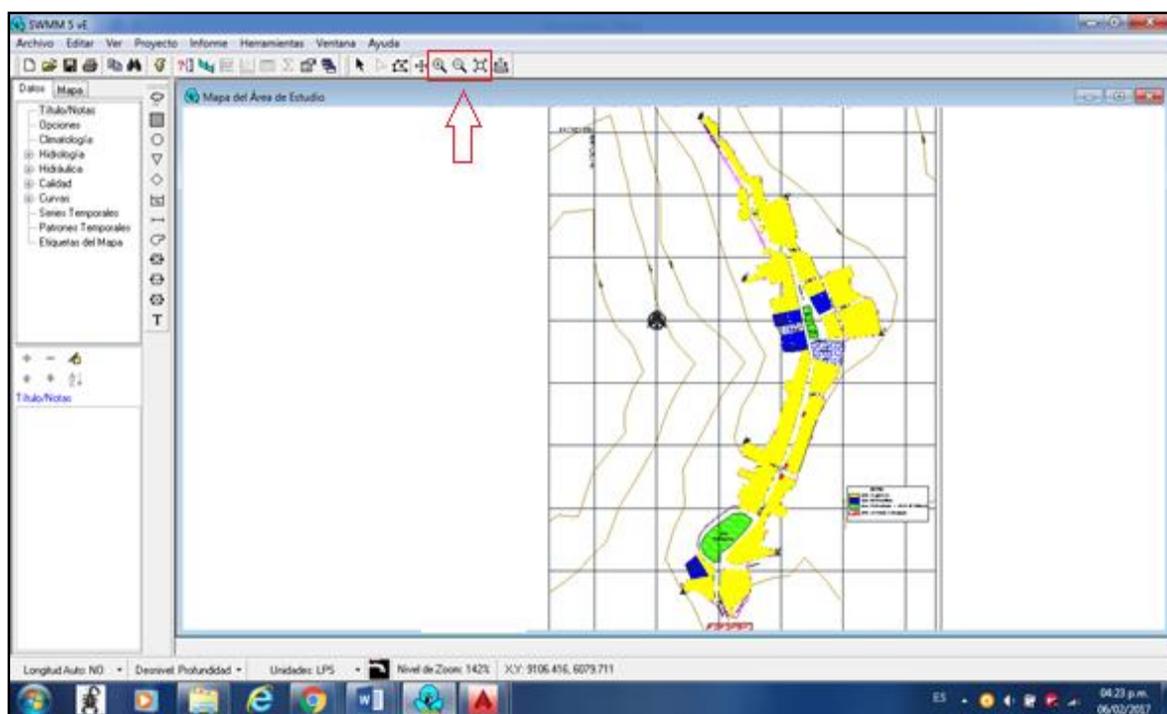


Figura 22. Fondo de pantalla en su totalidad.

Teniendo como base el fondo de pantalla introducido, el siguiente paso a seguir es introducir los elementos que conforman el sistema y la red de alcantarillado a simular, para el cual se tuvo en cuenta la barra de objetos ubicado en la parte izquierda de la ventana principal del software. Los elementos utilizados corresponden a los señalados en la figura 23, en el cual los recuadros señalados con rojo representan los iconos para incorporar los pozos y tramos de tubería, y el recuadro señalado en azul, representa el punto de vertimiento o disposición final de las aguas recolectadas, el cual es necesario incluir para realizar la simulación mediante el modelo de onda dinámica.

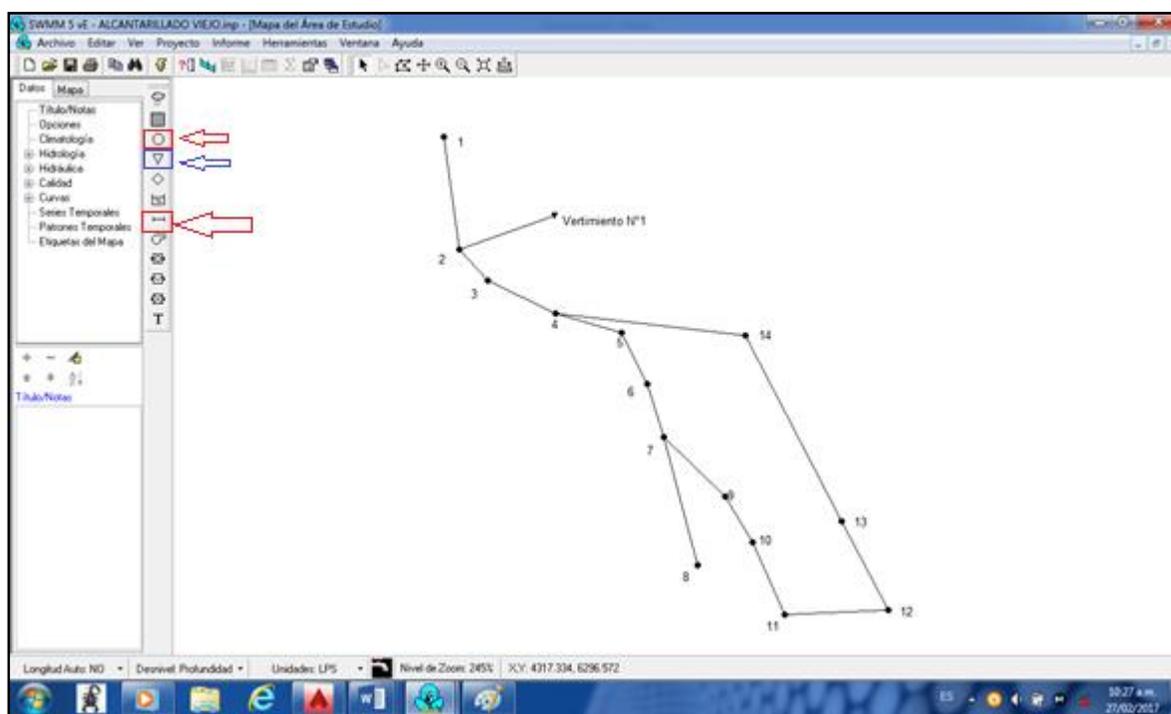


Figura 23. Elementos necesarios para la simulación de una red.

Haciendo clic izquierdo sobre la herramienta “Seleccionar Objeto” señalada con una flecha y recuadro en color rojo la cual se muestra en la figura 19, en donde una vez seleccionada esta herramienta se hace doble clic izquierdo, sobre los elementos de trabajo del lienzo, en este caso los puntos que representan los pozos de inspección, los tramos de tubería y vertimiento final. Al hacer clic sobre cada elemento, el software arroja una ventana emergente con las propiedades que involucran al objeto. Para el caso de la figura 24, se muestra una ventana emergente sobre el lienzo producto de la selección de un nodo o conexión, en donde sus datos y valores a incluir se encuentran detallados en el siguiente literal **4.3.1**.

