

UNIVERSIDAD DEL AZUAY FACULTAD DE CIENCIA Y TEGNOLOGÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL Y GERENCIA DE CONSTRUCCIONES

Evaluación hidráulica y modelamiento del interceptor sanitario del río Yanuncay en el tramo comprendido entre el Tenis Cuenca Club y los Tres Puentes

> Trabajo de graduación previo a la obtención del título de: INGENIERO CIVIL CON MENCIÓN EN GERENCIA DE CONSTRUCCIONES

> > Autor:

MARCO ANDRÉS VEINTIMILLA PALACIOS

Director:

ING. JOSUÉ BERNARDO LARRIVA VÁSQUEZ

CUENCA-ECUADOR 2015

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado de forma muy especial a mis padres Marco Antonio Veintimilla Pacheco y María Esther Palacios Tapia por el apoyo incondicional y confianza asentada en mí no solo en el transcurso de mi carrera si no a lo largo de mi vida, siempre confiando en mi capacidad y en la forma de superar cada reto presentado, gracias a ellos ha podido ser posible culminar esta etapa.

AGRADECIMIENTO

Agradezco de manera muy especial a mi familia por la motivación y apoyo incondicional que siempre me brindaron durante el transcurso de mis estudios.

Al Ingeniero Josué Larriva director de tesis, por brindar su tiempo y amplios conocimientos para que sea posible la ejecución de este proyecto.



RESUMEN

La investigación nace a través de la falta de conocimiento del funcionamiento actual del interceptor del río Yanuncay, motivo por lo que se requiere de un estudio basándose en la recopilación de datos y con la información brindada por ETAPA EP, crear un modelo hidráulico en un software que nos brindara el funcionamiento actual y ante una futura demanda, gracias a esto se podrá dar los correctivos necesarios evitando a futuro que el sistema colapse, teniendo como resultado perdidas de recursos económicos y naturales, con ayuda de esta evaluación se podrán realizar los mantenimientos adecuados y se tendrá claro las debilidades del mismo, lo cual ayudará a la empresa prestadora del servicio para evitar gasto de recursos económicos por cualquier fallo imprevisto.

Palabras Clave: Colector, Pozo, Interceptor, Alcantarilla, Modelación.

Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez

Director de Tesis

Ing. Paul Cornelio Cordero Díaz

Director de Escuela

Marco Andrés Veintimilla Palacios

Autor

HYDRAULIC EVALUATION AND MODELLING OF THE RIVER YANUNCAY SANITARY SEWER INTERCEPTOR, LOCATED IN THE SECTION BETWEEN THE CUENCA TENNIS CLUB AND THE TRES PUENTES SECTOR

ABSTRACT

The research arises from the lack of knowledge of the *Yanuncay* river interceptor current operation. Therefore, it is required to perform a study based on the collection of data and information provided by *ETAPA EP*, in order to create a hydraulic model in software that would provide the current operation and the future demand. Thanks to this, it will be possible to take the necessary corrective measurements to avoid future failures in the system, which could result in economic and natural resources losses. With the help of this evaluation, proper maintenance can be made, and its weaknesses can be identified; which will help the service provider company to avoid expenditure of funds due to unforeseen breakdowns.

Keywords: collector, Well, Interceptor, Sewer, Modeling.

Ing. Josué Bernardo Larriva Vásquez

Thesis Director

Ing. Paul Cornelio Cordero Díaz

School Director

Marco Andrés Veintimilla Palacios

Author

Dpto. Idiomas

Lic. Lourdes Crespo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	.i
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	ii
ABSTRACT	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLASv	ii
ÍNDICE DE FIGURASvi	ii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1: GENERLIDADES	
1.1. Antecedentes	2
1.1. Antecedentes	
	2
1.2 Justificación	2
1.2 Justificación	2 3 4
1.2 Justificación 1.3 Objetivos 1.4 Marco teórico	2 3 4 4
1.2 Justificación 1.3 Objetivos 1.4 Marco teórico 1.4.3 Aguas residuales	2 3 4 4 4
1.2 Justificación 1.3 Objetivos 1.4 Marco teórico 1.4.3 Aguas residuales 1.4.4 Aguas lluvias	2 3 4 4 4 5
1.2 Justificación 1.3 Objetivos 1.4 Marco teórico 1.4.3 Aguas residuales 1.4.4 Aguas lluvias 1.4.5 Sistema de Alcantarillado	2 3 4 4 5 6
1.2 Justificación 1.3 Objetivos 1.4 Marco teórico 1.4.3 Aguas residuales 1.4.4 Aguas lluvias 1.4.5 Sistema de Alcantarillado 1.4.6 Elementos de una red de alcantarillado	2 3 4 4 5 6 7
1.2 Justificación 1.3 Objetivos 1.4 Marco teórico 1.4.3 Aguas residuales 1.4.4 Aguas lluvias 1.4.5 Sistema de Alcantarillado 1.4.6 Elementos de una red de alcantarillado 1.4.7 Modelos de configuraciones de colectores, interceptores y emisores	2 3 4 4 5 6 7 9

CAPÍTULO 2: LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

2.1. Recolección de datos topográficos, demográficos y catastrales
2.2. Levantamiento de datos de campo
2.3. Elaboración del Modelo Digital en 3D23
CAPÍTULO 3: EVLUACIÓN HIDRÁULICA
CHITTODO 3. EVECNCION HIDRITODICA
3.1. Discretización de las áreas de Aporte
3.2 Propiedades Físicas de los colectores y Pozos
3.2.3 Densidad de Población30
3.2.4Aportes de aguas residuales
3.2.5 Caudal de Infiltración31
3.3. Simulaciones realizadas
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE RESULTADOS
CAFITULO 4: ANALISIS DE RESULTADOS
4.1 Análisis de los Resultados
4.2 Propuestas de mejoramiento
4.3 Presupuesto de las obras de mejoramiento
CONCLUSIONES62
BIBLIOGRAFÍA63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores de infiltración por longitud de tubería
Tabla 2: Valores de infiltración por área drenada RAS-2000
Tabla 3: Datos de los pozos
Tabla 4: Datos de las tuberías
Tabla 5: Área de Aporte para cada descarga
Tabla 6: Longitud de tuberías de cada área de aporte
Tabla 7: Población.Shp de los diferentes años a evaluar
Tabla 8: Mayoración de los diferentes años a evaluar
Tabla 9: Datos para el diseño.
Tabla 10: Caudales de aportación a los pozos .shp
Tabla 11: Comparación de caudal vs capacidad
Tabla 12: Tuberías con falta de capacidad para el caudal del año 2020 tramo 1 a las 10:00 am
Tabla 13: Tuberías con falta de capacidad para el caudal del año 2020 tramo 2 a las 22:00 pm
Tabla 14: Tuberías con falta de capacidad para el caudal de diseño tramo 1 a las 10:00 pm
Tabla 15: Tuberías con falta de capacidad para el caudal de diseño tramo 2 a las 22:00 pm
Tabla 16: Longitud total del interceptor
Tabla 17: Longitud de tuberías con falta de capacidad
Tabla 18: Longitud con problemas de continuidad

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diseño de un modelo perpendicular.	8
Figura 2: Diseño de un modelo perpendicular con interceptor y aliviadero	8
Figura 3: Tuberías y pozos del interceptor.	23
Figura 4: Modelo digital del interceptor del río Yanuncay.	24
Figura 5: Modelo digital del interceptor del río Yanuncay	24
Figura 6: Modelo digital del interceptor del río Yanuncay.	25
Figura 7: Áreas de aporte .SHP.	26
Figura 8: Tuberías de cada área de aporte.	28
Figura 9: Caudales acumulados.	33
Figura 10: Caudales acumulados.	34
Figura 11: Tramos con falta de capacidad.	40
Figura 12: Perfil de la lámina de agua en la condición actual.	45
Figura 13: Perfil de la lámina de agua en la condición actual.	45
Figura 14: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 1	46
Figura 15: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 1	46
Figura 16: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 1	47
Figura 17: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 1	47
Figura 18: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 1	48
Figura 19: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 1	48
Figura 20: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 1	49
Figura 21: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 1	49
Figura 22: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 1	50
Figura 23: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 2	50

Figura 24: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 251
Figura 25: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 2
Figura 26: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 2
Figura 27: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 2
Figura 28: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 2
Figura 29: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 1
Figura 30: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 1
Figura 31: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 1
Figura 32: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 2
Figura 33: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 2
Figura 34: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 2
Figura 35: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 2
Figura 36: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 2
Figura 37: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 2
Figura 38: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 3

Marco Andrés Veintimilla Palacios

Trabajo de Graduación

Ing. Josué Bernardo Larriva Vázquez

Julio 2015.

EVALUACIÓN HIDRÁULICA Y MODELAMIENTO DEL INTERCEPTOR SANITARIO DEL RÍO YANUNCAY EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL TENIS CUENCA CLUB Y LOS TRES PUENTES

INTRODUCCIÓN

La investigación de esta problemática surge por interés de conocer el funcionamiento del interceptor del río Yanuncay en la situación actual y ante una futura demanda, esto debido a la incertidumbre que hay por el cambio de uso del suelo que se ha venido dando en la ciudad de Cuenca en estos años.

El motivo del estudio es plantear una propuesta para su mejor aprovechamiento a lo largo de la vida útil del interceptor, lo que ayudará a reducir costos operativos a la empresa prestadora del servicio y además beneficiar a la población con un mejor sistema.

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

Es necesario darle un destino adecuado a las aguas residuales debido que una de las prioridades más importantes de una población es el saneamiento, considerando la problemática que genera un alcantarillado sobrecargado y como consecuencia contaminaciones e impactos ambientales, por lo expuesto surge la necesidad de realizar una evaluación de dicho sistema por profesionales del área.

La investigación nace a partir de la falta de información de la situación actual del interceptor en cuanto a su funcionamiento hidráulico, de manera que es necesario crear un modelo para evaluar los parámetros hidráulicos de los diferentes elementos que conforman el sistema de alcantarillado, recopilando la información más importante de los tramos de estudio, proyectando su comportamiento durante el resto de su vida útil y si fuere el caso, estimar las mejoras necesarias a realizar.

1.2 Justificación

Aportar a la empresa ETAPA EP prestadora de este servicio, con estudios que permitan conocer las vulnerabilidades del sistema, realizar los correctivos necesarios para el funcionamiento óptimo del interceptor a mediano y largo plazo en función del crecimiento demográfico, con nuevas áreas de aporte para mayor beneficio de los usuarios del sector comprendido desde el Cuenca Tenis Club hasta los Tres Puentes.

Mantener el sistema de alcantarillado en óptimo funcionamiento, evitando problemas e imprevistos para no tener costos de inversión, operación y además el impacto ambiental que se genera en las zonas de reparación.

Evaluar los elementos que componen el sistema de alcantarillado, para disminuir al máximo las descargas directas de aguas residuales a los cuerpos receptores, evitando su contaminación y destrucción de los recursos naturales.

Buscar mejoras al sistema de alcantarillado en función de los resultados hidráulicos obtenidos para su mejor aprovechamiento a lo largo de su vida útil.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Elaborar la evaluación hidráulica y la modelación de la infraestructura del interceptor sanitario existente en el río Yanuncay, lo que permitirá asegurar el funcionamiento del mismo durante su vida útil.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar y recopilar datos de las características de los elementos que conforman el sistema de alcantarillado contemplados en el área de estudio.
- Elaborar una geodatabase de la información recopilada para el almacenamiento físico de datos del modelo del interceptor existente.
- Elaborar un modelo digital de un sistema de alcantarillado mediante la utilización del software SEWER GEMS.
- Verificar mediante la creación del modelo la situación actual del sistema de alcantarillado, considerando variables como: flujo, capacidad de la tubería, entre otros.
- Elaborar propuestas de mejoramiento para el sistema de alcantarillado conociendo los parámetros hidráulicos de cada componente.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Conceptos preliminares

Para la elaboración del modelo hidráulico del interceptor se definirán algunos conceptos de las partes que conforman una red de alcantarillado para comprender su funcionamiento y además se definirán los parámetros a considerar para esta evaluación.

1.4.2 Aguas servidas

Son aquellas que se obtienen después del uso dado por el ser humano, pueden ser de uso doméstico, comercial e industrial. Estas deben ser transportadas a su lugar de tratamiento por un sistema de alcantarillado, de no existir estas redes de recolección se vería comprometida la salud de las personas, por el riesgo de producirse enfermedades epidemiológicas y, además, se causaría destrucción de flora y fauna.

