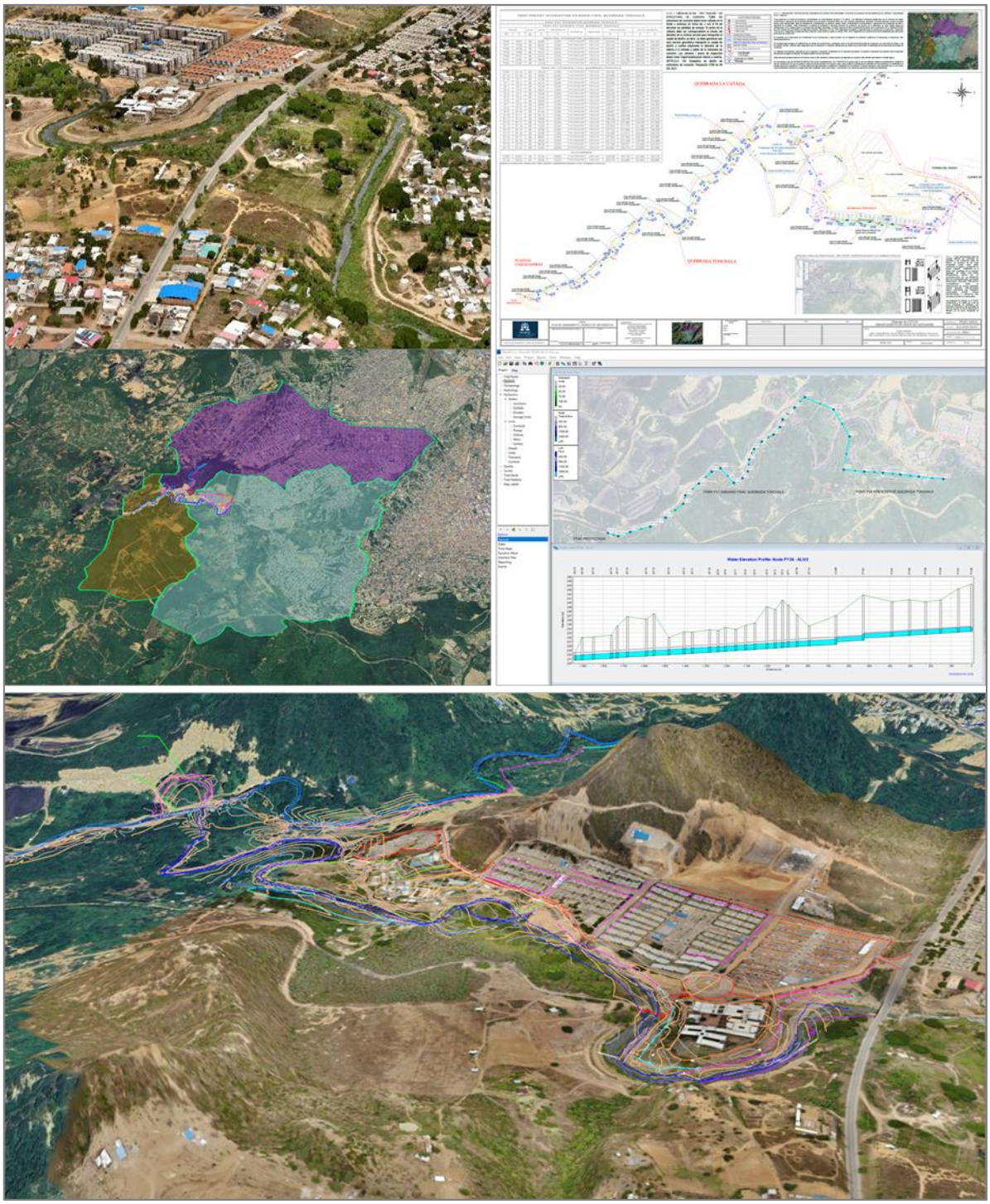
PSMV P56-57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL AGUAS RESIDUALES QUEBRADA TONCHALÁ

PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS

MUNICIPIO DE CÚCUTA – NORTE DE SANTANDER





ANDRÉS MAURICIO BOLÍVAR CUÉLLAR
Msc © Asp. Magister Ingeniería de Recursos Hidráulicos. Universidad Francisco de Paula Santander
Ingeniero Civil – MP 54202-188060 NTS - Móvil: 3176649835 –
Calle 23N #2-136 Prados del Norte. Cúcuta NTS.
Calle 19 #3-05 Manzana B. Casa Interior B29. Conjunto Villas del Duruelo. V/Rosario NTS.
Correo electrónico: capbolivar.hydro97@gmail.com