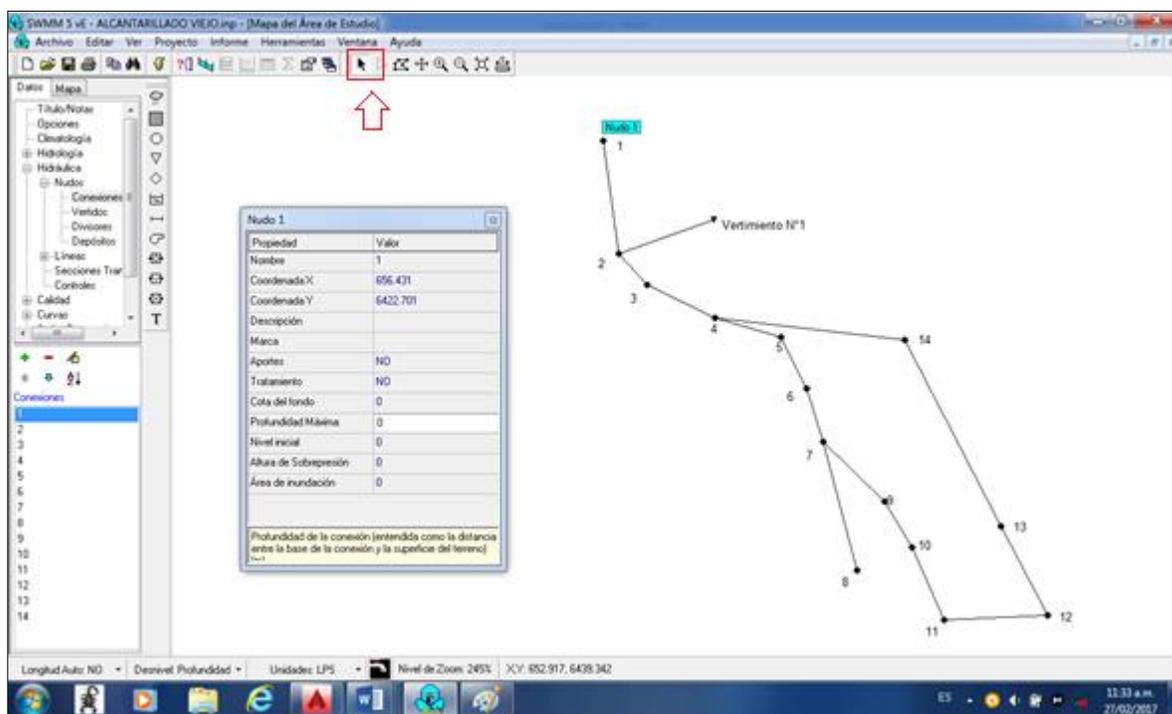


Figura 24. Introducción de propiedades de los nudos o pozos.

4.3.1 Introducción de datos necesarios en los elementos de modelación. El programa Swmm 5vE, en un software de modelación principalmente diseñado para modelar alcantarillados de aguas lluvias, por lo tanto la información de las áreas tributarias no se utiliza para determinar caudales de aguas residuales. Tales caudales de aguas residuales se modelan como flujos directos o en condiciones de tiempo seco y se introducen a través de valores puntuales en los nudos o conexiones.

Los elementos utilizados para la modelación del alcantarillado sanitario corresponden a los nodos o conexiones que representan los pozos de inspección, los tramos de tubería y el punto de vertimiento final.

4.3.1.1 Datos en nudos o conexiones. Debido al desconocimiento de las áreas tributarias para aguas residuales por parte del software de modelación, en los nodos se debe introducir solo los valores de aportes, cota de fondo y profundidad máxima los cuales se muestran en el recuadro rojo de la siguiente imagen:

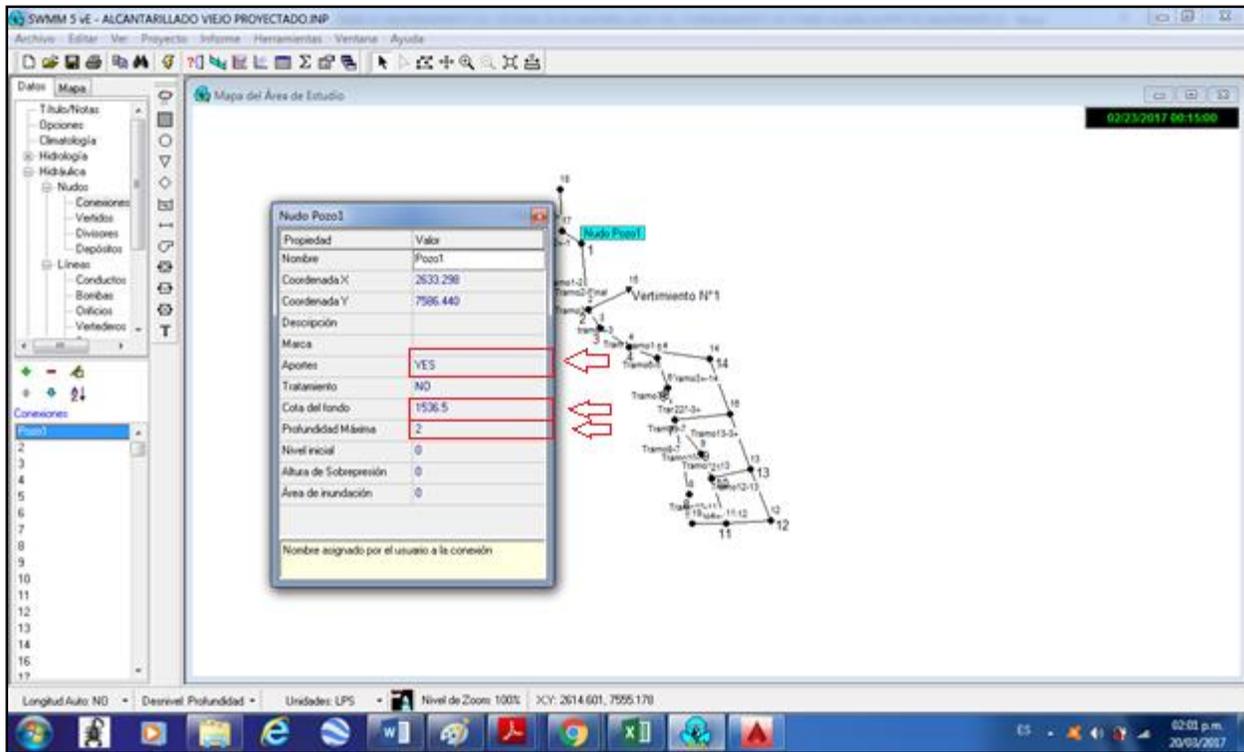


Figura 25. Incorporación de aportes y caudales de transporte.

Cota de fondo. Corresponde a la cota batea de tubería, o cota de la base del pozo.

Profundidad máxima. Corresponde a la altura total del pozo.

Aportes. Los aportes corresponden a las contribuciones adicionales de caudal en cada tramo, dado que el programa solo genera valores de caudales mediante áreas tributarias para aguas lluvias, en nuestro caso para la evaluación de un alcantarillado sanitario se realizó el procedimiento de cálculo incluyendo el caudal de aguas residuales en cada tramo por medio de aportes. Al hacer clic sobre la celda para introducir el dato de aportes, se genera una ventana

emergente con tres opciones distintas dependiendo del tipo de aporte, se puede observar en la figura 26.