1.4.3 Aguas residuales

1.4.3.1 Aguas residuales domésticas

"Son originarias de los inodoros, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos. Estas aguas poseen contenidos de materia orgánica biodegradable, materia inorgánica, nutrientes y organismos patógenos." (Comisión Nacional del agua, 2009)

1.4.3.2 Aguas residuales industriales

"Son generadas por el uso en procesos industriales. Estas poseen también la composición de la aguas residuales doméstica y componentes tóxicos tales como el plomo, mercurio, níquel, cobre y otros, que tienen que ser canalizados a otro sistema en vez de ser evacuados al sistema de alcantarillado." (Comisión Nacional del agua, 2009)

1.4.4 Aguas lluvias

"Provienen de la precipitación pluvial y, debido a su efecto de lavado sobre tejidos, calles y suelos, pueden contener una gran cantidad de sólidos suspendidos; en zonas

de alta contaminación atmosférica, pueden contener algunos metales pesados y otros elementos químicos." (Comisión Nacional del agua, 2009)

1.4.5 Sistema de Alcantarillado

El sistema de alcantarillado consiste en una serie de tuberías para transportar las aguas provenientes del uso del ser humano, de forma segura desde su origen hasta su lugar de tratamiento y, además la escorrentía superficial producida por la lluvia.

1.4.5.1 Sistemas de alcantarillado convencionales

Estos sistemas son los comunes usados para la recolección y transporte de las aguas residuales y de escorrentía superficial producida por la lluvia, hasta el lugar de tratamiento, permiten gran flexibilidad al contener tuberías de grandes diámetros, ocasionada por la incertidumbre que se tiene al momento de valorar la densidad poblacional y su estimación futura. (Lopez Cualla, 2003)

- Alcantarillado sanitario: Sistema diseñado para el transporte de las aguas residuales domésticas e industriales.
- Alcantarillado pluvial: Sistema diseñado para la evacuación producida por la precipitación.
- Alcantarillado combinado: Conduce simultáneamente las aguas residuales, domesticas e industriales, y las aguas de lluvia. (Lopez Cualla, 2003)

1.4.5.2 Sistemas de alcantarillado no convencionales

Los sistemas de alcantarillado no convencionales se clasifican según el tipo de tecnología aplicada y en general se limita a la evacuación de las aguas residuales, estos sistemas van dirigidos a poblaciones con capacidad económica baja y requieren de un mantenimiento continuo para el buen funcionamiento, aparte de una buena definición y control en los parámetros de diseño. (Lopez Cualla, 2003)

- "Alcantarillado simplificado: Este sistema se debe tener en cuenta la opción de reducir los diámetros y reducir la distancia entre pozos al disponer de mejores equipos de mantenimiento." (Lopez Cualla, 2003)
- "Alcantarillado condominiales: Este colecta las aguas de viviendas que pertenecen a un pequeño grupo y las conduce a un sistema de alcantarillado convencional." (Lopez Cualla, 2003)
- "Alcantarillado sin arrastre de sólidos: Estos sistemas eliminan los sólidos de los efluentes por medio de un tanque interceptor para luego ser transportadas a un sistema de tratamiento por medio de tuberías de diámetro de energía uniforme que en ciertas secciones pueden funcionar a presión." (Lopez Cualla, 2003)

1.4.6 Elementos de una red de alcantarillado

- "Laterales o iniciales: Reciben únicamente los desagües provenientes de los domicilios.
- Secundarias: Reciben el caudal de dos o más tuberías iniciales.
- Colector secundario: Recibe el desagüe de dos o más tuberías secundarias.
- Colector principal: Capta el caudal de dos o más colectores secundarios.
- Emisario: Es el conducto que recibe las aguas de un colector o de un interceptor. No recibe ninguna aportación adicional en su trayecto y su función es conducir las aguas negras a la caja de entrada de la planta de tratamiento. También se le denomina emisor al conducto que lleva las aguas tratadas (efluente) de la caja de salida de la planta de tratamiento al sitio de descarga.
- Interceptor: Es la tubería que intercepta las aguas negras de los colectores y termina en un emisor o en la planta de tratamiento. En un modelo de

interceptores, las tuberías principales(colectores) se instalan en zonas con curvas de nivel más o menos paralelas y sin grandes desniveles, y se descargan a una tubería de mayor diámetro (interceptor) generalmente paralelo a alguna corriente natural, en lo posible debe ser una réplica subterránea del drenaje superficial natural por cuestiones económicas.

 Pozo de revisión: Estos facilitan la inspección y limpieza en el caso de haber algún problema con la conducción, ayudan a la ventilación. Se instalan en el comienzo de las atarjeas, en cambios de dirección y pendiente para cambiar de diámetro." (Lopez Cualla, 2003)

1.4.7 Modelos de configuraciones de colectores, interceptores y emisores

"Para recolectar las aguas residuales de una localidad, se debe seguir un modelo de configuración para el trazo de los colectores, interceptores y emisores el cual fundamentalmente depende de:

- La topografía
- La configuración de las calles
- Sitios de vertido
- La ubicación de la planta de tratamiento" (Comisión Nacional del agua, 2009)

1.4.7.1 Modelo perpendicular

"En el caso de una comunidad paralela a una corriente, con terreno con una suave pendiente hacia ésta, la mejor forma de colectar las aguas residuales se logra colocando tuberías perpendiculares a la corriente. Adicionalmente debe analizarse la conveniencia de conectar los colectores, con un interceptor paralelo a la corriente, para tener el menor número de descargas." (Comisión Nacional del agua, 2009)

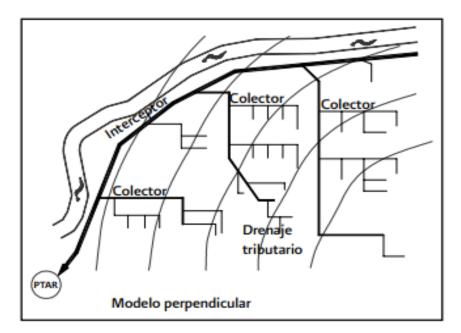


Figura 1: Diseño de un modelo perpendicular.

Fuente: (Lopez Cualla, 2003)

1.4.7.2 Modelo perpendicular con interceptor y aliviadero

Este sistema es apropiado para el sistema de alcantarillado combinado, debido a que tiene aliviaderos que permiten descargar en el rio el excedente de caudal cuando se produce la carga hidráulica pico, producida en la época de mayor precipitación y sin riesgo para la salud humana. (Lopez Cualla, 2003)

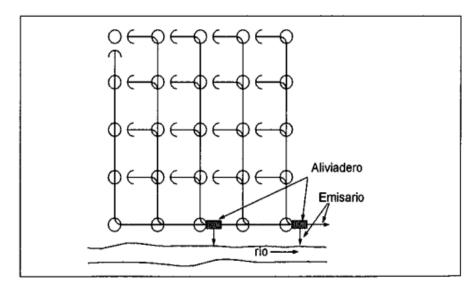


Figura 2: Diseño de un modelo perpendicular con interceptor y aliviadero

Fuente: (Lopez Cualla, 2003)

1.4.8 Unión de colectores

"La unión de colectores de la red del alcantarillado se realiza mediante estructuras denominadas pozos de unión o pozos de inspección, que permiten el cambio de dirección en el almacenamiento horizontal o vertical, el cambio de diámetro o sección, y las labores de inspección, limpieza y mantenimiento general del sistema.

La distancia permitida entre pozos depende del tipo de maquinaria máxima permitida utilizada para el mantenimiento del alcantarillado. Si el mantenimiento es manual, la distancia máxima se limita a 100 m o 120 m, mientras que si el mantenimiento se realiza por medios mecánicos o hidráulicos, la distancia máxima permitida es del orden de 200 m. En el emisario final, debido al hecho de que en el trayecto no puede existir adición de caudales, la distancia máxima entre pozos es de 300 m." (Lopez Cualla, 2003)

1.4.9 Caudal de infiltración

El caudal de infiltración incluye el agua del subsuelo que penetra las redes de alcantarillado, a través de las paredes de tuberías defectuosas, uniones de tuberías, conexiones, y las estructuras de los pozos de visita, cajas de paso, terminales de limpieza, etc.

El caudal de infiltración se determinará considerando los siguientes aspectos:

- Altura del nivel freático sobre el fondo del colector.
- Permeabilidad del suelo y cantidad de precipitación anual.
- Dimensiones, estado y tipo de alcantarillas
- Material de la tubería y tipo de unión.
- Cuidado en la construcción de cámaras de inspección. (Empresa Pública de Medellin, 2009)

Este aporte agregado se puede expresar ya sea en metros lineales de tubería o en hectáreas de área drenada. En el siguiente cuadro se presenta valores de infiltración que se puede considerar cuando no se disponga de información de campo.

Tabla 1: Valores de infiltración por longitud de tubería.

Condiciones	Infiltración (L/s*km)				
	Alta	Media	Baja		
Tuberías existentes	4,0	3,0	2,0		
Tuberías nuevas con unión de:			1		
Cemento	3,0	2,0	1,0		
Caucho	1,5	1,0	0,5		

Fuente: (Lopez Cualla, 2003)

Tabla 2: Valores de infiltración por área drenada RAS-2000.

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

Fuente: (Lopez Cualla, 2003)

1.4.10 Diseño de redes de alcantarillado

"El diseño de un sistema de alcantarillado por gravedad se realiza considerando que durante su funcionamiento, se debe cumplir la condición de auto limpieza para limitar la sedimentación de arena y otras sustancias sedimentables (heces y otros productos de desecho) en los colectores. La eliminación continua de sedimentos es costosa y en caso de falta de mantenimiento se pueden generar problemas de obstrucción y taponamiento. En el caso de flujo en canales abiertos la condición de auto limpieza está determinada por la pendiente del conducto. Para tuberías de alcantarillado, la pendiente mínima puede ser calculada utilizando el criterio de velocidad mínima o el criterio de la tensión tractiva." (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

1.4.10.1 Diámetros mínimos

- 200mm para colectores de alcantarillado sanitario.
- 300mm para colectores de alcantarillado combinado.
- 100mm para conexiones domiciliarias de los sistemas sanitarios.

 150mm para conexiones domiciliarias del sistema combinado y sumidero (Organización Panamericana de la Salud, 2005)

1.4.10.2 Fórmula para el cálculo de gasto de diseño

"Se establece el criterio de valorar el gasto de dotación de drenaje sanitario como un porcentaje del gasto de consumo de agua potable.

$$QAN = 80\% * Qmed lts/hab/d$$

Donde:

• Qmed: Caudal medio

Para los fraccionamientos Industriales y comerciales, el desarrollador deberá de analizar el porcentaje de la dotación que se verterá al drenaje sanitario, considerando que parte del agua de consumo debe de emplearse en el reúso del proceso industrial y áreas verdes. Los gastos de diseño que se emplean en los proyectos de alcantarillado sanitario son:

- Gasto medio
- Gasto mínimo
- Gasto máximo instantáneo
- Gasto máximo extraordinario

Los tres últimos se determinan a partir del primero." (Comisión Nacional del agua , 2009)

1.4.10.3 Gasto medio

"El gasto medio es el valor del caudal de aguas residuales en un día de aportación promedio al año. Para calcular el gasto medio de aguas residuales, se requiere definir la aportación de aguas residuales de las diferentes zonas identificadas en los planos de uso de suelo

$$Qmed = \frac{Ap * P}{86400}$$

Donde:

Qmed: Es el gasto medio de aguas residuales en l/s.

Ap: Es la aportación en litros por habitante al día.

P: Es la población en número de habitantes.

86 400: Son el número de segundos al día" (Comisión Nacional del agua , 2009)

CAPÍTULO 2

2. LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

2.1. Recolección de datos topográficos, demográficos y catastrales

Para la recolección de datos, la empresa prestadora del servicio de alcantarillado y agua potable ETAPA EP facilitó los catastros del interceptor comprendido entre el Cuenca Tenis Club y los Tres Puentes, de manera que se revisó la información existente de los pozos que comprenden el trayecto y se realizó en campo su verificación de coordenadas, cotas de tapa, cotas de fondo, cotas de entrada y salida, además se hizo un levantamiento de la información faltante de pozos con la cual se actualizó la información.