TABLA DE CONTENIDO

1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO 13
2. PROBLEMÁTICA DE LA ZONA DE ESTUDIO 17
3. OBJETIVOS DEL PROYECTO 26
4. ALCANCE DEL PROYECTO 28
5. POBLACIÓN BENEFICIADA 31
6. DIAGNÓSTICO Y CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DEL PROYECTO 33
7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 44
8. POBLACIÓN Y DENSIDAD POBLACIONAL DE DISEÑO DE LA ZONA DE ESTUDIO 54
9. PERIODO DE DISEÑO 68
10. DISEÑO HIDRÁULICO RED DE ALCANTARILLADO AGUAS RESIDUALES 72
10.1. CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO DE AGUAS RESIDUALES 81
10.2. DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES 110
10.3. MODELACIÓN DE LA RED DE AGUAS RESIDUALES PROYECTADA EN PROGRAMA DINÁMICO DE SIMULACIÓN EPASWMM 123
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. OBSERVACIONES ESPECIALES 138
12. BIBLIOGRAFÍA 155

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización Proyecto "PROYECTO PSMV INTERCEPTOR EMISARIO FINAL AGUAS RESIDUALES P56-P57 QUEBRADA TONCHALÁ". 14

Figura 2. Localización Proyecto "PROYECTO PSMV INTERCEPTOR EMISARIO FINAL AGUAS RESIDUALES P56-P57 QUEBRADA TONCHALÁ". 15

Figura 3. Vertimientos de aguas residuales a cielo abierto sobre la QUEBRADA TONCHALÁ. Contaminación de Fuentes Hídricas Importantes (RÍO ZULIA). Población Aferente afectada por Vectores de Contaminación. Aguas arriba Puente Anillo Vial Tonchalá II. 19

Figura 4. ESCENARIO DE INUNDACIÓN. Desbordamiento Quebrada Tonchalá. Desastre Socio-Natural. Sector 23 de Enero. 21

Figura 5. Cuenca Quebrada Tonchalá. Cuenca hidrográfica de la Quebrada Tonchalá (color rojo) y área delimitada hasta el sector en estudio (color amarillo). 33

Figura 6. Cuenca Quebrada Tonchalá. 34

Figura 7. Cuenca Quebrada Tonchalá. 35

Figura 8. Cuenca Quebrada Tonchalá. 36

Figura 9. Zona de estudio. Subcuenca de estudio. Cuenca Quebrada Tonchalá. 37

Figura 10. Sistema Existente Alcantarillado de Aguas Residuales. PSMV P56-P57 QUEBRADA TONCHALÁ. 42

Figura 11. Sistema Existente Acueducto. PSMV P56-P57 QUEBRADA TONCHALÁ. 43

Figura 12. Usos de Suelo. Plano 31. Acuerdo 022 de 2019 POT. ZR-1, ZR-2, ZR-3 Y ZR-4 66

Figura 13. Cimentación Estructural Proyectada. 76

Figura 14. Cálculo de esfuerzos y/o cargas del suelo, en zanja de excavación, para suelos en condiciones críticas de inestabilidad. Profundidad de control igual a 9 metros. 79

Figura 15. Entibados. Estructuras temporales de contención. Estabilidad en zanjas de instalación de tubería. Detalles. 80

Figura 16. Áreas Aferentes. Red de Alcantarillado Aguas Residuales. 83

Figura 17. Modelación Hidráulica. Sistema Proyectado. Planta General. PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ. 131

Figura 18. Modelación Hidráulica. Sistema Proyectado. Planta General. PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ. 132

Figura 19. Modelación Hidráulica. Sistema Proyectado. Perfil Longitudinal. PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ. 133

Figura 20. Modelación Hidráulica. Sistema Proyectado. SIN SOBRECARGA NI INUNDACIÓN. CUMPLE OK. 134

Figura 21. Modelación Hidráulica en software EPASWMM. Diseño hidráulico de aguas residuales. PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ. 135

Figura 22. Plano planta general. Red de Alcantarillado Aguas Residuales. 137

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Población Beneficiada, por Barrios y por Comunas 32

Tabla 2. Proyección de Población, Censo DANE 2005. 57

Tabla 3. Proyección de Población 1938-2005. DANE. 58

Tabla 4. Proyección de población 2021 – 2050. 60

Tabla 5. Proyección de Población 1938-2005. DANE. 61

Tabla 6. Población 2005. Municipio de Cúcuta. DANE. 62

Tabla 7. Número de habitantes por vivienda. Municipio de Cúcuta. DANE 62

Tabla 8. Densidad Poblacional Ponderada de Diseño. PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ. 65

Tabla 9. Periodo de análisis del proyecto. 70

Tabla 10. Áreas Aferentes. Red de Alcantarillado Aguas Residuales. 101

Tabla 11. CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO. PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ 107