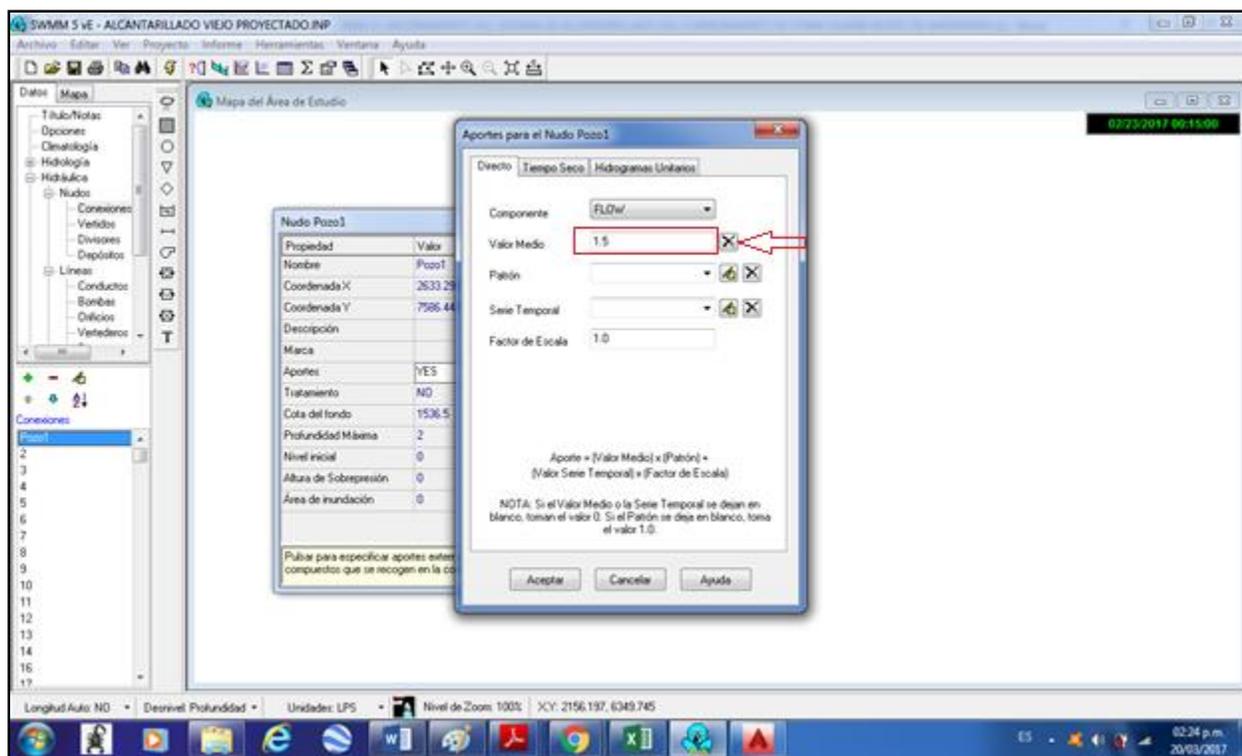


Figura 26. Introducción de aportes según su clasificación.

La inclusión de los aportes para su escogencia tiene tres opciones los cuales son:

Aportes directos de caudal. Se trata de series temporales de valores de caudales que entran directamente en el nudo definidos por el usuario. Pueden utilizarse para representar el modelo hidráulico de caudales y calidad de agua en ausencia de cálculos de escorrentía (tal como puede ocurrir en sistemas en los que no se definen subcuencas).

Caudales de tiempo seco. Existen continuas entradas de caudal que reflejan las contribuciones que los caudales de aguas negras realizan al sistema de drenaje. Puede considerarse estos caudales como unos caudales de referencia de los conductos o canales.

Hidrogramas unitarios o Entradas e Infiltraciones relacionados con las Lluvias. Se trata de caudales que provienen de las aguas de lluvia que se introducen en los sistemas de saneamiento. Los caudales pueden calcularse para los datos de una determinada lluvia basándose en una serie de hidrogramas unitarios que establecen la respuesta a corto plazo, medio plazo y largo plazo en cada uno de los períodos de tiempo de la lluvia definida.

Para efectos de diseño en las modelaciones hidráulicas realizadas en la evaluación del alcantarillado sanitario se utilizaron los aportes directos en donde solo se introduce el valor medio correspondiente al valor del caudal de diseño en dicho tramo de tubería el cual se encuentra seleccionado en el recuadro rojo de la figura 26, en donde los datos de patrón y serie temporal no se tienen en cuenta ya que estos parámetros corresponden a factores de tiempo que permiten que el flujo varíe de forma periódica.

4.3.1.2 Datos en líneas o tramos de tubería. Los datos necesarios para los tramos de tubería en la modelación hidráulica corresponden a la forma, la altura, la longitud, el coeficiente de Manning y en algunos casos un desnivel de salida, la ventana emergente que genera el programa al dar doble clic sobre el conducto utilizando la herramienta seleccionar objeto, se puede ver en la siguiente figura:

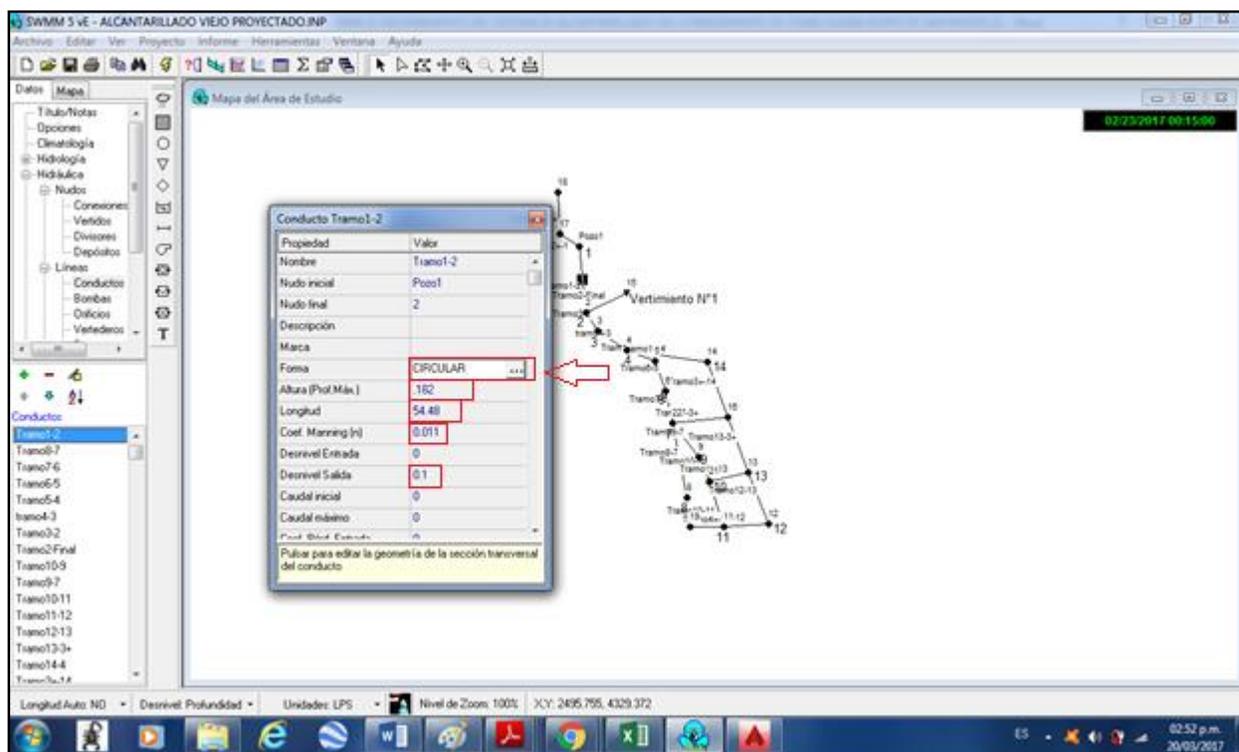


Figura 27. Introducción de datos a los conductos o tramos de tubería.