Con la información correcta y completa de cada pozo del interceptor se puede realizar la modelación esperada para evaluar sus parámetros hidráulicos.

2.2. Levantamiento de datos de campo

Se revisó la información brindada por la empresa ETAPA EP, una vez analizada se realizó el cambio de coordenadas de PSAD56 a WGS84, con esto se realizaron varias visitas a campo para verificar que las coordenadas de los pozos estén correctas y completar las cotas de tapa, fondo, entrada y salida.

Para realizar este proceso, se utilizó un GPS para localizar los pozos en los cuales se hizo su verificación de información, los cuales fueron los siguientes:

157, 159, d160, 160, 162, 163, d163: Se destapó cada pozo, se tomó con el GPS la cota de tapa y se midió la altura desde la tapa hasta el fondo con una regleta para verificar su cota de fondo, entrada y salida.

2, D77, 163: Se completó información de cotas.

158: Este pozo no se encontró, de manera que se eliminó de la red.

Una vez completada la información se puede procesar para tener como resultado final la modelación del interceptor comprendido desde el Cuenca Tenis Club y Tres Puentes.

Con la ayuda de los programas "CivilCad" y "ArcGis" se realizaron archivos .SHP, los cuales son necesarios para cargar en el software en el cual ejecutará la modelación del interceptor, en la tabla 3 se muestran todos los datos.

Tabla 3: Datos de los pozos.

# POZO	ESTE (WGS84)	NORTE (WGS84)	POZCTA (m)	POZCFO (m)	POZCOD	TIPO CALZADA
0	714.789,75	9.679.575,94	2.647,61	2.645,45	2	PASTO
1	714.846,44	9.679.614,40	2.645,72	2.643,44	3	PASTO
2	714.898,77	9.679.590,15	2.644,19	2.642,02	4	PASTO
3	714.942,00	9.679.565,06	2.642,75	2.640,68	5	PASTO
4	714.996,21	9.679.506,29	2.641,17	2.639,27	6	PASTO
5	715.031,02	9.679.437,59	2.640,54	2.638,14	7	PASTO
6	715.066,69	9.679.392,81	2.639,45	2.637,43	8	PASTO
7	715.132,70	9.679.347,30	2.638,09	2.636,03	9	PASTO
8	715.175,73	9.679.319,99	2.637,58	2.635,48	10	PASTO
9	715.208,65	9.679.281,56	2.637,97	2.634,82	11	PASTO
10	715.251,96	9.679.230,52	2.637,01	2.633,89	12	PASTO
11	715.291,35	9.679.201,58	2.636,14	2.633,14	13	PASTO
12	715.344,32	9.679.178,29	2.635,42	2.632,10	14	PASTO
13	715.435,97	9.679.142,46	2.632,23	2.630,23	15	PASTO
14	715.480,11	9.679.124,57	2.631,73	2.629,49	16	PASTO
15	715.547,83	9.679.081,13	2.629,81	2.627,69	17	PASTO
16	715.593,45	9.679.056,93	2.628,91	2.626,20	18	PASTO
17	715.637,18	9.679.040,24	2.628,68	2.625,27	19	PASTO
18	715.707,72	9.679.048,60	2.625,66	2.623,21	20	PASTO
19	715.763,10	9.679.055,54	2.624,86	2.622,12	21	PASTO
20	715.802,85	9.679.044,40	2.623,94	2.620,89	22	PASTO
21	715.841,04	9.679.069,32	2.623,34	2.620,10	23	PASTO
22	715.900,02	9.679.088,86	2.622,18	2.618,81	24	PASTO
23	715.984,57	9.679.088,60	2.621,53	2.617,05	25	PASTO
24	716.053,04	9.679.067,98	2.620,78	2.616,32	26	PASTO

25	716.118,75	9.679.052,13	2.619,83	2.615,65	27	PASTO
26	-	9.679.036,05	2.617,42	2.614,96	28	PASTO
27		9.679.019,19	2.616,75	2.614,28	29	PASTO
28		9.679.011,45	2.616,47	2.614,07	30	PASTO
29	<u> </u>	9.679.038,49	2.615,22	2.612,75	31	PASTO
30	716.343,71	9.679.081,70	2.614,12	2.611,12	32	PASTO
31	716.376,87	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	2.612,72	2.609,96	33	PASTO
32		9.679.111,38	2.612,47	2.609,52	34	PASTO
33	716.504,71	9.679.107,69	2.610,65	2.607,62	35	PASTO
34		9.679.108,54	2.609,22	2.607,12	36	PASTO
35	-	9.679.128,01	2.608,36	2.606,44	37	PASTO
36	716.628,16		2.608,58	2.606,16	38	PASTO
37	716.705,67	·	2.608,58	2.604,59	39	PASTO
38	716.739,05	9.679.174,53	2.607,96	2.604,12	40	PASTO
39	716.775,24	9.679.178,82	2.609,12	2.603,47	41	TIERRA
40	716.789,66	9.679.180,50	2.609,25	2.603,10	42	TIERRA
41	716.825,51	9.679.186,96	2.605,32	2.602,63	43	PASTO
42	716.837,20	9.679.183,82	2.605,04	2.602,50	44	PASTO
43	716.887,25	9.679.170,22	2.603,87	2.601,61	45	PASTO
44	716.912,99	9.679.162,87	2.603,06	2.601,27	46	PASTO
45	716.988,27	9.679.140,31	2.602,81	2.599,56	47	PASTO
46	717.014,20	9.679.128,36	2.603,41	2.599,03	48	PASTO
47	717.047,50	9.679.103,88	2.603,31	2.598,37	49	PASTO
48	717.069,87	9.679.074,98	2.603,57	2.597,95	50	PASTO
49	717.150,39	9.679.020,84	2.601,32	2.596,18	51	PASTO
50	717.178,58	9.679.002,99	2.601,02	2.595,85	52	PASTO
51	717.217,48	9.678.977,77	2.600,27	2.594,84	53	PASTO
52	717.221,50	9.678.965,66	2.599,95	2.594,62	54	PASTO
54	717.321,46	9.678.929,83	2.594,63	2.592,18	56	TIERRA
57	717.362,89	9.678.919,57	2.593,20	2.591,08	59	TIERRA
58	717.435,33	9.678.901,21	2.592,28	2.589,80	60	TIERRA
59	717.463,48	9.678.895,45	2.591,94	2.589,40	61	TIERRA
60	717.492,77	9.678.880,67	2.591,72	2.588,82	62	TIERRA
61	717.532,13	9.678.853,27	2.590,81	2.587,93	63	TIERRA
62	717.555,51	9.678.834,18	2.590,51	2.587,51	64	TIERRA
63	717.608,57	9.678.798,51	2.589,59	2.586,47	65	TIERRA
64	717.652,64	9.678.773,65	2.588,87	2.585,70	66	TIERRA
65	717.693,58	9.678.753,86	2.587,46	2.584,96	67	TIERRA
66	717.740,22	9.678.734,10	2.586,39	2.583,94	68	TIERRA
67	717.766,39	9.678.724,06	2.585,85	2.583,45	69	TIERRA
68	717.790,81	9.678.718,80	2.585,34	2.583,09	70	TIERRA
69	717.829,95	9.678.734,52	2.585,59	2.582,35	71	TIERRA
70	717.864,68	9.678.735,84	2.584,88	2.581,64	72	PASTO

114	719.586,36	9.678.465,52	2.553,56	2.549,81	117	PASTO
115	-	9.678.446,84	2.553,65	2.548,20	118	PASTO
116		9.678.431,38	2.551,66	2.547,24	119	PASTO
117	<u> </u>	9.678.425,25	2.549,83	2.546,37	120	PASTO
118	<u> </u>	9.678.406,49	2.549,20	2.545,82	121	PASTO
119	719.881,50		2.548,55	2.545,24	122	PASTO
120	719.920,35	9.678.371,38	2.547,97	2.544,73	123	PASTO
121	719.963,99	9.678.345,03	2.547,41	2.544,08	124	PASTO
122	720.023,90	9.678.318,36	2.546,64	2.543,20	125	PASTO
123	720.081,79	9.678.289,97	2.545,55	2.542,23	126	PASTO
124	720.127,78	9.678.262,50	2.545,79	2.541,50	127	PASTO
125	720.142,35	9.678.247,83	2.545,53	2.541,13	128	PASTO
126	720.182,99	9.678.228,90	2.543,54	2.540,84	129	PASTO
127	720.202,58	9.678.217,14	2.543,23	2.540,58	130	PASTO
128	720.210,79	9.678.204,77	2.545,62	2.540,09	131	TIERRA
129	720.242,32	9.678.203,78	2.544,79	2.539,69	132	TIERRA
130	720.283,73	9.678.210,41	2.542,37	2.539,33	133	TIERRA
131	720.319,01	9.678.217,32	2.540,57	2.538,66	134	PASTO
132	720.348,39	9.678.219,00	2.539,94	2.537,88	135	TIERRA
133	720.365,68	9.678.212,90	2.539,65	2.537,39	136	TIERRA
134	720.412,61	9.678.185,38	2.538,58	2.536,16	137	TIERRA
135	720.454,96	9.678.151,21	2.540,07	2.535,81	138.2	TIERRA
136	720.471,13	9.678.133,18	2.540,80	2.535,64	138	PASTO
137	720.507,50	9.678.110,52	2.540,49	2.535,35	139	PASTO
138	720.538,40	9.678.093,86	2.539,35	2.534,92	140	PASTO
139	720.568,06	9.678.089,39	2.538,21	2.534,03	141	PASTO
140	720.610,63	9.678.083,89	2.537,22	2.533,83	142	PASTO
141	720.647,36	9.678.086,67	2.536,52	2.533,32	143	PASTO
142	720.695,93	9.678.086,08	2.536,53	2.532,72	144	PASTO
143	720.718,39	9.678.075,39	2.536,15	2.532,30	145	PASTO
144	720.753,36	9.678.030,47	2.535,29	2.531,46	146	PASTO
145	720.764,43	9.677.981,81	2.533,66	2.530,74	147	PASTO
146	720.778,27	9.677.926,23	2.532,83	2.529,74	148	PASTO
147	720.794,96	9.677.892,47	2.532,48	2.529,34	149	PASTO
148	720.799,99	9.677.881,98	2.532,46	2.529,28	150	PASTO
149	720.805,74	9.677.870,59	2.532,05	2.529,06	151	PASTO
150	720.844,01	9.677.832,06	2.531,15	2.528,94	152	PASTO
151	720.861,91	9.677.814,82	2.530,42	2.528,61	153	PASTO
152	720.914,07	9.677.799,89	2.529,52	2.528,02	154	PASTO
153	720.971,68	9.677.782,56	2.528,54	2.526,95	155	PASTO
154	721.008,41	9.677.749,42	2.528,25	2.526,31	156	PASTO
155		9.677.697,42	2.527,45	2.525,80	157	PASTO
156	721.087,43	9.677.609,31	2.526,66	2.524,68	159	PASTO

158	721.130,01	9.677.590,10	2.526,02	2.522,32	160	TIERRA
159	721.192,97	9.677.569,77	2.526,35	2.522,30	161	PASTO
160	721.214,20	9.677.556,33	2.526,39	2.522,24	162	PASTO
161	721.230,00	9.677.549,00	2.526,53	2.521,63	d163	PASTO

La tabla 3 nos muestra los datos de los catastros actualizados y corregidos de los pozos, los mismos que presentan la siguiente información:

La primera columna (# PUNTO): Este campo muestra la numeración del pozo.

La segunda y tercera columna (ESTE) - (NORTE): Estos campos muestran las coordenadas de los pozos.

La cuarta columna (POZCTA): Este campo muestra la cota de la tapa del pozo.

La quinta columna (POZCFO): Este campo muestra la cota de fondo del pozo.

La sexta columna (POZCOD): Este campo muestra el código que tiene cada pozo.

La séptima columna (TIPO DE CALAZADA): Este campo indica sobre qué tipo de calzada está emplazada el pozo.

Tabla 4: Datos de las tuberías.