Tabla 12. Diseño Hidráulico. Red de Alcantarillado Aguas Residuales. PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ. Modelo Chezy-Manning 113

Tabla 13. Diseño Hidráulico. Red de Alcantarillado Aguas Residuales. PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ. Modelo Darcy Weisbach 115

Tabla 14. Cuadro Resumen. Diseño Hidráulico. Red de Alcantarillado Aguas Residuales. PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ. 116

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Análisis de Tendencia Población 1938 – 2005. 59

Gráfico 2. Análisis de Tendencia Población 2005 – 2020. 59

Gráfico 3. Análisis de Tendencia Población 2023 – 2048. Periodo de Diseño. 61

INTRODUCCIÓN

Las *aguas residuales* pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua potable de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias. El "factor de retorno" afecta el valor del caudal de agua potable que entra al sistema y se genera finalmente el caudal de aguas residuales. Según su origen, las aguas residuales resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de residencias, oficinas, edificios comerciales e instituciones, junto con los residuos de las industrias y de actividades agrícolas, así como de las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que también pueden agregarse eventualmente al agua residual. Una rápida y segura recolección, transporte, tratamiento y disposición final de las aguas residuales es uno de los objetivos para dotar de infraestructura urbana a la comunidad.

En Colombia, la inexistencia de redes de alcantarillado de aguas residuales planificadas, diseñadas y construidas cumpliendo de forma idónea con las normas y parámetros de diseño e instalación constituye un grave y constante problema sanitario en los desarrollos urbanos subnormales, los cuales crecen de forma progresiva en todas las ciudades del país.

En el territorio colombiano, las ciudades conviven y se desarrollan con problemas de crecimiento urbano fuera de control del Estado, los cuales se manifiestan en la aparición de asentamientos humanos de origen ilegal, convirtiéndose en áreas de terreno que en ocasiones superan en proporción al suelo urbano legalmente constituido. Estos desarrollos urbanos al margen de los lineamientos del ordenamiento territorial, presentan una serie de problemas, que en conjunto constituyen una cadena de degradación urbana, y entre los que se cuentan: La inseguridad, el bajo o nulo suministro de servicios públicos domiciliarios, la falta de acceso a la infraestructura urbana vial y a la infraestructura de servicios comunitarios, la imposibilidad de acceso al transporte urbano masivo, la reducción del bienestar social y familiar. Por ende, en nuestro país, existen problemas de crecimiento de asentamientos humanos ilegales sin que tengan un adecuado y completo control del Estado, constituidos por viviendas en mal estado y con alto grado de vulnerabilidad física y social, debido a su localización en zonas de alto riesgo.

El proyecto tiene como objetivo general diseñar y/o dimensionar, a nivel hidráulico, la red de alcantarillado de aguas residuales de la zona de estudio, como obras de saneamiento básico, para mejorar la calidad de vida de la población aferente. Se proyecta red nueva como proceso de recolección de vertimientos y mejoramiento del sistema existente.

Los objetivos específicos contemplan la verificación de la topografía, diseño geométrico de la red, trazado de las áreas aferentes, análisis poblacional, cálculo de los caudales de diseño de aguas residuales, diseño hidráulico de la red de aguas residuales mediante Programación en Excel y Modelación Hidráulica en EPASWMM, que cumplan con las Resoluciones 0799 de 2021 y 0330 de 2017 expedidas por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, elaboración de planos, cálculo de cantidades de obra y tipo de materiales, elaborar presupuesto y establecer las especificaciones técnicas que requiere la obra, con la intensión de garantizar un diseño que cumpla con las normas técnicas y con las características de la configuración del terreno.

Por esta razón, el presente documento contiene las memorias y planos del diseño hidráulico de los sistemas de alcantarillado de aguas residuales de la zona de estudio.

En el presente proyecto se determinan las contribuciones de aguas residuales como insumo básico para el diseño hidráulico de las redes de aguas residuales mencionadas.

En el presente proyecto se elabora una descripción del estado actual de las redes de alcantarillado de aguas residuales, así como un estimativo de la población actual y proyecciones para periodos futuros. En la etapa de planeamiento y diseño

conceptual se parte de un diagnóstico de la red de drenaje existente y se continuará con el planteamiento y análisis de la solución para su implementación, con el fin de atender los requerimientos futuros de la demanda de drenaje de aguas servidas, dentro del horizonte de análisis del proyecto.

Los estudios, análisis, cálculos y diseños presentados han sido elaborados de acuerdo con la Resolución 0799 de 2021 y 0330 de 2017 expedidas por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009"., RAS 2017-2021.