Forma. Al hacer clic sobre la celda para seleccionar la forma de la tubería, se genera una ventana emergente en donde se puede escoger la sección transversal de la tubería y la definición de su diámetro, el cual se puede observar en la figura 28. Una vez seleccionada la sección transversal y el diámetro, automáticamente se llena la celda correspondiente a la Altura que se muestra en el segundo recuadro rojo señalado en la figura 27.

Altura. Corresponde al diámetro de la tubería en metros.

Coef. Manning. Corresponde al coeficiente de rugosidad de Manning, valor que se tiene en cuenta para el cálculo de la modelación y cambia según el material de la tubería. Este valor se encuentra establecido por el software según el material de la tubería a utilizar.

Desnivel de salida. Este valor se tiene en cuenta cuando la tubería que entra al pozo no tiene su cota batea directamente sobre la base del pozo si no que presenta una altura generando una cámara de caída, en general se utilizó para la evaluación del alcantarillado existente. Este valor se considera como la altura que existe entre el fondo del pozo y la cota batea de la tubería de entrada, medida en metros.

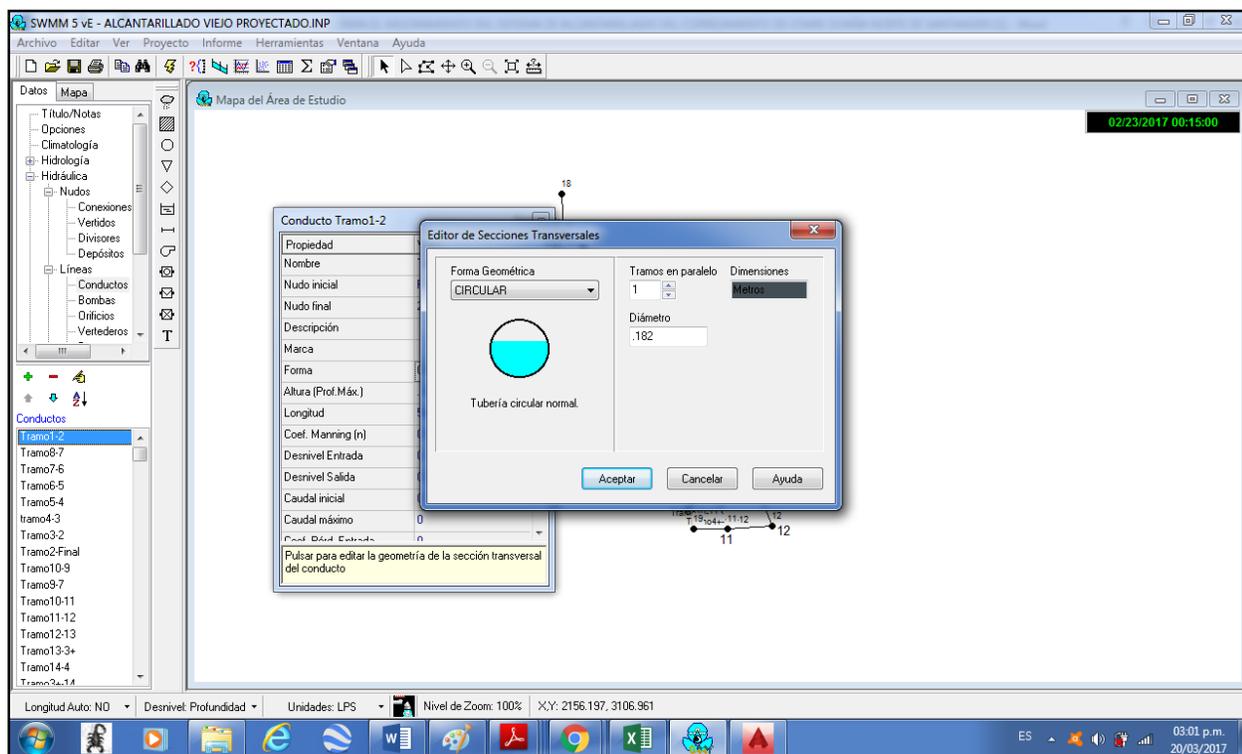


Figura 28. Definición de sección transversal y diámetro del conducto.

4.3.1.3 Datos establecidos por el software Swmm 5vE. Corresponden a las propiedades por defecto que establece el programa Swmm 5vE para realizar el cálculo, se introducen antes de realizar la modelación los cuales se pueden modificar haciendo clic en el menú proyecto, ubicado en el menú principal, en la parte superior de la ventana del Swmm 5vE, posteriormente se hace clic en valores por defectos en donde luego se genera una ventana emergente con tres opciones de propiedades a introducir, se selecciona la última correspondiente a Nudos/Líneas, en donde se establece los valores por defecto para algunas de las variables de nudos y líneas cuando se crean por primera vez. Estas propiedades incluyen: cota de fondo de los nudos, profundidad de los nudos, longitud de los conductos, modelo de cálculo hidráulico, unidades de caudal, geometría de conducto, coeficiente de Manning y ecuación de tubería forzada. Ver figura 29.