POZO	POZO			TRACEN	TRACSAL	TRADIA
INICIAL	FINAL	ID	TRAMAT	(m)	(m)	(mm)
2	3	1	PVC	2.645,45	2.643,47	300
3	4	2	PVC	2.643,47	2.642,02	300
4	5	3	PVC	2.642,02	2.640,68	300
5	6	4	PVC	2.640,68	2.639,27	300
6	7	5	PVC	2.639,27	2.638,20	300
7	8	6	PVC	2.638,20	2.637,45	300
8	9	7	PVC	2.637,45	2.636,04	300
9	10	8	PVC	2.636,04	2.635,53	300
10	11	9	PVC	2.635,53	2.634,82	300
11	12	10	PVC	2.634,82	2.633,93	300
12	13	11	PVC	2.633,93	2.633,19	300
13	14	12	PVC	2.633,19	2.632,12	300
14	15	13	PVC	2.632,12	2.630,23	300

61	62	60	PVC	2.589,41	2.588,82	300
62	63	61	PVC	2.588,82	2.587,97	300
63	64	62	PVC	2.587,97	2.587,58	300
64	65	63	PVC	2.587,58	2.586,51	300
65	66	64	PVC	2.586,51	2.585,75	300
66	67	65	PVC	2.585,75	2.584,98	300
67	68	66	PVC	2.584,98	2.583,97	300
68	69	67	PVC	2.583,97	2.583,46	300
69	70	68	PVC	2.583,46	2.583,09	300
70	71	69	PVC	2.583,09	2.582,36	300
71	72	70	PVC	2.582,36	2.581,66	300
72	73	71	PVC	2.581,66	2.580,80	350
73	74	72	PVC	2.580,80	2.579,42	350
74	75	73	PVC	2.579,42	2.579,13	350
75	76	74	PVC	2.579,13	2.578,41	350
76	77	75	PVC	2.578,41	2.591,80	350
77	78	77	PVC	2.577,53	2.577,21	350
78	79	78	PVC	2.577,21	2.576,79	350
79	80	79	PVC	2.576,79	2.576,42	350
80	81	80	PVC	2.576,42	2.575,88	350
81	82	81	PVC	2.575,88	2.575,34	350
82	83	82	PVC	2.575,34	2.574,45	350
83	84	83	PVC	2.574,45	2.573,14	350
84	85	84	PVC	2.573,14	2.572,56	350
85	86	85	PVC	2.572,56	2.571,51	350
86	87	86	PVC	2.571,51	2.570,89	350
87	88	87	PVC	2.570,89	2.570,22	350
88	89	88	PVC	2.570,22	2.570,22	350
89	90	89	PVC	2.570,22	2.569,45	350
90	91	90	PVC	2.569,45	2.568,68	350
91	92	91	PVC	2.568,68	2.567,97	350
92	93	92	PVC	2.567,97	2.567,63	350
93	94	93	PVC	2.567,63	2.566,34	350
94	95	94	PVC	2.566,34	2.565,65	350
95	96	95	PVC	2.565,65	2.565,38	350
96	97	96	PVC	2.565,38	2.564,45	350
97	98	97	PVC	2.564,45	2.563,94	350
98	99	98	PVC	2.563,94	2.563,59	350
99	100	99	PVC	2.563,59	2.562,81	350
100	101	100	PVC	2.562,81	2.561,97	350
101	102	101	PVC	2.561,97	2.561,23	350
102	103	102	PVC	2.561,23	2.559,61	350
103	104	103	PVC	2.559,61	2.559,12	550

104	105	104	PVC	2.559,12	2.557,37	550
105	106	105	PVC	2.557,37	2.556,11	550
106	108	106	PVC	2.556,11	2.568,80	550
108	109	108	PVC	2.555,72	2.554,28	550
109	110	109	PVC	2.554,28	2.553,80	550
110	111	110	PVC	2.553,80	2.553,17	550
111	112	111	PVC	2.553,17	2.552,60	550
112	113	112	PVC	2.552,60	2.552,10	550
113	114	113	PVC	2.552,10	2.551,09	550
114	115	114	PVC	2.551,09	2.550,83	550
115	116	115	PVC	2.550,83	2.550,42	550
116	117	116	PVC	2.550,42	2.549,96	550
117	118	117	PVC	2.549,96	2.548,31	550
118	119	118	PVC	2.548,31	2.547,24	550
119	120	119	PVC	2.547,24	2.546,41	550
120	121	120	PVC	2.546,41	2.545,84	550
121	122	121	PVC	2.545,84	2.545,25	550
122	123	122	PVC	2.545,25	2.544,75	550
123	124	123	PVC	2.544,75	2.544,10	550
124	125	124	PVC	2.544,10	2.543,23	550
125	126	125	PVC	2.543,23	2.542,27	550
126	127	126	PVC	2.542,27	2.541,50	550
127	128	127	PVC	2.541,50	2.541,13	550
128	129	128	PVC	2.541,13	2.540,84	550
129	130	129	PVC	2.540,84	2.540,58	550
130	131	130	PVC	2.540,58	2.540,16	550
131	132	131	PVC	2.540,16	2.539,70	550
132	133	132	PVC	2.539,70	2.539,34	550
133	134	133	PVC	2.539,34	2.538,68	550
134	135	134	PVC	2.538,68	2.537,89	550
135	136	135	PVC	2.537,89	2.537,42	550
136	137	136	PVC	2.537,42	2.536,19	550
137	138`	137	PVC	2.536,19	2.535,81	550
138`	138	138	PVC	2.535,81	2.535,66	550
138	139	139	PVC	2.535,66	2.535,37	550
139	140	140	PVC	2.535,37	2.535,01	550
140	141	141	PVC	2.535,01	2.534,04	550
141	142	142	PVC	2.534,04	2.533,83	550
142	143	143	PVC	2.533,83	2.533,36	550
143	144	144	PVC	2.533,36	2.532,75	550
144	145	145	PVC	2.532,75	2.532,34	550
145	146	146	PVC	2.532,34	2.531,47	550
146	147	147	PVC	2.531,47	2.530,77	550

147	148	148	PVC	2.530,77	2.529,87	550
148	149	149	PVC	2.529,87	2.529,34	550
149	150	150	PVC	2.529,34	2.529,28	550
150	151	151	PVC	2.529,28	2.529,07	550
151	152	152	PVC	2.529,07	2.528,94	550
152	153	153	PVC	2.528,94	2.528,61	550
153	154	154	PVC	2.528,61	2.527,67	550
154	155	155	PVC	2.527,67	2.526,98	550
155	156	156	PVC	2.526,98	2.526,38	550
156	157	157	PVC	2.526,38	2.525,82	550
157	159	158	PVC	2.525,82	2.524,70	550
159	160	159	PVC	2.524,70	2.524,21	550
160	161	161	PVC	2.524,21	2.523,53	550
161	162	162	PVC	2.523,53	2.523,29	550
162	163	163	PVC	2.523,29	2.524,85	550

La tabla 4 muestra los datos actualizados y corregidos de las tuberías, los mismos que presentan la siguiente información:

La primera columna (POZO_INICIAL): Este campo indica el pozo con el que empieza cada tramo de tubería.

La segunda columna (POZO_FIN): Este campo indica el pozo con el que termina cada tramo de tubería.

La tercera columna (# TUBERIA): este campo muestra la numeración de las tuberías.

La cuarta columna (TRAMAT): Este campo muestra el tipo de material de cada tramo del interceptor.

La quinta columna (TRACEN): Este campo muestra la cota de entrada de la tubería.

La sexta columna (TRACSAL): Este campo muestra la cota salida de la tubería.

La séptima columna (TRADIA): Este campo muestra el diámetro de cada tramo del interceptor.

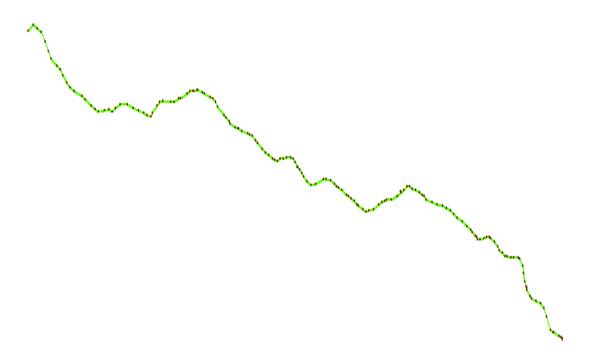


Figura 3: Tuberías y pozos del interceptor.

En el gráfico 3 representa el interceptor con sus tuberías y pozos cargados en el software "ArcGis" con todas sus propiedades actualizadas y analizadas.

2.3. Elaboración del Modelo Digital en 3D

Una vez generados los archivos .SHP de las tuberías y pozos con sus propiedades del tramo a avaluar, se realizó el modelo 3D del interceptor emplazado en sitio con la ayuda del software "ArcGis".

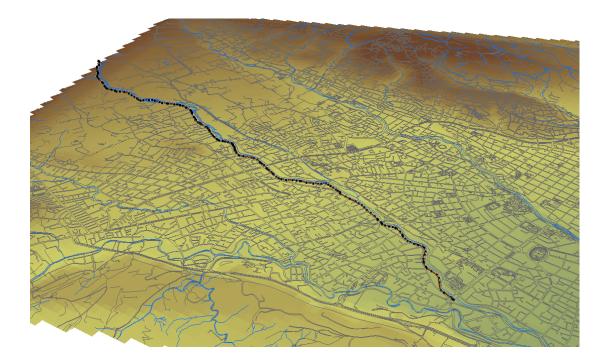


Figura 4: Modelo digital del interceptor del río Yanuncay.

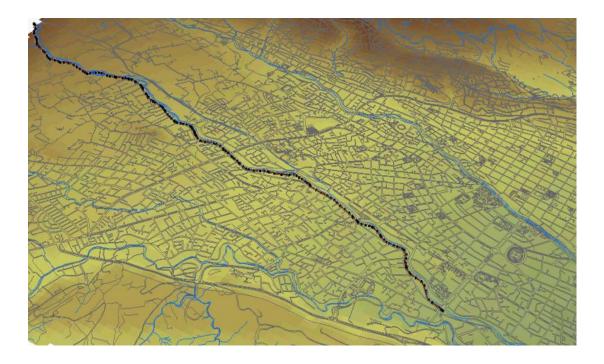


Figura 5: Modelo digital del interceptor del río Yanuncay.

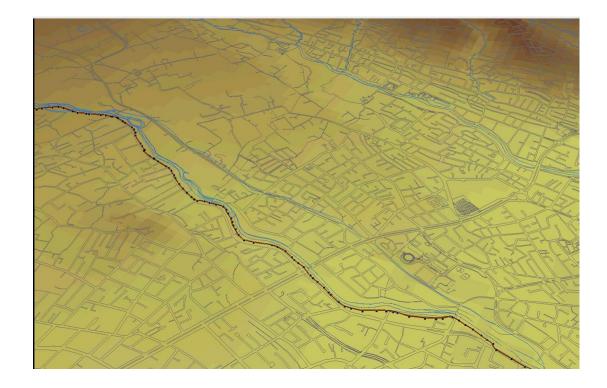


Figura 6: Modelo digital del interceptor del río Yanuncay.

CAPÍTULO 3

3. EVALUACIÓN HIDRÁULICA

3.1. Discretización de las áreas de Aporte

Con la actualización de los pozos y tuberías existentes, en el software "CivilCad" se realizó el trazado de las áreas de aporte para los pozos, considerando como pozo de fin de cada área de aporte a los que se encuentran a lado de una descarga, de igual manera identificando las curvas de nivel se analizó el sentido del flujo para saber desde que zona se está aportando al tramo del interceptor a evaluar, sirviendo estas como base para el diseño de las redes colectoras que se generen en un futuro con el crecimiento demográfico.

Una vez trazadas las áreas de aporte se realizó un archivo .SHP de las mismas, para el cálculo de cada área y además crear los campos necesarios para su modelación.

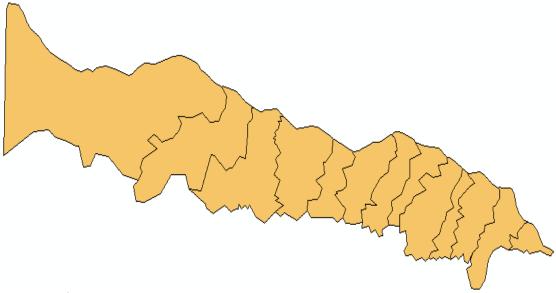


Figura 7: Áreas de aporte .SHP.

El gráfico 7 representa las áreas de aporte para los tramos de la zona marginal del río Yanuncay.