La tendencia metodológica del proyecto inicia con la descripción y planteamiento de la problemática de la zona de estudio, se justifica el proyecto, se establecen los objetivos general y específicos, se instalan sus alcances y limitaciones, se identifica la población beneficiada, cuantificación de la demanda, responsabilidad de la construcción del proyecto, se describe la disponibilidad de agua potable en la zona de estudio, vías de acceso, se justifica la utilización del estudio geotécnico y análisis de alternativas, se realiza la delimitación del proyecto, marco referencial, diseño metodológico, actividades de proyecto a realizar, se caracteriza el estudio topográfico, se identifica la localización de la zona de estudio y las características generales de la zona de estudio, se describe el proyecto diseñado, se realiza análisis

poblacional de la zona de estudio, calculando un estimativo de la población actual y proyecciones para periodos futuros, calculando la densidad de saturación poblacional futura de diseño. Se elabora una descripción del estado actual de las redes de alcantarillado y acueducto de aguas residuales. Se procede a realizar diseño hidráulico, se establece el periodo de diseño del proyecto, se determinan las áreas aferentes del proyecto y los caudales de diseño del sistema. Se realiza el diseño óptimo hidráulico con base en los caudales obtenidos. Se calculan diámetros, pendientes, cotas batea, cotas clave, y se simulan los parámetros de diseño tales como profundidad hidráulica, fuerza tractiva, tirante normal con iteraciones, velocidad del flujo y tipo de flujo. Se verifica el modelo del diseño con base en parámetros de las **Resoluciones 0799 de 2021 y 0330 de 2017 expedidas por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio**, a nivel de láminas (tirantes) iteradas de caudales de diseño, y de modelación de la red para verificación de parámetros hidráulicos bajo el marco de las ecuaciones de *Saint Venant*.

Se recalca contundentemente en las **bajas pendientes** de la zona de estudio, la gran extensión de la misma (área aferente total) y en las altas tasas de infiltración (nivel freático) del suelo por localizarse en parte alta de zonas de drenaje. Además de ello, en la zona de estudio existe **MUY ALTO RIESGO POR INUNDACIÓN Y SOCAVACIÓN** por localizarse paralelo a la **QUEBRADA TONCHALÁ**.

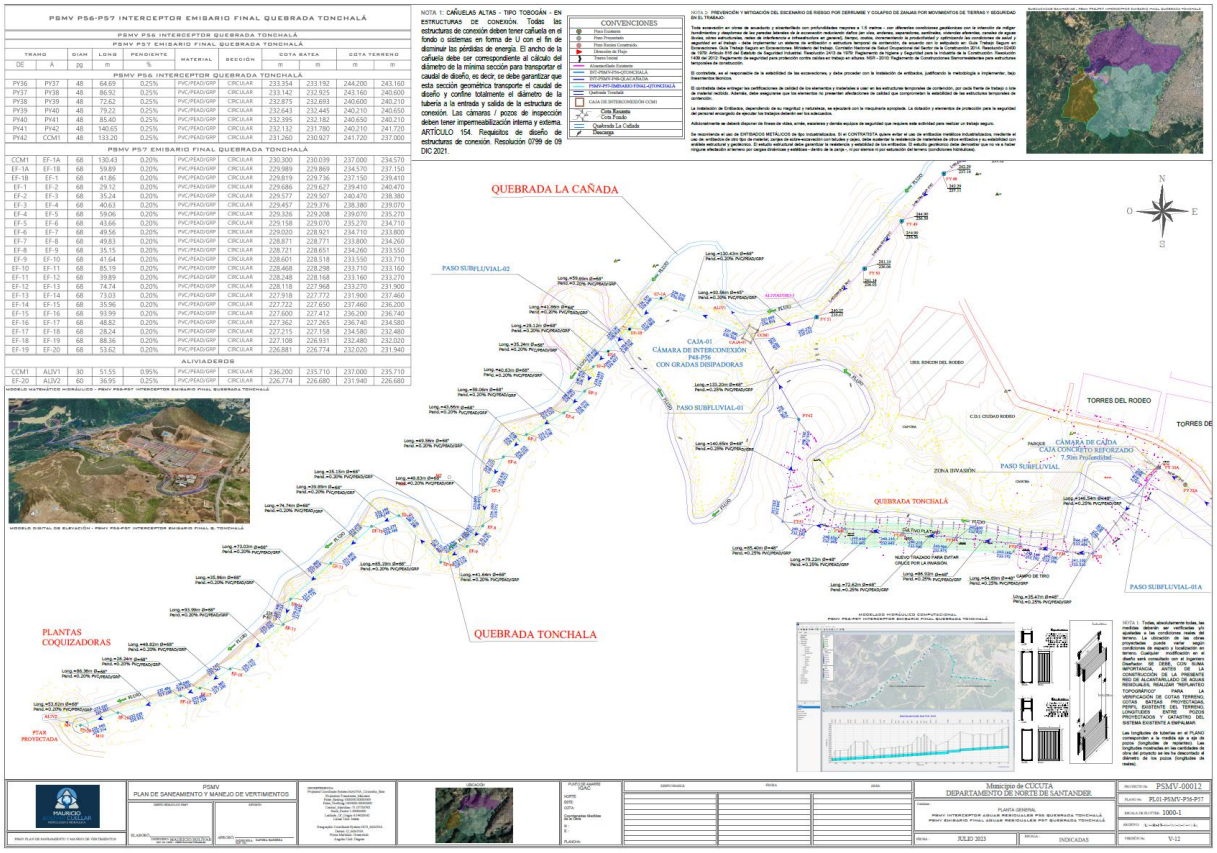
El proyecto tiene como objetivo realizar el **DISEÑO HIDRÁULICO** y las **MODELACIONES HIDRÁULICAS** del PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO QUEBRADA TONCHALÁ para la recolección, transporte y disposición final de las aguas residuales, cuyo punto inicial (PY36) de su trazado geométrico se encuentra ubicado 1090 metros aguas abajo del Puente Anillo Vial Tonchalá II con coordenadas 7°53'25.62"N - 72°33'13.35"O, con una extensión de 1989.09 metros, y con punto final (EF-20) sobre el área de la futura PTAR PROYECTADA con coordenadas 7°53'17.79"N - 72°33'57.07"O. al suroccidente del Municipio de Cúcuta, Norte de Santander.