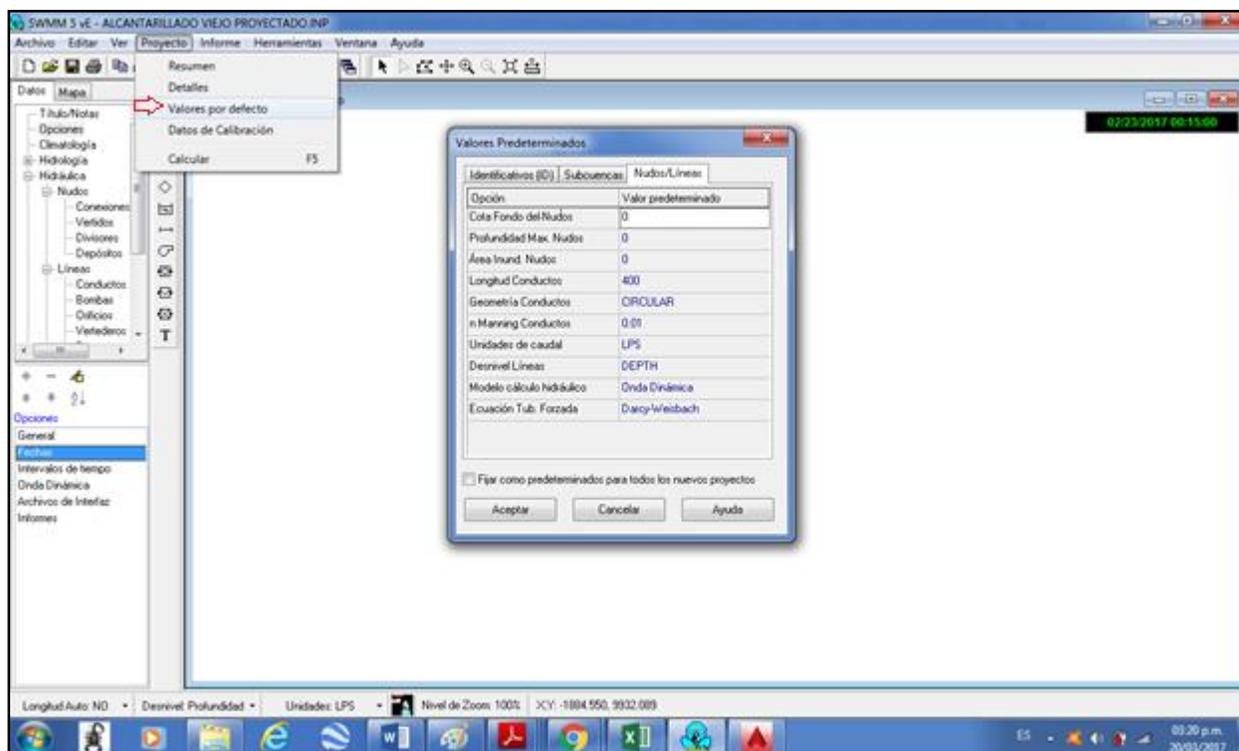


Figura 29. Valores por defecto, establecidos para la modelación hidráulica.

Una vez introducido los valores por defecto también se pueden establecer las diferentes opciones que controlan la simulación en Swmm 5vE, las cuales se encuentran en la ventana de dialogo de las opciones de simulación y para acceder a ellas, se hace clic en opciones, ubicada en la parte izquierda superior de la ventana principal, señalado en rectángulo rojo en la figura 30, en donde posteriormente en la parte inferior señalado en recuadro señalado con una flecha en rojo, se observan las opciones de simulación.

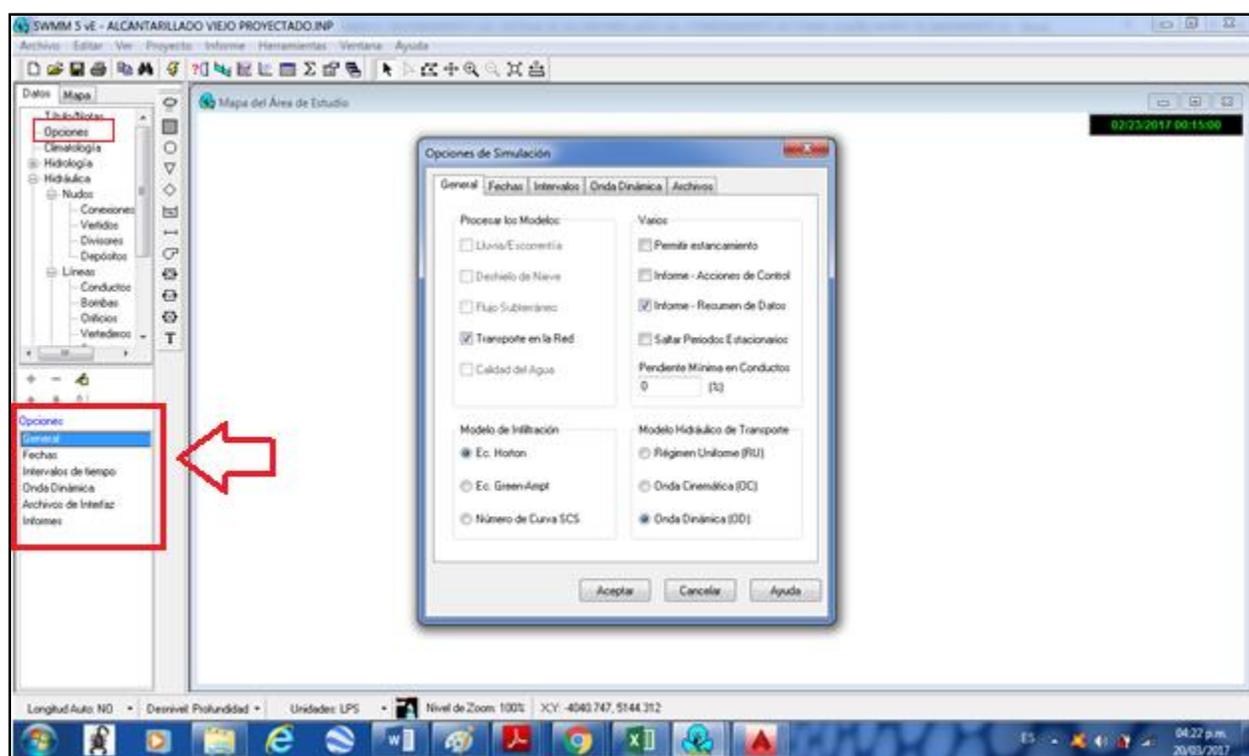


Figura 30. Ventana de dialogo de las opciones de simulación.

La opción general corresponde a los métodos de cálculos que se pueden usar, la opción de fecha hace referencia a la determinación del instante de inicio y finalización de la simulación, la opción de intervalo corresponde a los intervalos de tiempo en para el cual el software registra los

datos durante la modelación, la opción de onda dinámica establece diferentes parámetros que controlan como se realizan los cálculos mediante el modelo de la onda dinámica y la opción de archivos, corresponde a los archivos alternos que no hacen parte del programa pero que compaginan con los datos necesarios de cálculo, como la información de un pluviómetro.

Para iniciar la modelación luego de haber introducido y establecido toda la información requerida, se hace clic en la herramienta calcular señalada con recuadro y flecha en rojo en la parte superior de la figura 31, luego se genera una ventana con una barra de porcentaje que representa el estado de la simulación y posteriormente finalizada se genera otra ventana emergente en donde muestra si la simulación fue exitosa o existen errores en el cálculo mostrando un porcentaje de error que por recomendación del diseñador del programa no debe ser mayor de 10%.