Tabla 5: Área de Aporte para cada descarga.

# DESCARGA	AREA (m2)
1	1`828.978,70
2	602958,41
3	513642,5
4	396936,15
5	184658,54
6	259060,07
7	227986,96
8	158447,25
9	317829,91
10	120451,88
11	234128,96
12	224874,2
13	73338,03

La primera columna (# DESCARGA): Este campo muestra el número de descarga.

La segunda columna (Área): Este campo muestra el área en m2 que aporta a cada uno de los pozos de descarga.

3.2 Propiedades Físicas de los colectores y Pozos

3.2.1 Longitud de las Tuberías

La longitud de las tuberías para cada área de aporte se calculó con la ayuda del software "ArcGis", se realizó un archivo .SHP de la red de tuberías de Cuenca para intersectar con el archivo .SHP creado de las áreas de aporte, para de esta manera obtener las tuberías que se encuentran dentro de esta, con esto se realizó el cálculo de la longitud total de tuberías internas a cada área.

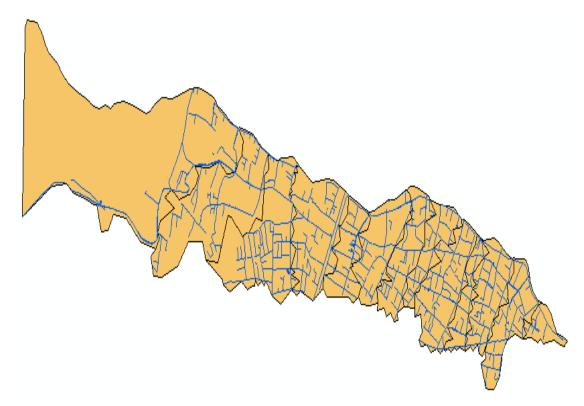


Figura 8: Tuberías de cada área de aporte.

Tabla 6: Longitud de tuberías de cada área de aporte.

ÁREA	LONGITUD (m)
1	9.606,15
2	6.597,53
3	7.888,77
4	6.307,89
5	3.605,27
6	3.890,74
7	3.925,88
8	2.862,66
9	6.380,09
10	2.404,95
11	4.865,68
12	4.734,30
13	1.282,92

La tabla 6 indica la longitud total de las tuberías que se encuentran dentro de cada área de aporte.

3.2.2 Población

Para estimar la población se realizan censos de población o mediante el número de casas y considerando el promedio de personas por familia se obtiene este valor.

En este caso se realizó un archivo .Shp de la densidad poblacional de cada área de aporte para los pozos del interceptor a evaluar con la ayuda del software "ArcGis", teniendo como base un archivo .Shp de la densidad poblacional de la ciudad de Cuenca, el mismo que se enlazó de tal manera que se extrajo la población de cada área de aporte trazada.

Para el cálculo de la población se consideró el siguiente criterio, expresada en la siguiente formula:

$$Pob = A \times \rho$$

Donde:

A= Área

 $\rho = Densidad$

Tabla 7: Población.Shp de los diferentes años a evaluar.

AREAS	POB_ACTUAL	POB_2020
1	1.985	2.757
2	1.441	2.208
3	2.822	4.059
4	2.991	4.115
5	1.581	2.095
6	1.873	2.548
7	1.977	2.479
8	1.114	1.486
9	2.567	3.385
10	913	1.276
11	1.969	2.476
12	1.994	2.558
13	316	474

Los valores que se muestra en las columnas 2 y 3 se calcularon a partir de la densidad poblacional actual.

3.2.3 Densidad de Población

"La densidad de población se define como el número de personas que habitan en una extensión de una hectárea. Un estudio de densidad de población debe reflejar su distribución de manera zonificada, la densidad actual y la máxima densidad esperada (densidad de saturación); hay que valorar este último, con el cual se debe diseñar el sistema de alcantarillado, y con la densidad actual verificar el comportamiento hidráulico del sistema.

La densidad varía según el estrato socioeconómico y el tamaño de la población. Para poblaciones pequeñas, la densidad puede fluctuar entre 100 y 200 hab/ha, mientras que para poblaciones mayores o ciudades, la densidad suele determinarse por el estrato y los usos de la zona (residencial, industrial o comercial) y puede llegar a valores del orden de 400 hab/ha o más." (Lopez Cualla, 2003)

3.2.4Aportes de aguas residuales

Con los valores de la población se puede estimar los gastos de diseño para los años a avaluar, para su cálculo se aplicó el siguiente criterio:

$$qas = \frac{f \times D \times P}{86400}$$

Términos:

f = factor de retorno del agua de abastecimiento a las redes de alcantarillado

D = Dotación percápita de agua potable (l/(hab*dia)).

P = Población aportante (Hab)

qas= Gasto medio de aguas residuales (l/s)

El rango del factor de retorno varía de 0,70 a 0,80. Para el cálculo se consideró el valor máximo de 0,80.

Para estimar el caudal pico de aguas residuales en el diseño hidráulico de los colectores se considera un factor de mayoración y viene dado por la siguiente formula de Harmon.

$$M = \frac{18 + \sqrt{P}}{4 + \sqrt{P}}$$

Términos:

M = factor de mayoración del caudal sanitario

P = Población aportante (miles de habitantes)

Tabla 8: Mayoración de los diferentes años a evaluar.

M_ACTUAL	M_2020
3,59	3,47
3,69	3,55
3,46	3,33
3,44	3,32
3,66	3,57
3,61	3,50
3,59	3,51
3,77	3,68
3,50	3,40
3,83	3,73
3,59	3,51
3,59	3,50
4,07	3,99

De manera que la fórmula del gasto de diseño sanitario mayorado, se expresa de la siguiente forma:

$$Qas = M * qas$$

3.2.5 Caudal de Infiltración

El caudal de infiltración se produce por la entrada de agua por debajo del nivel freático del suelo, a través de las uniones entre tramos de tuberías, fisuras en el tubo y en la unión con las estructuras de conexión como los pozos de inspección.

El valor de este aporte adicional se estima considerando las propiedades del suelo en el que se emplaza la red de alcantarillado sanitario, de igual manera se toma en cuenta que si son sectores colinados el aporte que existirá será bajo debido a que el nivel freático se encuentra profundo, por otra parte en los sectores bajos cercanos a quebradas y ríos con nivel freáticos altos se tendrá una mayor infiltración.

El caudal de infiltración a considerar para el diseño es de 1 l/s/km, debido a que se encuentra al margen del río y existe mayor infiltración por ser el suelo de tipo granular.

Tabla 9: Datos para el diseño.

DATOS					
f= 0.8					
Dot=	200	It/hab*dia			
Qi=	1	I/s/km			

Tabla 10: Caudales de aportación a los pozos .shp.

Qs_Actual	Qs_Pob_20	Q_Infiltraciòn	Q_Diseño
13,19	43,99	9,61	16,38
9,85	26,17	6,60	
18,11	88,23	7,89	77,05
19,07	94,65	6,31	
10,72	27,37	3,61	
12,51	38,69	3,89	221,60
13,14	39,84	3,93	
7,77	14,11	2,86	
16,63	68,33	6,38	
6,47	10,06	2,40	
13,10	39,63	4,87	
13,25	41,33	4,73	
2,38	1,38	1,28	

La tabla muestra los caudales multiplicados por el factor de mayoración.

Las columnas 1 y 2 muestran los caudales para la situación actual y 2020 a evaluar, la columna 3 muestra el caudal de infiltración para cada pozo a cargar y para los valores presentados en la columna 4 se tomaron los datos de caudal con los que fue diseñado el interceptor.

Los gráficos 9 y 10 presentan los caudales que se van acumulando conforme va avanzando hasta llegar al último tramo.

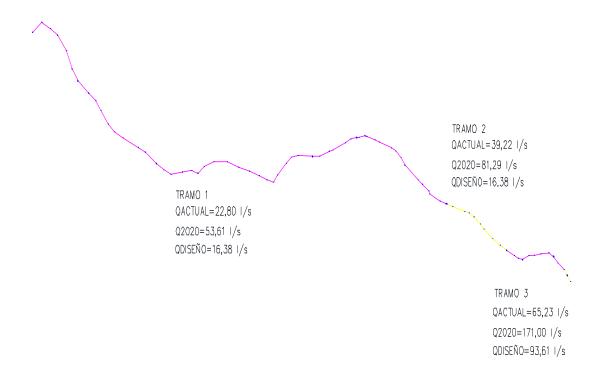


Figura 9: Caudales acumulados.

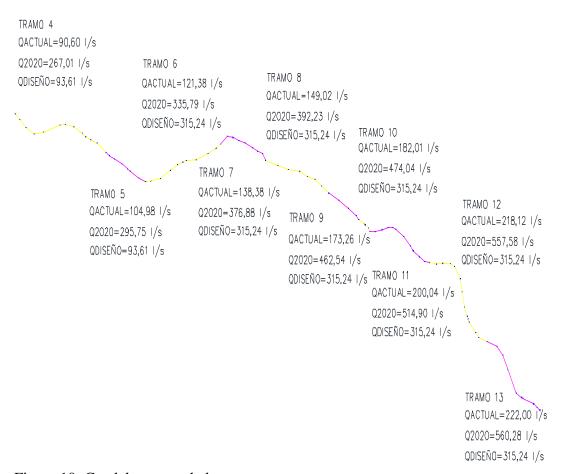


Figura 10: Caudales acumulados.

3.3. Simulaciones realizadas

Concluida la modelación, se realizaron simulaciones para la situación actual, para el año 2020 y para el caudal de diseño en las 24 horas del día, determinando que en los horarios donde el flujo es mayor son a las 10:00 y 22:00 horas, los cuales se analizó, teniendo como resultado que en la actualidad el interceptor está funcionando correctamente, pero los resultados obtenidos para el año 2020 y con los caudales de diseño se tuvo que existen problemas en ciertos tramos donde el caudal sobrepasa la capacidad máxima de la tubería, a continuación en la tabla 11 se presenta una comparación de la capacidad límite de la tubería contra el caudal que transporta en los diferentes periodos a evaluar.

Tabl 11: Comparación de caudal vs capacidad

TUBERÍA	CAPACIDAD	Q_Actual	Q_2020	Q_DISEÑO
	l/s	l/s	l/s	l/s
2.001	165,49	22,80	53,59	16,38
2.002	151,79	23,24	53,60	16,39
2.003	158,40	22,81	53,62	16,99
2.004	128,42	22,81	54,78	16,42
2.005	117,50	23,05	56,22	16,48
2.006	107,69	22,86	57,06	16,52
2.007	127,73	22,89	58,04	16,40
2.008	99,81	22,90	54,10	16,49
2.009	111,11	22,84	53,81	16,40
2.010	113,56	22,84	54,48	16,42
2.011	119,62	22,85	54,76	16,43
2.012	129,64	22,85	53,79	16,42
2.013	133,34	22,86	53,66	16,41
2.014	121,03	22,85	54,06	16,41
2.015	144,60	22,85	54,17	16,41
2.016	163,98	22,86	53,68	16,41
2.017	136,61	22,84	53,68	16,41
2.018	164,51	22,85	53,74	16,42
2.019	135,15	22,83	53,83	16,42
2.020	167,11	22,84	53,92	16,42
2.021	126,96	22,83	53,80	16,42
2.022	139,49	22,84	53,72	16,42
2.023	139,40	22,86	53,70	16,43
2.024	97,97	22,85	53,71	16,43
2.025	96,27	22,86	53,79	16,42
2.026	101,40	22,84	53,70	16,41
2.027	113,74	22,85	53,72	16,41
2.028	69,32	22,84	53,71	16,42
2.029	188,37	22,84	53,71	16,41