El proyecto beneficiará a 710 mil Habitantes – PERIODO DE DISEÑO 25 AÑOS - para la cuenca principal de la zona de estudio, con un área total aferente de 2374 Ha, en donde se proyecta redensificación y áreas de expansión municipal territorial futura. El área total del proyecto está compuesta por las subcuencas sanitarias: a) Subcuenca Quebrada Tonchalá, b) Subcuenca Quebrada La Cañada y c) Subcuenca San Cayetano (San Isidro II).

1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

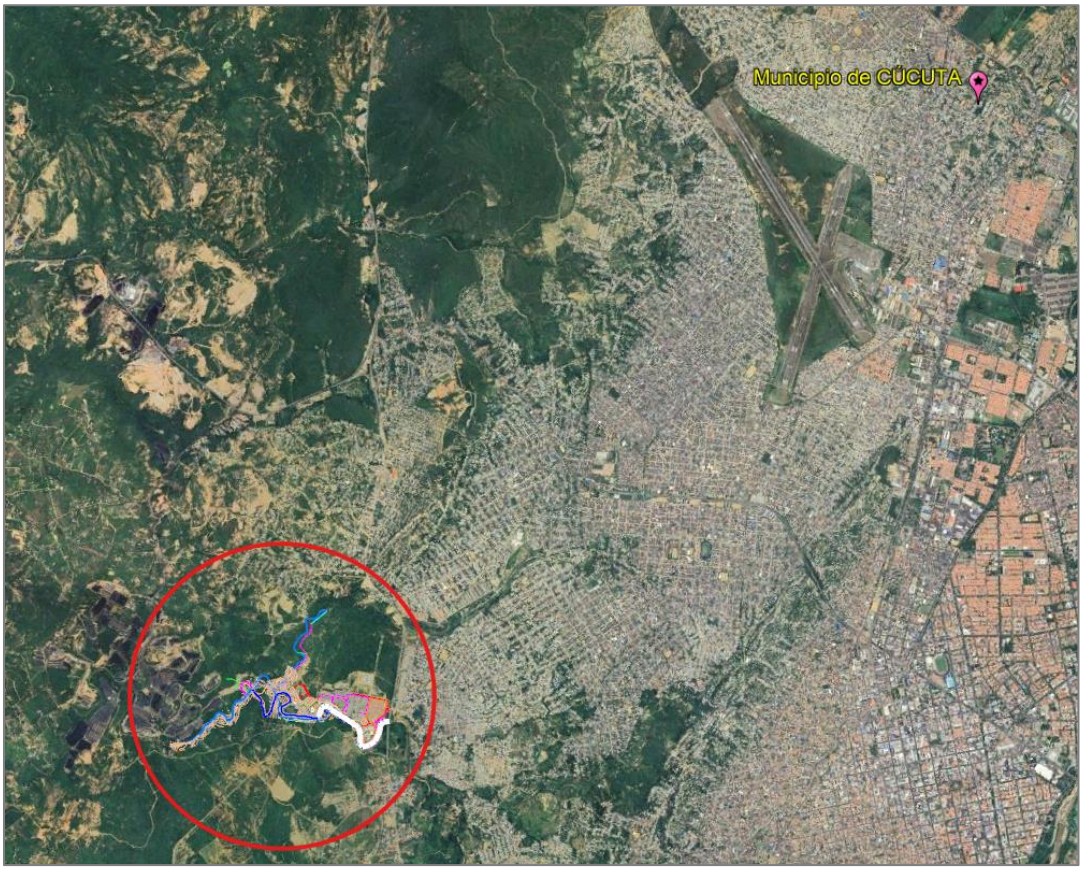
El proyecto PSMV – P56-57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ hace parte del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV, basado en los lineamientos y objetivos municipales ambientales de eliminación de vertimientos a cielo abierto de aguas residuales sobre cuerpos de agua, y la prolongación de dichas cargas hidráulicas hacia las zonas futuras de proyección de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales – PTAR, en el sector de la Quebrada Tonchalá. Las aguas residuales de las comunas 7, 8, 9 y 20, Sectores Sur y Suroccidental del municipio de Cúcuta, son transportadas por los Interceptores P48 La Cañada y P54 Tonchalá. Este megaproyecto recibe las cargas hidráulicas de estos interceptores y las prolonga hacia aguas abajo, alejándolas del perímetro urbano, de las áreas urbanizadas y de asentamientos humanos, por el margen izquierdo de la Quebrada Tonchalá, hasta la zona donde se proyecta la construcción de la futura PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – PTAR. Es importante resaltar que se trata del Emisario Final de la Cuenca Quebrada Tonchalá, cuya construcción completaría los objetivos PSMV en lo que tiene que ver con instalación de interceptores y emisarios para eliminación de vertimientos en los corredores urbanos, en especial por fuera del perímetro urbano sanitario. Con ello, se logra avanzar, en gran medida, con el fortalecimiento de las acciones encaminadas hacia la descontaminación de la Fuente Hídrica RÍO ZULIA.TONCHALÁ, al suroccidente del Municipio de Cúcuta, Norte de Santander.