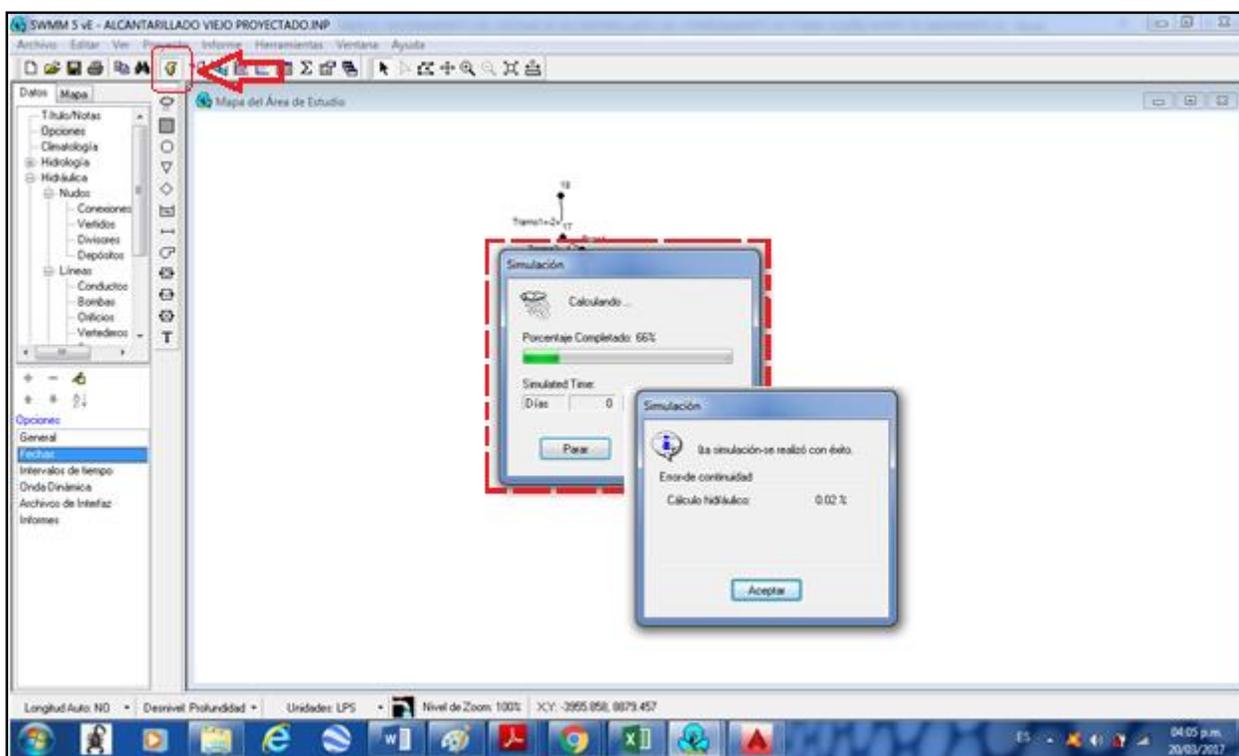


Figura 31. Proceso de cálculo de la modelación.

4.3.2 Obtención del análisis de cálculo y resultados de la modelación. Para obtener los resultados de la modelación, se hace uso de la herramienta tabla, seleccionada en el recuadro rojo en la figura 32 en donde se muestran dos opciones para ver los resultados, la primera opción es por objeto y una vez seleccionada esta aparece una ventana emergente en donde se pueden escoger todas las variables pero para un solo objeto, no se pueden escoger más de un objeto; la segunda opción la cual corresponde por variable también genera la misma pantalla emergente pero a diferencia se obtiene la tabla por la opción objeto, permite seleccionar todos los objetos pero para una sola variable.

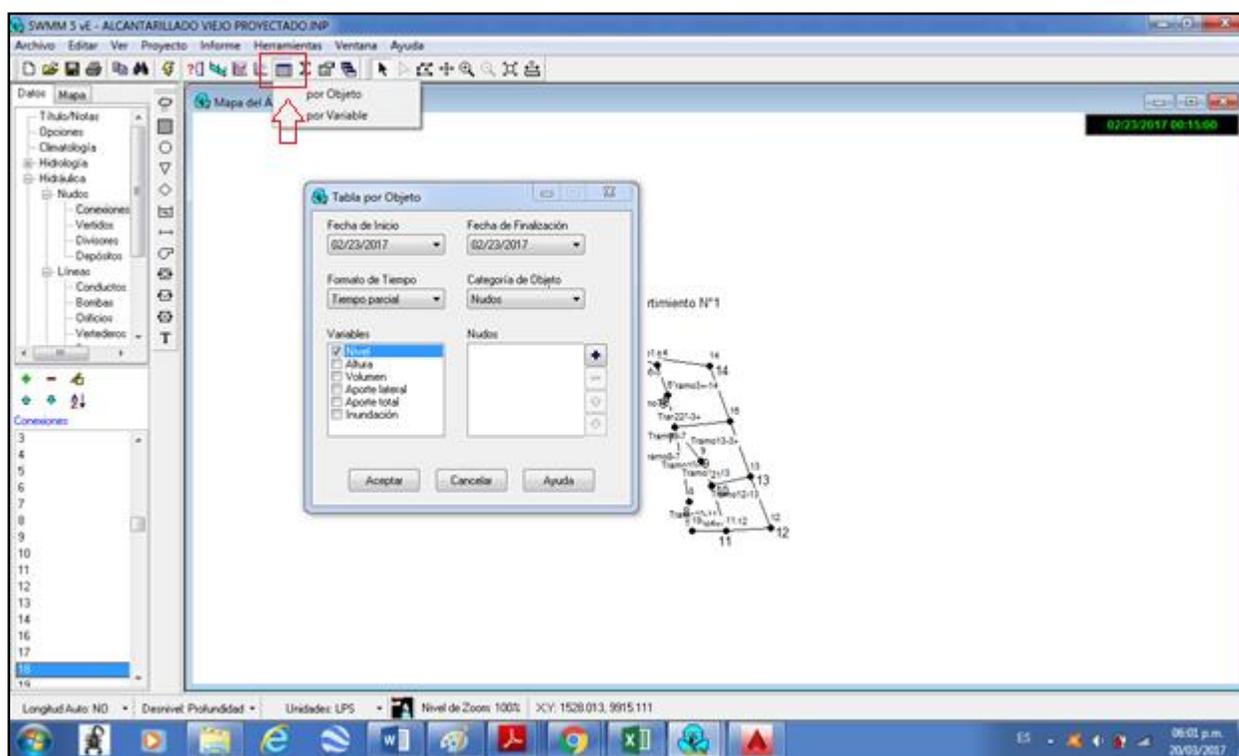


Figura 32. Obtención de resultados de la modelación hidráulica.

El software Swmm 5vE, también permite conocer los perfiles longitudinales de la lámina de agua a través del sistema de alcantarillado, mediante el uso de la herramienta perfil longitudinal la cual se encuentra señalada en el recuadro con flecha en rojo en la figura 33, que luego de seleccionarla, se genera una ventana emergente en donde se introduce el nodo o pozo de inspección tanto inicial como final, posteriormente se hace clic en Buscar Ruta para conocer los tramos de tubería que se van a graficar y por ultimo clic en aceptar para que se genere una ventana con la gráfica del perfil longitudinal según los datos seleccionados.