2.030	147,44	22,84	53,69	16,42
2.031	162,80	22,84	53,70	16,42
2.032	101,82	22,85	53,72	16,41
2.033	141,69	22,86	53,72	16,42
2.034	104,92	22,86	53,72	16,43
2.035	100,92	22,87	53,73	16,44
2.036	107,75	22,87	53,73	16,41
2.037	133,30	22,87	53,70	16,41
2.038	110,25	22,89	53,69	16,42
2.039	129,74	22,87	53,69	16,43
2.040	152,91	22,87	53,70	16,42
2.041	110,31	22,87	53,71	16,42
2.042	101,35	22,86	53,73	16,42
2.043	126,10	22,86	53,73	16,41
2.044	110,11	22,86	53,74	16,42
2.045	142,68	22,87	53,72	16,42
2.046	131,77	22,88	53,71	16,41
2.047	121,55	22,88	53,72	16,40
2.048	104,52	22,89	53,70	16,41
2.049	130,35	22,89	53,69	16,41
2.050	97,33	22,89	53,72	16,40
2.051	142,51	22,88	53,71	16,39
2.052	127,27	22,88	53,73	16,38
2.053	148,98	22,88	53,73	16,39
2.055	124,18	39,33	81,41	16,40
2.058	126,55	39,33	81,42	16,40
2.059	113,81	39,33	81,40	16,39
2.060	128,58	39,34	81,40	16,38
2.061	132,03	39,33	81,38	16,37
2.062	113,67	39,34	81,39	16,38
2.063	123,51	39,32	81,40	16,37
2.064	119,22	39,32	81,28	16,36
2.065	123,18	39,31	82,09	16,35

2.066	137,43	65,30	170,94	93,41
2.067	127,84	65,30	170,22	93,42
2068	115,46	65,30	170,20	93,42
2.069	128,68	65,30	170,20	93,42
2.070	137,93	65,31	170,20	93,41
2.071	211,51	65,32	170,20	93,43
2.072	250,31	65,29	170,21	93,42
2.073	130,83	65,30	170,24	93,44
2.074	210,13	65,31	170,23	93,48
2.075	141,70	65,31	170,25	93,49
2.077	242,23	65,31	170,21	93,45
2.078	164,45	90,68	266,26	93,44
2.079	153,68	90,69	266,27	93,47
2.080	157,33	90,69	266,26	93,45
2.081	147,53	90,69	266,27	93,45
2.082	178,57	90,68	266,26	93,46
2.083	169,96	90,70	266,27	93,45
2.084	185,59	90,69	266,27	93,48
2.085	206,98	90,69	266,25	93,44
2.086	151,31	90,71	266,27	93,45
2.087	157,53	90,69	266,23	93,44
2.088	166,99	90,70	266,23	93,43
2.089	206,70	90,69	266,22	93,43
2.090	152,24	90,71	266,24	93,43
2.091	256,71	90,70	266,27	93,43
2.092	152,83	105,01	294,96	93,42
2.093	237,50	105,01	294,95	93,43
2.094	191,54	105,04	294,96	93,45
2.095	184,93	105,06	294,98	93,46
2.096	187,39	105,05	294,98	93,45
2.097	161,96	105,06	294,94	93,44
2.098	153,85	105,04	294,93	93,42
2.099	169,68	121,43	334,98	315,00

2.100	157,51	121,47	334,96	315,00
2.101	190,74	121,46	334,97	314,99
2.102	315,25	121,42	334,99	314,99
2.103	738,33	121,43	335,04	314,99
2.104	844,52	121,42	335,03	315,00
2.105	624,28	121,44	335,02	315,01
2.106	308,15	121,49	335,03	315,03
2.108	1104,37	121,45	334,99	315,04
2.109	482,99	121,46	334,98	315,05
2.110	658,58	121,46	334,99	315,07
2.111	621,48	138,52	376,07	315,08
2.112	556,58	138,49	376,09	315,05
2.113	711,07	138,48	376,07	315,05
2.114	414,24	138,52	376,08	315,04
2.115	554,08	138,50	376,09	315,06
2.116	673,00	138,50	376,09	315,07
2.117	710,60	138,51	376,08	315,09
2.118	597,73	138,51	376,15	315,09
2.119	544,69	149,14	391,68	315,08
2.120	510,50	149,13	391,58	315,13
2.121	548,23	149,15	391,59	315,12
2.122	511,33	149,14	391,57	315,11
2.123	548,92	149,18	391,58	315,09
2.124	563,99	149,16	391,57	315,07
2.125	597,17	149,18	391,61	315,05
2.126	568,74	172,18	461,29	315,09
2.127	651,26	172,20	461,27	315,09
2.128	395,58	172,17	461,24	315,08
2.129	513,36	172,19	461,24	315,08
2.130	882,87	181,07	472,71	315,09
2.131	551,01	181,07	472,71	315,10
2.132	450,42	181,04	472,70	315,05
2.133	666,69	198,99	513,58	315,05

2.134	791,59	198,98	513,59	315,08
2.135	797,68	198,98	513,57	315,08
2.136	732,01	198,99	513,56	315,10
2.137	386,53	199,01	513,57	315,14
2.138	413,84	198,99	513,57	315,11
2.139	398,45	198,99	513,57	315,12
2.140	542,56	198,99	513,56	315,09
2.141	839,18	198,99	513,57	315,07
2.142	325,63	199,01	513,58	315,08
2.143	573,43	199,01	513,58	315,08
2.144	543,33	216,98	556,21	315,11
2.145	634,25	216,96	556,23	315,11
2.146	589,63	216,96	556,19	315,09
2.147	585,62	216,96	556,18	315,14
2.148	642,35	216,98	556,16	315,12
2.149	504,88	216,99	556,16	315,12
2.150	346,77	217,02	556,16	315,10
2.151	639,05	216,98	556,16	315,08
2.152	226,00	216,97	556,16	315,10
2.153	563,52	216,98	556,16	315,08
2.154	508,14	216,99	556,16	315,09
2.155	648,67	216,99	556,15	315,10
2.156	551,18	216,99	556,16	315,13
2.157	453,31	220,67	559,04	315,16
2.158	511,78	220,70	559,04	315,15
2.159	1024,78	220,66	559,04	315,17
2.161	84,65	220,65	559,06	315,14
2.162	231,86	220,64	559,05	315,14
2.163	608,48	220,67	559,05	315,13
2.164	1357,58	220,66	559,05	315,13

Los valores sombreados en la tabla 11 son los tramos donde existe falta de capacidad, si se compara con la columna 2 se observa que los valores máximos de la tubería son menores a los que requiere transportar.

En el gráfico 11 se muestran los tramos donde existen falta de capacidad (color rojo) y se puede apreciar que la parte con inconveniente es la central y final, la misma que posee un diámetro de tubería de 350mm y 550mm respectivamente.

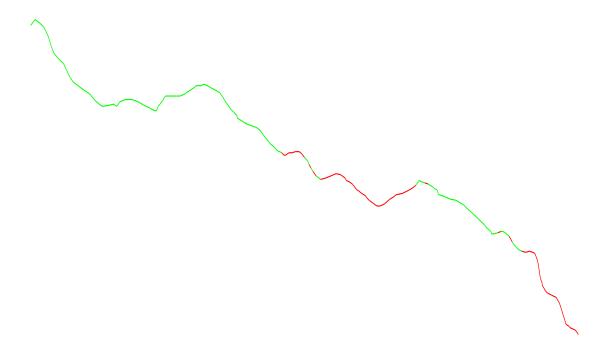


Figura 11: Tramos con falta de capacidad.

En las tablas 12, 13, 14 y 15 se muestran los resultados en los horarios donde se encontró que el flujo es el mayor, en los tramos que se presenta a continuación el caudal sobrepasa la máxima capacidad de la tubería y trabaja a sección llena.

Tabla 12: Tuberías con falta de capacidad para el caudal del año 2020 tramo 1 a las 10:00 am.

Id	Caudal	Velocidad	Caudal	Nivel de
	(l/s)	(m/s)	Caudal/Capacidad	llenado
216	81,10	1,15	0,71	1,00
317	81,37	1,15	0,66	1,00

285	81,13	1,15	0,68	1,00
264	81,24	1,15	0,66	1,00
287	144,58	2,05	1,05	1,00
209	144,46	2,04	1,13	1,00
205	144,74	2,05	1,25	1,00
259	144,61	2,05	1,12	1,00
233	144,42	2,04	1,05	1,00
250	144,63	1,50	0,68	1,00
273	144,62	1,50	0,58	1,00
223	144,38	1,50	1,10	1,00
234	144,94	1,51	0,69	1,00
263	144,30	1,50	1,02	1,00
213	144,85	1,51	0,60	1,00
217	240,50	2,50	1,46	1,00
229	189,35	1,97	1,23	1,00
275	189,43	1,97	1,20	1,00
295	189,25	1,97	1,28	1,00
302	189,46	1,97	1,06	1,00
345	189,27	1,97	1,11	1,00
222	189,73	1,97	1,02	1,00
292	189,25	1,97	0,91	1,00
300	176,92	1,84	1,17	1,00
206	176,88	1,84	1,12	1,00
214	176,93	1,84	1,06	1,00
251	176,90	1,84	0,86	1,00
320	176,92	1,84	1,16	1,00
200	176,96	1,84	0,69	1,00
226	205,57	2,14	1,35	1,00
277	205,61	2,14	0,87	1,00
247	183,45	1,91	0,96	1,00
194	183,81	1,91	0,99	1,00
310	183,45	1,91	0,98	1,00
252	183,49	1,91	1,13	1,00

225	183,21	1,90	1,19	1,00
303	223,46	2,32	1,32	1,00
326	223,80	2,33	1,42	1,00

Tabla 13: Tuberías con falta de capacidad para el caudal del año 2020 tramo 2 a las 22:00 pm.

Id	Caudal	Velocidad	Caudal	Nivel de
	(l/s)	(m/s)	Caudal/Capacidad	llenado
262	401,00	1,69	1,01	1,00
201	418,45	1,76	0,82	1,00
193	466,34	1,96	0,53	1,00
220	499,14	2,10	0,91	1,00
256	513,60	2,16	1,14	1,00
237	562,67	2,37	0,84	1,00
212	565,85	2,38	0,71	1,00
195	565,61	2,38	0,71	1,00
298	562,93	2,37	0,77	1,00
299	543,89	2,29	1,41	1,00
202	539,99	2,27	1,30	1,00
260	534,98	2,25	1,34	1,00
235	531,75	2,24	0,98	1,00
215	529,43	2,23	0,63	1,00
261	527,48	2,22	1,62	1,00
243	529,01	2,23	0,92	1,00
276	573,05	2,41	1,05	1,00
204	574,01	2,42	0,91	1,00
304	574,93	2,42	0,98	1,00
282	575,40	2,42	0,98	1,00
306	576,06	2,42	0,90	1,00
244	575,98	2,42	1,14	1,00
188	580,12	2,44	1,67	1,00

191	580,91	2,45	0,91	1,00
297	579,03	2,44	2,56	1,00
203	575,42	2,42	1,02	1,00
296	572,53	2,41	1,13	1,00
312	576,31	2,43	0,89	1,00
281	578,89	2,44	1,05	1,00
311	587,85	2,18	1,30	1,00
344	595,54	3,04	1,16	1,00
375	610,17	2,39	1,17	1,00
321	725,42	3,05	1,51	1,00
207	863,47	3,63	1,69	1,00

Tabla 14: Tuberías con falta de capacidad para el caudal de diseño tramo 1 a las 10:00 am.

Id	Caudal	Velocidad	Caudal	Nivel de
	(l/s)	(m/s)	Caudal/Capacidad	llenado
277	93,36	0,97	0,39	1,00
247	93,06	0,97	0,49	1,00
194	92,10	0,96	0,50	1,00
310	93,47	0,97	0,50	1,00
252	93,37	0,97	0,58	1,00
225	93,78	0,97	0,61	1,00
303	254,73	2,65	1,50	1,00
326	254,51	2,65	1,62	1,00
269	254,33	2,96	1,33	0,84

Tabla 15: Tuberías con falta de capacidad para el caudal de diseño tramo 2 a las 22:00 pm.