Figura 1. Localización Proyecto "PROYECTO PSMV INTERCEPTOR EMISARIO FINAL AGUAS RESIDUALES P56-P57 QUEBRADA TONCHALÁ".



El proyecto se ubica en la zona suroccidental del Municipio de Cúcuta. El punto inicial (PY36), de su trazado geométrico, se encuentra ubicado en el margen izquierdo de la Quebrada Tonchalá, Municipio de San Cayetano, al frente de la Urbanización Arrayanes, a 1090 metros aguas abajo del Puente Anillo Vial Tonchalá II con coordenadas 7°53'25.62"N - 72°33'13.35"O, con una extensión de 1989.09 metros hacia EF-20.

Figura 2. Localización Proyecto "PROYECTO PSMV INTERCEPTOR EMISARIO FINAL AGUAS RESIDUALES P56-P57 QUEBRADA TONCHALÁ".



Fuente: Google Earth. Autor.

El punto final (EF-20) se localiza sobre el área de la futura PTAR PROYECTADA, en el margen izquierdo de la Quebrada Tonchalá, Municipio de San Cayetano, al frente de las Plantas Coquizadoras del Municipio de Cúcuta, con coordenadas 7°53'17.79"N - 72°33'57.07"O.

2. PROBLEMÁTICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

La Quebrada Tonchalá es uno de los cuerpos de agua más importantes para el sistema hidrológico de la ciudad de Cúcuta. Su cuenca se ubica en la zona sur – occidental del municipio, y descarga su caudal en el Río Zulia. La Cuenca de la Quebrada Tonchalá genera grandes caudales de escorrentía superficial. En los asentamientos humanos ubicados en su margen derecha, tales como como Manuela Beltrán, Jerónimo Uribe, María Gracia, 23 de Enero, La Isla, Valles del Rodeo, San Fernando del Rodeo y los desarrollos urbanísticos Ciudad El Rodeo – Arrayanes – Rincón del Rodeo, existen viviendas construidas sobre el borde del cauce invadiendo las franjas de retiro y corredores ambientales de protección de la quebrada; dichas áreas se encuentran en alto riesgo a inundación, debido a que se han presentado desbordamientos de la quebrada en épocas de fuertes lluvias, en los últimos cinco (5) años.

Por la Cuenca Quebrada Tonchalá el sistema existente de aguas residuales tiene como tramo final el PSMV INTERCEPTOR P54, construido al frente la Urbanización Arrayanes, de allí hacia aguas abajo no existe tubería y se presentan **vertimientos directos de aguas residuales a la Quebrada Tonchalá**.