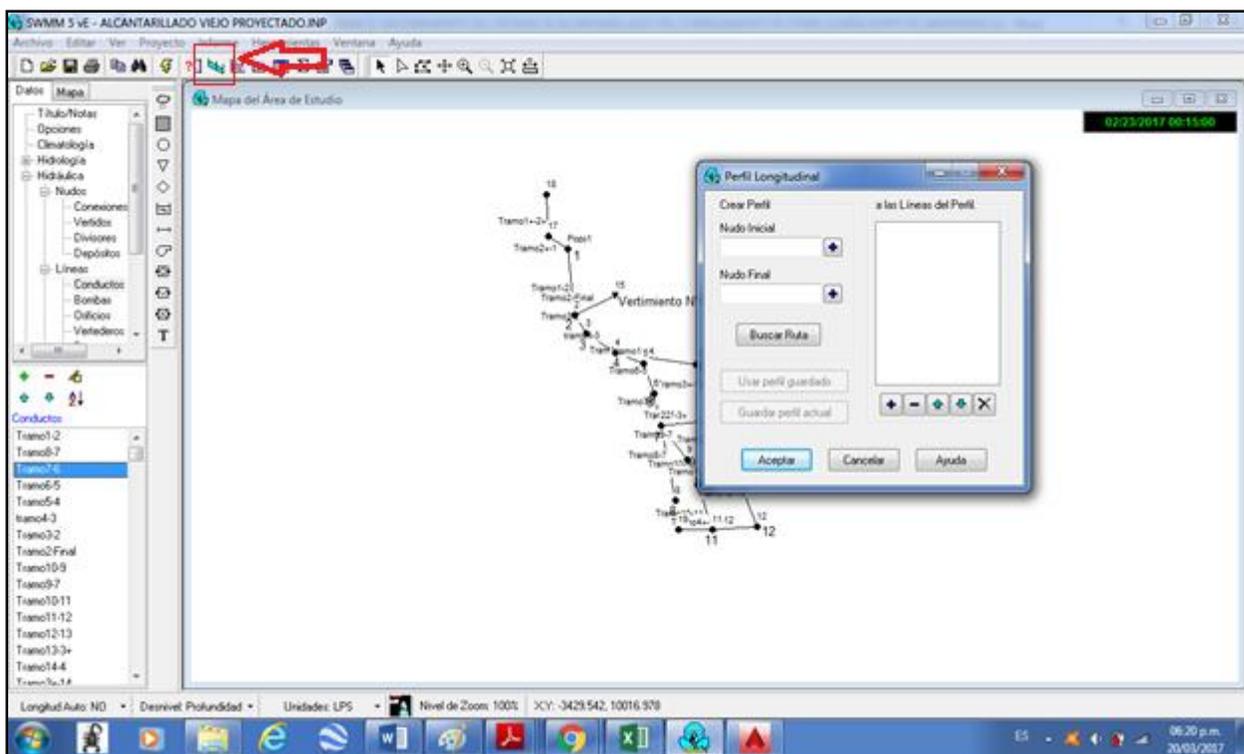


Figura 33. Obtención de graficas según los resultados de la modelación.

En el menú informe de la barra principal de Swmm 5vE, se puede obtener un informe más detallado de la modelación haciendo clic en la herramienta Estado, el cual genera una pantalla emergente con los resultados.

Para copiar la información del Swmm 5vE a cualquier tipo de documento perteneciente al paquete de Microsoft Office, se debe hacer uso del menú editar ubicado en la barra del menú principal, en donde se selecciona la herramienta copiar generando una ventana con la opción de guardar el archivo al ordenador y la opción de portapapeles, la cual es recomendable usar la opción de portapapeles como se muestra seleccionada en el rectángulo rojo de la figura 34 ya que permite copiar la información y pasarla directamente a cualquier documento de Microsoft Excel o Word sin necesidad de crear otro documento solo para los datos.

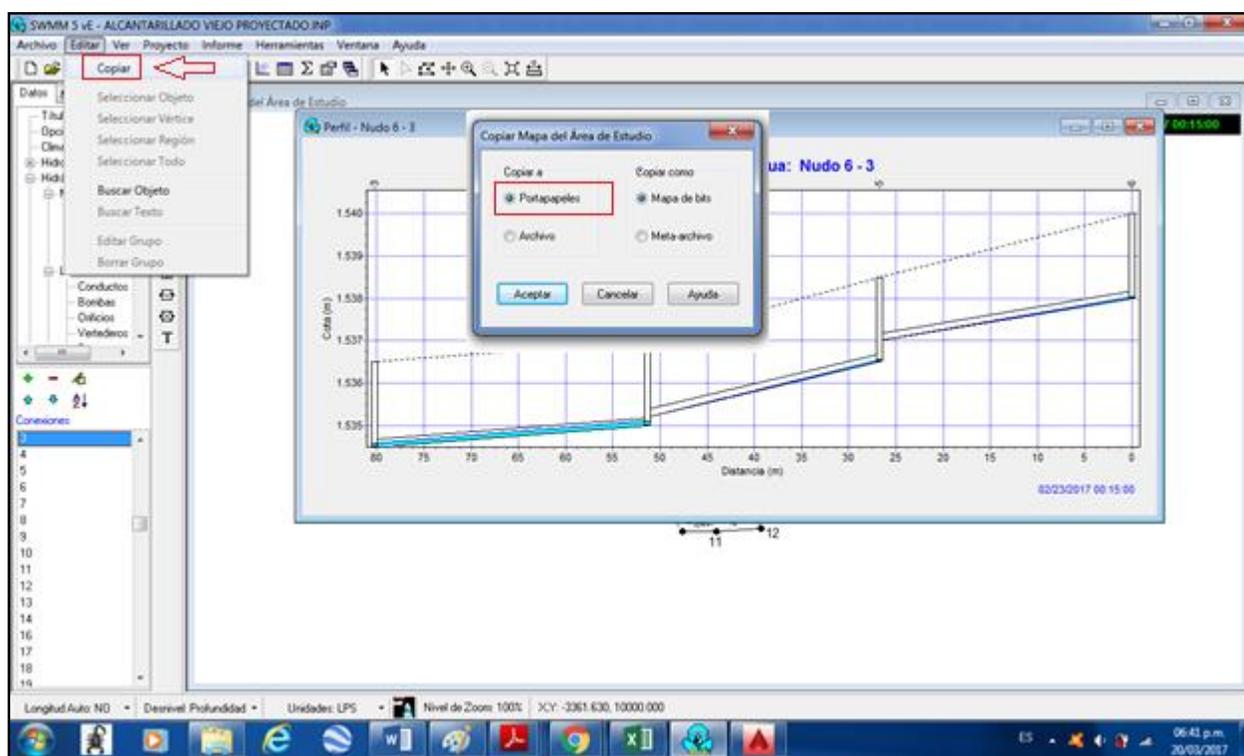


Figura 34. Copiar resultados de análisis en Swmm 5vE para pasar a documentos compatibles.

4.4 Realizar el presupuesto con respecto a las cantidades de obra para conocer el valor del nuevo diseño generado en el software de modelación.

El presupuesto total del nuevo diseño del alcantarillado para la optimización del sistema existente del Corregimiento de Otaré se emboza en la siguiente tabla, cabe resaltar que el análisis de precios unitarios debido a su extensión se encuentra anexado junto con el presupuesto general en un archivo Excel en el **apéndice D**.