Id	Caudal	Velocidad	Caudal	Nivel de
	(l/s)	(m/s)	Caudal/Capacidad	llenado
220	490,79	2,07	0,89	1,00
256	509,94	2,15	1,13	1,00

237	523,01	2,20	0,78	1,00
212	535,13	2,25	0,68	1,00
195	548,84	2,31	0,69	1,00
298	558,60	2,35	0,76	1,00
299	561,82	2,36	1,45	1,00
202	564,87	2,38	1,36	1,00
260	567,59	2,39	1,42	1,00
235	568,74	2,39	1,05	1,00
215	568,34	2,39	0,68	1,00
261	568,71	2,39	1,75	1,00
243	567,54	2,39	0,99	1,00
276	567,99	2,39	1,05	1,00
204	566,07	2,38	0,89	1,00
304	566,33	2,38	0,96	1,00
282	566,31	2,38	0,97	1,00
306	566,24	2,38	0,88	1,00
244	565,93	2,38	1,12	1,00
188	566,31	2,38	1,63	1,00
191	566,41	2,38	0,89	1,00
297	566,85	2,39	2,51	1,00
203	569,15	2,40	1,01	1,00
296	569,60	2,40	1,12	1,00
312	566,42	2,38	0,87	1,00
281	558,45	2,35	1,01	1,00
311	561,55	2,36	1,24	1,00
344	598,06	2,52	1,17	1,00
375	246,31	1,04	0,47	1,00
321	633,88	2,67	1,32	1,00
207	826,79	3,92	1,62	0,83

Los gráficos 12 y 13 muestran el perfil de la lámina de agua para la situación actual, donde se observa mediante la línea piezométrica (azul) que está funcionando correctamente sin exceder la capacidad de la tubería.



Figura 12: Perfil de la lámina de agua en la condición actual.

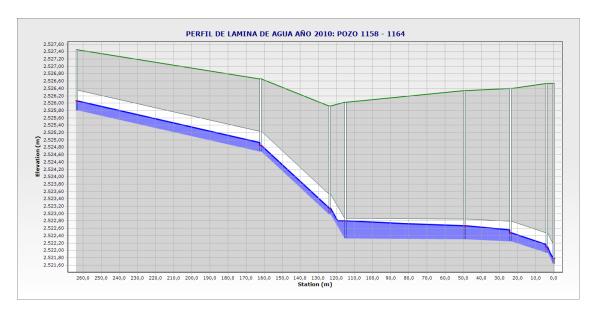


Figura 13: Perfil de la lámina de agua en la condición actual.

En los gráficos 14, 15, 16, 17, 18, 19, 29, 21 y 22 se observa mediante la línea piezométrica (azul) que para el año 2020 en el tramo 1 de falta de capacidad, el flujo excede la máxima de la tubería y sube hasta desbordar en ciertos pozos.

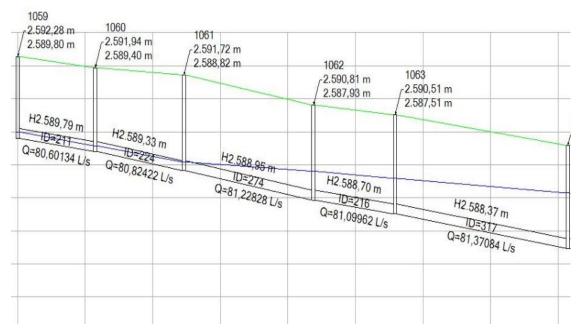


Figura 14: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 1.

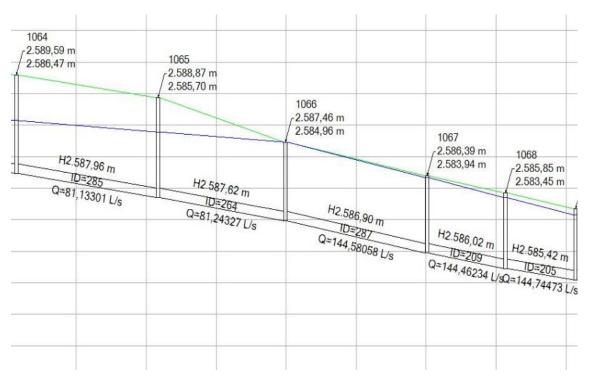


Figura 15: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 1.

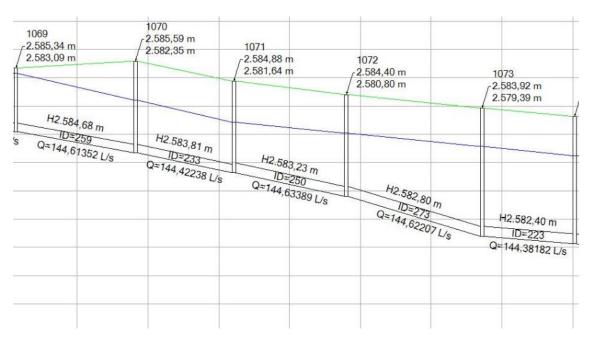


Figura 16: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 1.

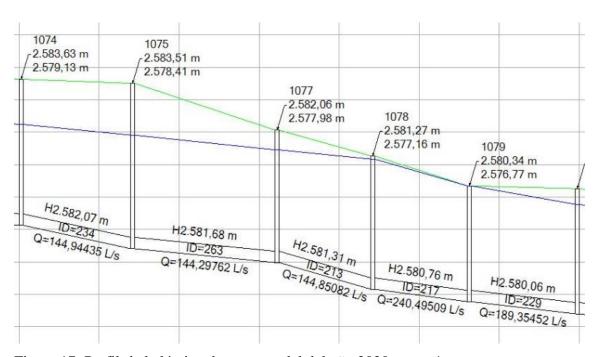


Figura 17: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 1.

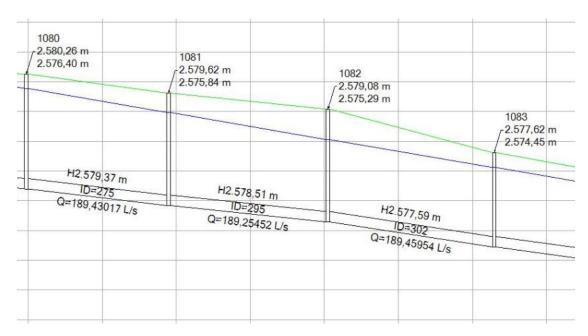


Figura 18: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 1.

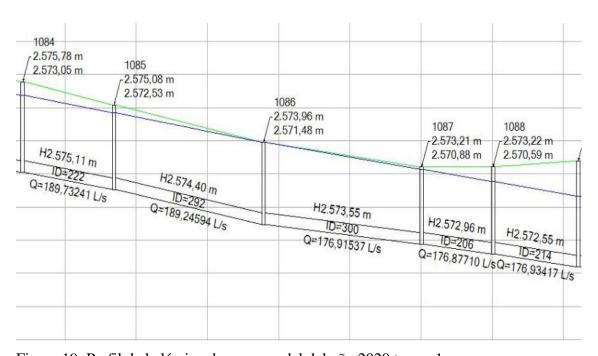


Figura 19: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 1.

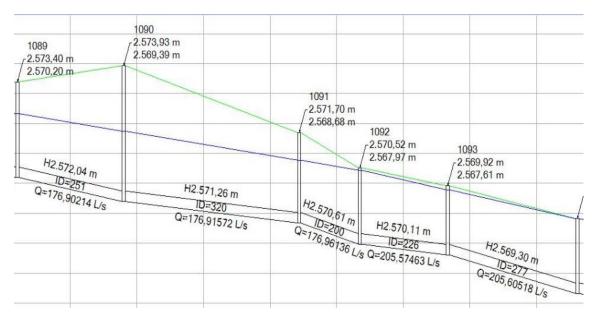


Figura 20: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 1.

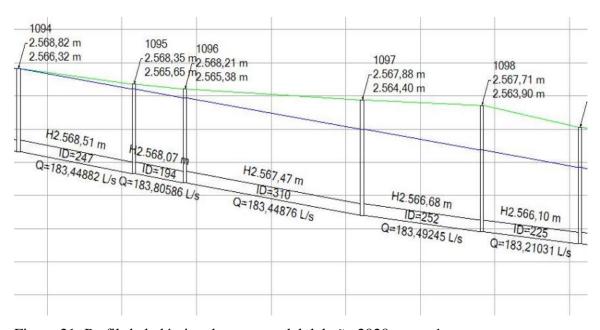


Figura 21: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 1.

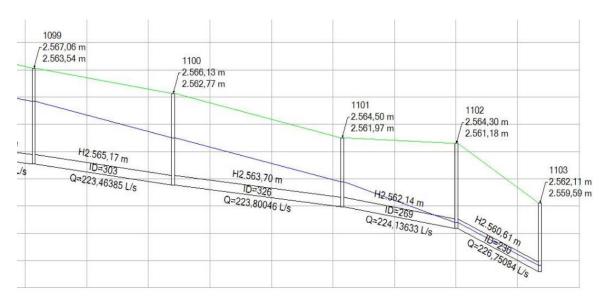


Figura 22: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 1.

En los gráficos 23, 24, 25, 26, 27 y 28 se observa mediante la línea piezométrica (azul) que para el año 2020 en el tramo 2 de falta de capacidad, el flujo excede la máxima de la tubería y sube hasta desbordar en ciertos pozos.

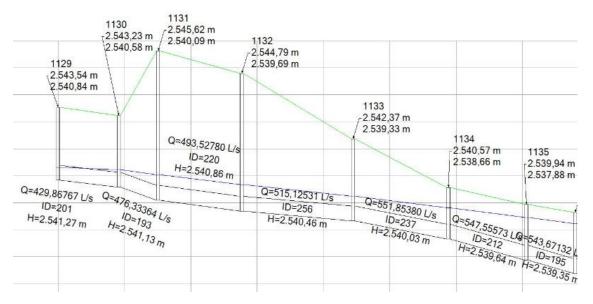


Figura 23: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 2.

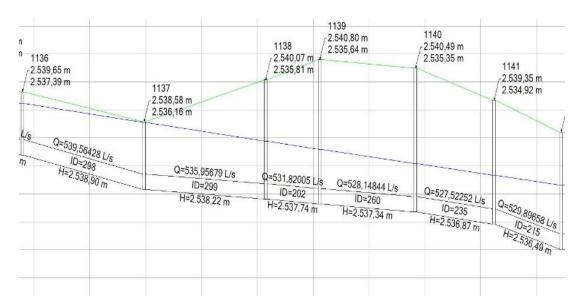


Figura 24: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 2.

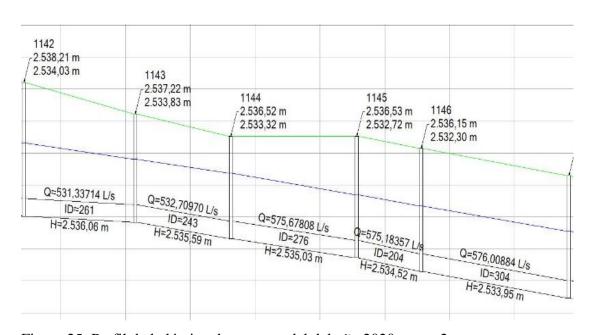


Figura 25: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 2.

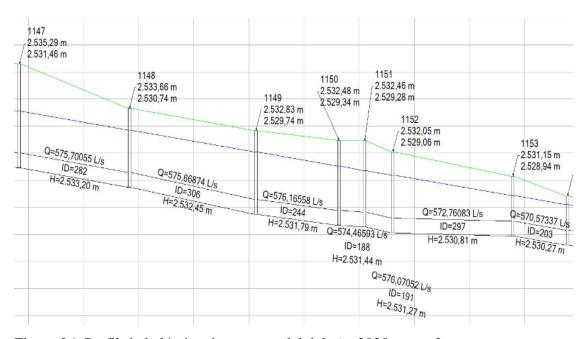


Figura 26: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 2.

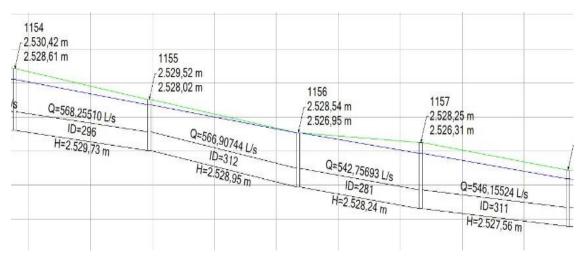


Figura 27: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 2.

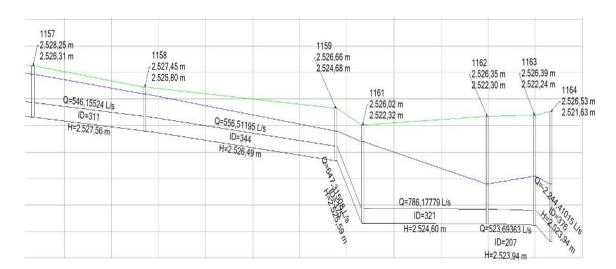


Figura 28: Perfil de la lámina de agua caudal del año 2020 tramo 2.