Por la Cuenca Quebrada La Cañada el sistema existente de aguas residuales tiene como tramo final el PSMV INTERCEPTOR P48, construido al occidente de la Urbanización Arrayanes, de allí hacia aguas abajo no existe tubería y se presentan **vertimientos directos de aguas residuales a la Quebrada Tonchalá**.

En dicho corredor, aguas abajo, hacia la zona de la futura PTAR, **existen vertimientos o descargas de aguas residuales en talud en zona de alto y/o muy alto riesgo, afectación ambiental general a la comunidad por olores emanados de las aguas residuales, descargas de aguas residuales en la vía y/o en solares de varias viviendas, topografía irregular abrupta, y sobre todo descargas de aguas residuales en el cauce natural de la QUEBRADA TONCHALÁ, la cuál descarga sus aguas al RÍO ZULIA.**

En resumen, las principales problemáticas, del corredor de estudio, son:

- Vertimientos de aguas residuales a cielo abierto sobre la QUEBRADA TONCHALÁ provenientes de Asentamientos Humanos no legalizados, los cuales no se encuentran dentro de la responsabilidad contractual del Operador de Acueducto y Alcantarillado del Municipio de Cúcuta, AGUAS KPITAL CÚCUTA SA ESP.

- Contaminación de Fuentes Hídricas Importantes (RÍO ZULIA) por vertimientos de asentamientos subnormales y viviendas que invaden servidumbres de tuberías sanitarias y pluviales.
- Población aferente afectada por vectores de contaminación
- Existencia de Pozos Sépticos (Asentamientos Humanos invadiendo Ronda Hídrica) que adicionan saturación excesiva al suelo
- Creación de Factores de Riesgo por Saturación del Suelo
- Creación de Factores de Riesgo por Contaminación Directa
- Para completar la construcción, del saneamiento básico, hasta la PTAR (según POT y PSMV) se deben ejecutar INTERCEPTOR P56 y EMISARIO FINAL P57.

Figura 3. Vertimientos de aguas residuales a cielo abierto sobre la QUEBRADA TONCHALÁ. Contaminación de Fuentes Hídricas Importantes (RÍO ZULIA). Población Aferente afectada por Vectores de Contaminación. Aguas arriba Puente Anillo Vial Tonchalá II.



Fuente: Autor.

Vertimientos de aguas residuales a cielo abierto sobre la QUEBRADA TONCHALÁ. Contaminación de Fuentes Hídricas Importantes (RÍO ZULIA). Población Aferente afectada por Vectores de Contaminación. Aguas abajo Puente Anillo Vial Tonchalá II. Al frente de Urbanización Arrayanes.



Fuente: Autor.

Vertimientos de aguas residuales a cielo abierto sobre la QUEBRADA TONCHALÁ. Contaminación de Fuentes Hídricas Importantes (RÍO ZULIA). Población Aferente afectada por Vectores de Contaminación. Aguas abajo Puente Anillo Vial Tonchalá II. Al frente de Urbanización Arrayanes.



Fuente: Autor.

En el año 2020, entre los meses de noviembre y diciembre, en la Quebrada Tonchalá, y debido a la influencia del Fenómeno de la Niña, se han presentado catastróficos escenarios de inundación, en donde la quebrada alcanzó los valores máximos críticos de inundación, desbordándose, también con efecto de avenida torrencial, causando graves catástrofes con pérdidas materiales, y lo más lamentable, pérdidas de vidas humanas y animales.

Figura 4. ESCENARIO DE INUNDACIÓN. Desbordamiento Quebrada Tonchalá. Desastre Socio-Natural. Sector 23 de Enero.



Fuente: ATN

ESCENARIO DE INUNDACIÓN. Desbordamiento Quebrada Tonchalá. Desastre Socio-Natural. Sector Arrayanes.



ESCENARIO DE INUNDACIÓN. Desbordamiento Quebrada Tonchalá. Desastre Socio-Natural. Sector Arrayanes.



ESCENARIO DE INUNDACIÓN. Desbordamiento Quebrada Tonchalá. Desastre Socio-Natural. Sector Arrayanes.



ESCENARIO DE INUNDACIÓN. Desbordamiento Quebrada Tonchalá. Desastre Socio-Natural. Sector Arrayanes.



ESCENARIO DE INUNDACIÓN. Desbordamiento Quebrada Tonchalá. Desastre Socio-Natural. Sector Arrayanes.



ESCENARIO DE INUNDACIÓN. Desbordamiento Quebrada Tonchalá. Desastre Socio-Natural. Sector Arrayanes.



En el caso del escenario de inundación en el Sector Arrayanes, se puede apreciar el desbordamiento de la quebrada, y delimitando la zona con la sombra alcanzada en el evento real. Se nota aliviadero natural para avenidas torrenciales y zonas naturales de almacenamiento de la cuenca (cómo áreas de infiltración natural) y drenajes naturales desde parte alta de la subcuenca. En dichas zonas se encuentra ubicado el Desarrollo Urbanístico Arrayanes y su Megacolegio.