Tabla 31

Presupuesto general de optimización

ITEM N°	DESCRIPCION	UND	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
1	Localización y replanteo	M2	615,52	\$ 1309,00	\$ 805.716,00
1,1	Cinta preventiva	ML	1647,82	\$ 479,00	\$ 788.811,00
2	Demolición de concreto				
2,1	Cortado de vía	ML	632,09	\$ 21.904,00	\$ 13.845.047,00
2,2	Demolición vía cortada	M3	246,51	\$ 74.112,00	\$ 18.269.349,00
2,2	Demolición pozos	M3	66,91	\$ 74.112,00	\$ 4.958.841,00
3	Excavación				
3,1	Tubería	M3	2294,82	\$ 86.352,00	\$ 198.161.838,00
3,2	Pozos	M3	96,2	\$ 86.352,00	\$ 8.307.043,00
4	Remoción de tubería	ML	647,19	\$ 74.112,00	\$ 47.964.610,00
5	Instalación de tubería	ML	823,91	\$ 156.822,00	\$ 129.207.544,00
5,1	Afirmado del terreno	M3	192,37	\$ 132.252,00	\$ 25.441.336,00
5,2	Instalación de uniones	UND	138	\$ 32.720,00	\$ 4.515.346,00
6	Concreto				
6,1	Pozos	M3	46,82	\$ 593.226,00	\$ 27.774.851,00
6,2	Reconstrucción vía	M3	189,63	\$ 465.326,00	\$ 88.239.807,00
7	Relleno	M3	1572,88	\$ 129.582,00	\$ 203.816.228,00
8	Acero refuerzo pozos	KG	3660,05	\$ 13.790,00	\$ 50.473.891,00
SUB-TOTAL VALOR DE OBRAS					\$ 822.570.258,00
A.L.U. (30%)					\$ 246.771.077,00
VALOR TOTAL DE OBRAS					\$ 1.069.341.336,00

Nota. La tabla muestra el presupuesto general del costo total del nuevo diseño para la optimización del alcantarillado viejo del Corregimiento de Otaré.

Conclusiones

El diseño del alcantarillado para la optimización del sistema existente da como resultado el aumento de 5 tramos nuevos que no existían y que hacían falta para suplir la necesidad de evacuación de aguas residuales de la comunidad del casco urbano de Otaré.

El diseño del alcantarillado sanitario mediante el software de simulación Swmm 5vE, facilita los procedimientos de cálculo para determinar si cumple o no con los criterios de diseño establecidos por la norma técnica RAS, arrojando un buen comportamiento hidráulico, utilizando un diámetro de 200 mm en tubería PVC NOVAFORT.

En la formulación del manual de procesos, la mayor parte de las funciones con que cuenta el software Swmm 5vE son aplicables para alcantarillados pluviales, sin embargo no se cohibe su utilización para simular alcantarillados sanitarios, ya que los cálculos hidráulicos son los mismos para cualquier sistema de alcantarillado.

El costo total para llevar a cabo la optimización del alcantarillado existente del corregimiento de Otaré, tiene un valor de \$ 1.069.341.336 millones de pesos, en donde se incluye toda la demolición de la infraestructura existente y la construcción de los elementos del sistema nuevo teniendo en cuenta la pavimentación de su rasante en concreto rígido.

Recomendaciones

Es importante que por parte de la comunidad una vez ejecutada la optimización se realicen labores de revisión de los pozos de inspección, en donde la intervención de las entidades estatales como la alcaldía es fundamental para garantizar un buen servicio.

Para los pozos de inspección, en el nuevo diseño, se recomienda utilizar tapas en concreto reforzado, realizadas in situ, ya que la utilización de tapas de hierro forjado amerita a un costo mucho mayor que al de una tapa de concreto reforzado.

Con respecto a la simulación hidráulica realizada en el software, se recomienda para la incorporación de las contribuciones de aguas residuales especificados como aportes, utilizar los aportes de tiempo seco teniendo en cuenta patrones de series temporales.

Referencias

- Santana Sánchez, L.C. (2016). *Determinación del índice de escasez de la micro cuenca quebrada el Carmen ubicada en el corregimiento de Otaré, Norte de Santander* (Trabajo de grado). Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña.
- Monterroza Villadiego, C.A. (2004). *Evaluación del funcionamiento de la infraestructura de los sistemas de alcantarillado de los municipios piloto de la Costa Atlántica*. (Monografía, Trabajo de grado). Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. RAS TITULO D Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias (2012). Bogotá, D.C., Colombia: Editorial Universidad de los Andes.
- López Cualla, R. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados (2003). Bogotá, Colombia: editorial de la escuela colombiana de ingeniería.
- United Nations Human Rights. (2010). *The Right to Water*. 35-54. Recuperado de <http://www.ohchr.org/Documents/Publications/FactSheet35en.pdf>
- Consejo de Colaboración para el Abastecimiento de Agua potable y Saneamiento WSSCC (2006). *Para ellas es el tema crucial*. 7-27. Recuperado de http://www.unwater.org/downloads/Evidence_Report_es.pdf
- Procuraduría General De La Nación (2015). *El agua potable y el saneamiento básico en los planes de desarrollo*. Recuperado de https://www.procuraduria.gov.co/portal/media/file/descargas/publicaciones/parte3_agua.pdf

- Aguas de Ceuta Empresa Municipal S.A. (2010). *Un poco de historia*. Recuperado de:
<http://www.acemsa.es/index.php/red-de-saneamiento/un-poco-de-historia>
- Álvarez Arboleda, C. A. y Chicangana-Bayona, Y. A. (2015). Inicios del alcantarillado en Medellín (Colombia), 1920-1955. *Revista de historia regional y local*, 7(14), 264-284. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/histo/v7n14/v7n14a08.pdf>
- Salinas Ramírez J. M. (2011). Retos a futuro en el sector de acueducto y alcantarillado en Colombia. *CEPAL*. 07-29. Recuperado de <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/3/42733/lcw379e.pdf>
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2015). *Informe sectorial de los Servicios Públicos Domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado*. Recuperado de <http://www.superservicios.gov.co/content/download/11224/91303>
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004). *Plan nacional de aguas residuales municipales en Colombia*. Recuperado de http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/PLAN_NACIONAL_DE_MANEJO_DE_AGUAS_RESIDUALES_MUNICIPALES_EN_COLOMBIA.pdf
- Consejo Municipal de Ocaña (2002). *Ocaña proyecto de acuerdo Tomo II*. Recuperado de <http://www.corponor.gov.co/pot/Ocana/Proyecto%20de%20Acuerdo/Ocana%20Proyecto%20de%20Acuerdo%20Tomo%202.pdf>
- Páez García, L. E. (2016). El corregimiento de Otaré, una historia de ajustes y desajustes jurídicos. *Revista Horizontes Culturales*, 40(40), 44-68. Recuperado de http://laplayadebelen.org/LUIS_EDUARDO_PAEZ_GARCIA/LITERATURA_REGION_OCANA/HORIZONTES_CULTURALES_40_2016.pdf

Consejo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres (2012). *Plan de Contingencia para Incendios Forestales del Municipio de Ocaña Norte de Santander*. Recuperado de <http://www.ocana-nortedesantander.gov.co/apc-aa-files/38656632356330656332656230383763/plan-de-contingencia-incendios-forestales.pdf>

Alcaldía Municipal de Ocaña Norte de Santander (2015). *Plan básico de ordenamiento territorial Revisión, Modificación y Ajustes (modificación excepcional de normas urbanísticas)*. 156-167. Recuperado de http://www.sisubregionalns.gov.co/files/POT/OCCIDENTAL/OCANA/DOC/D01_PROYECTO_DE_ACUERDO_2015.pdf

Apéndices

Apéndice A. Información Recopilada.

Ver archivo adjunto

Apéndice B. Registro fotográficos.

Ver archivo adjunto

Apéndice C. Simulación en Swmm 5vE.

Ver archivo adjunto

Apéndice D. Elementos diseñados.

Ver archivo adjunto