En los gráficos 29, 30 y 31 se observa mediante la línea piezométrica (azul) que para el caudal de diseño en el tramo 1 de falta de capacidad, el flujo va creciendo de manera que excede la máxima capacidad de la tubería y asciende hasta desbordar en ciertos pozos.

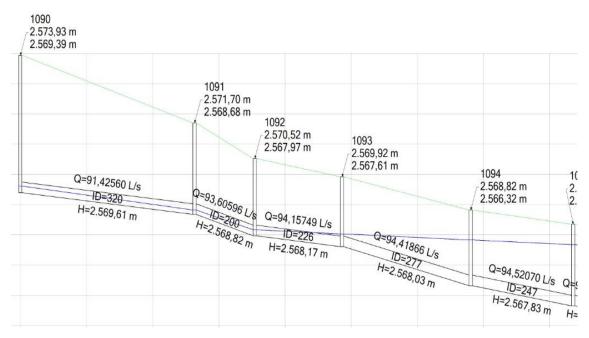


Figura 29: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 1.

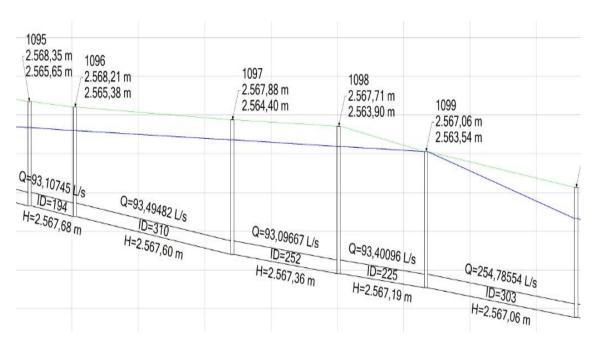


Figura 30: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 1.

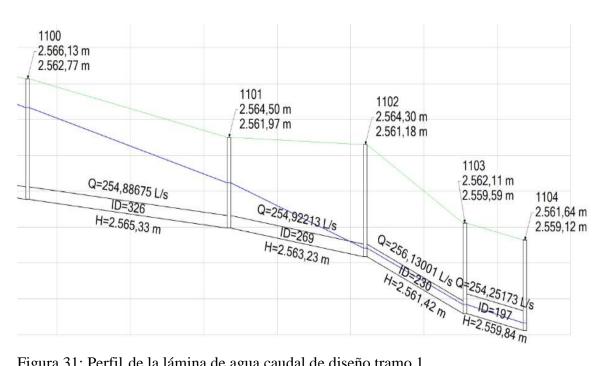


Figura 31: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 1.

En los gráficos 32, 33, 34, 35, 36, 37 y 38 se observa mediante la línea piezométrica (azul) que para el caudal de diseño en el tramo 2 de falta de capacidad, el flujo va creciendo de manera que excede la máxima capacidad de la tubería y asciende hasta desbordar en ciertos pozos.

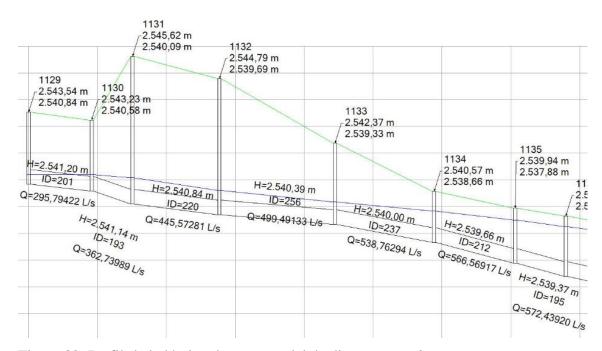


Figura 32: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 2.

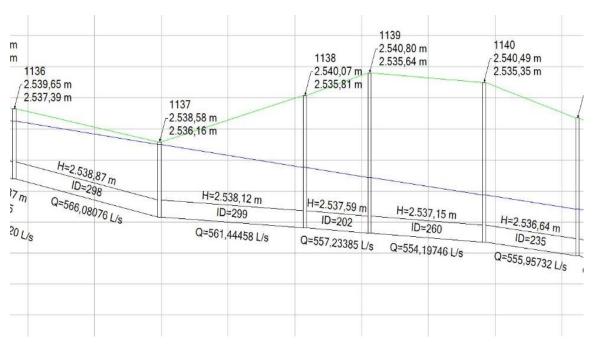


Figura 33: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 2.

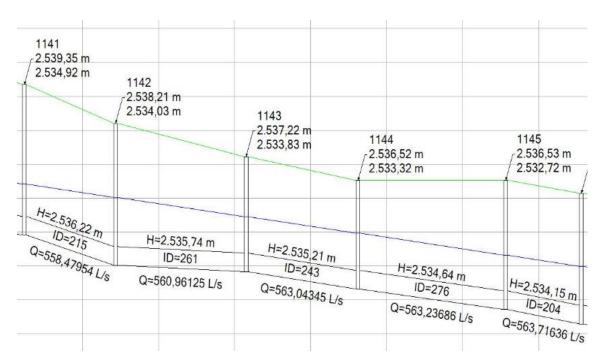


Figura 34: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 2.

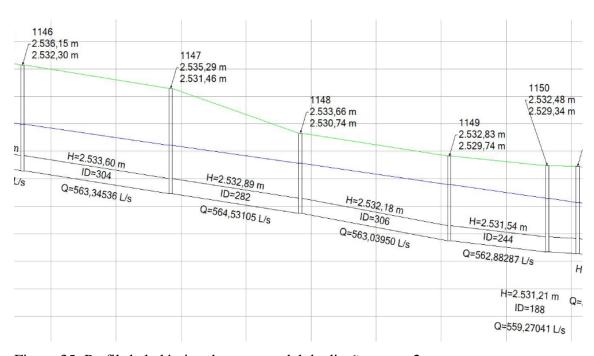


Figura 35: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 2.

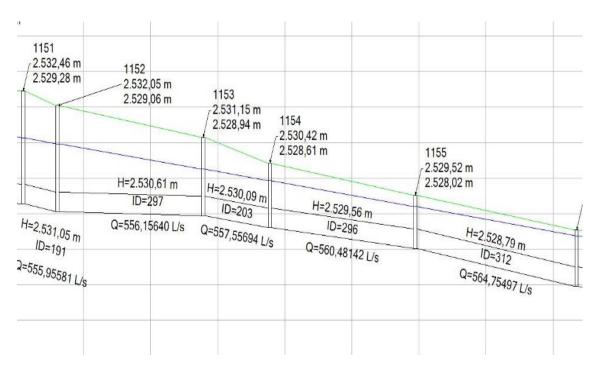


Figura 36: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 2.

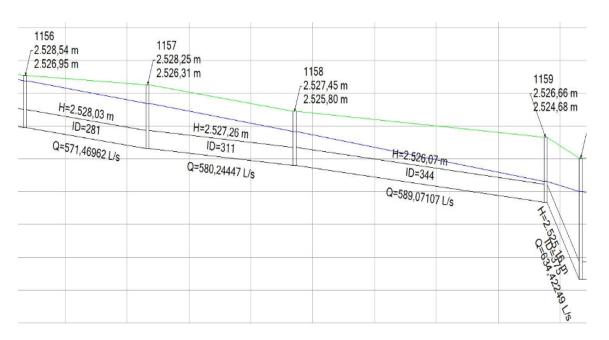


Figura 37: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 2.

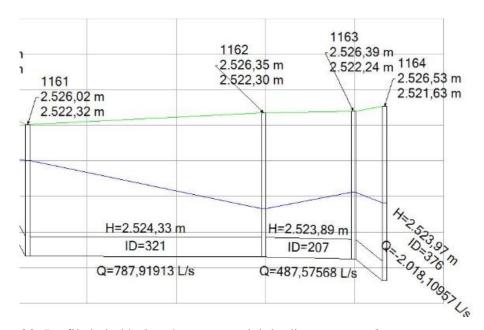


Figura 38: Perfil de la lámina de agua caudal de diseño tramo 3.

CAPÍTULO 4

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Análisis de los Resultados

La tabla 16 indica las longitudes totales de cada colector que compone el interceptor.

Tabla 16: Longitud total del interceptor.

Diámetro (mm)	Longitud de tubería(m)
300	3775
350	1350
550	2305
TOTAL	7430

Simulación 1

Se realizó la simulación en diferentes horarios del día para la situación actual y se determinó que el interceptor está funcionando correctamente.

Simulación 2

Se realizó la simulación para el caudal del 2020 en dos horarios del día y se determinó que a las 10:00 am, y a las 22:00 pm que el caudal es el máximo y en ciertos tramos existe falta de capacidad.

Tabla 17: Longitud de tuberías con falta de capacidad.

Diámetro (mm)	Longitud de tubería(m)
300	113
350	386
550	427
TOTAL	930

Simulación 3

Se realizó la simulación para el caudal de diseño en diferentes horarios del día y se determinó en tres instancias a las 10:00 am, 17:50 pm y a las 22:00 pm que el caudal es el máximo y en ciertos tramos existe falta de capacidad.

Tabla 18: Longitud con falta de capacidad.

Diámetro (mm)	Longitud de tubería(m)
350	126
550	402
TOTAL	528

La tabla 18 presenta las longitudes en las diferentes tuberías con falta de capacidad, lo que representa un 7 % de la longitud total del interceptor.

4.2 Propuestas de mejoramiento

- En el tramo central y final donde existen problemas de capacidad y además desborda por ciertos pozos, de ser posible reemplazar la tubería de diámetro de 300mm por 350 mm, la de 350mm por 450mm y la de 550mm por una de 650mm la cual necesitaría una inversión de 344.363,73 USD, además dar a estos un mantenimiento continuo para garantizar que estén en funcionamiento siempre, de manera que cuando exista caudales máximos estos cumplan su función correctamente.
- Otra posibilidad es redistribuir el caudal que llega a este interceptor y utilizar
 el sistema antiguo de recolección, el cual se encuentra ubicado en la Av.1 de
 Mayo para repartir el caudal y evitar que el interceptor funcione lleno, hasta
 contar con una obra definitiva.

 Además se evidencia la necesidad de realizar una valoración del interceptor aguas abajo del tramo estudiado para comprobar la capacidad hidráulica del mismo, ya que de acuerdo a los resultados obtenidos al año 2020 el crecimiento demográfico aumenta de tal manera que se tiene caudales máximos que causan problemas.

4.3 Presupuesto de las obras de mejoramiento

Para el presupuesto de las obras de mejoramiento se contemplarán los trabajos necesarios a realizar en los tramos donde se ejecutaran las mejoras, para esto se hará un análisis de precios unitarios en el cual se incluirá mano de obra, herramientas-equipos y materiales.

Los análisis de precios unitarios se encuentra en el anexo 6 y el presupuesto en el 7.

CONCLUSIONES

Conclusiones:

- Se recopilaron y digitalizaron las características de los elementos del alcantarillado a evaluarse, con la cual se generó una geodatabase que se presenta en los capítulos correspondientes.
- Se elaboró un modelo hidráulico que permitió determinar que en la actualidad el interceptor funciona correctamente. Sin embargo se comprobó que para los caudales con los que fue diseñado el sistema se tiene tramos con falta de capacidad y ante una demanda futura con el crecimiento demográfico de las zonas que involucran el tramo de evaluación, existen problemas, ya que varios tramos en la parte central y final tienen falta de capacidad.
- Por tanto es necesario redistribuir los caudales con los que funciona este interceptor, o reforzar el mismo con la construcción de tramos adicionales que mejoren su capacidad. La construcción de la obra complementaria planteada en la propuesta de mejoramiento asciende a un monto de 344.363,73 USD.

BIBLIOGRAFÍA

COMISIÓN Nacional del agua . (Diciembre de 2009). Manual de agua potable, alcantarilado y saneamiento. Mexico, páginas 10 y 11.

EMPRESA Pública de Medellin. (2009). Normas de Sistemas de Alcantarillado de EMP. Medellin, Colombia, páginas 5-90.

LOPEZ Cualla, R. A. (2003). *Elementos de Diseño para Acueductos y Alcantarillado*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingenieria, páginas 342, 343, 345, 347 y 398.

ORGANIZACIÓN Panamericana de la Salud. (2005). Guia para el Diseño de Tecnlogias de Alcantarillado. Lima, Perú, páginas 24, 34, 35 y 36