La cuenca de la Quebrada Tonchalá es un Valle Aluvial, de gran extensión, cuyo cauce no posee bordes altos en todo su recorrido, lo que denota una amplia llanura de inundación, característica apreciable en su geomorfología histórica regional.

En resumen, la Quebrada Tonchalá es el cuerpo de agua más inundable del municipio de Cúcuta, debido a la gran extensión, a las altas pendiente de su cuenca

y a la morfología transversal plana de su cauce lo que hace predominar una gran llanura potencial de inundación.

ESCENARIO DE INUNDACIÓN. Desbordamiento Quebrada Tonchalá. Desastre Socio-Natural. Sector Arrayanes.



3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El proyecto tiene como objetivo realizar el **DISEÑO HIDRÁULICO** y las **MODELACIONES HIDRÁULICAS** del **PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO QUEBRADA TONCHALÁ** para la recolección, transporte y disposición final de las aguas residuales, cuyo punto inicial (PY36) de su trazado geométrico se encuentra ubicado 1090 metros aguas abajo del Puente Anillo Vial Tonchalá II con coordenadas 7°53'25.62"N - 72°33'13.35"O, con una extensión de 1989.09 metros, y con punto final (EF-20) sobre el área de la futura PTAR PROYECTADA con coordenadas 7°53'17.79"N - 72°33'57.07"O. al suroccidente del Municipio de Cúcuta, Norte de Santander.

Con el proyecto se genera la AMPLIACIÓN del sistema de alcantarillado de aguas residuales, generando un óptimo servicio estableciendo altos niveles de calidad, para mitigar así fenómenos de vertimientos de aguas residuales a cielo abierto, vertimientos sobre drenajes naturales superficiales, existencia de pozos sépticos (comunidad) que adicionan saturación excesiva al suelo, inexistencia de óptimas cajas domiciliarias en viviendas aferentes, factores de riesgo por saturación del suelo, factores de riesgo por contaminación directa y contaminación de fuentes hídricas importantes, en la zona de estudio que afectan directamente a la población aferente.

El proyecto PSMV – P56-57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ hace parte del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV, basado en los lineamientos y objetivos municipales ambientales de eliminación de vertimientos a cielo abierto de aguas residuales sobre cuerpos de agua, y la prolongación de dichas cargas hidráulicas hacia las zonas futuras de proyección de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales – PTAR, en el sector de la Quebrada Tonchalá. Las aguas residuales de las comunas 7, 8, 9 y 20, Sectores Sur y Suroccidental del municipio de Cúcuta, son transportadas por los Interceptores P48 La Cañada y P54 Tonchalá. Este megaproyecto recibe las cargas hidráulicas de estos interceptores y las prolonga hacia aguas abajo, alejándolas del perímetro urbano, de las áreas urbanizadas y de asentamientos humanos, por el margen izquierdo de la Quebrada Tonchalá, hasta la zona donde se proyecta la construcción de la futura PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – PTAR. Es importante resaltar que se trata del Emisario Final de la Cuenca Quebrada Tonchalá, cuya construcción completaría los objetivos PSMV en lo que tiene que ver con instalación de interceptores y emisarios para eliminación de vertimientos en los corredores urbanos, en especial por fuera del perímetro urbano sanitario. Con ello, se logra avanzar, en gran medida, con el fortalecimiento de las acciones encaminadas hacia la descontaminación de la Fuente Hídrica RÍO ZULIA.TONCHALÁ, al suroccidente del Municipio de Cúcuta, Norte de Santander.

4. ALCANCE DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene la finalidad de mejorar las condiciones de saneamiento básico en la zona de estudio, mediante la ampliación del sistema de alcantarillado de aguas residuales, generando un óptimo servicio estableciendo altos niveles de calidad, para mitigar así fenómenos de vertimientos de aguas sanitarias a cielo abierto, existencia de pozos sépticos que aportan saturación excesiva al terreno y crean factores de riesgo, proliferación de enfermedades por contaminación directa, saneamiento de drenajes superficiales naturales, en la zona de estudio que afectan directamente a la población aferente.

EL PRESENTE PROYECTO CONTEMPLA:

- MEDICIONES.
- DEMOLICIONES Y LIMPIEZA.
- MOVIMIENTOS DE TIERRAS.
- MANEJO DE AGUAS RESIDUALES Y AGUAS LLUVIAS.

- MANEJO DE INTERFERENCIAS (REDES EXISTENTES ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO, GAS ETC).

- ESTRUCTURA TEMPORAL DE CONTENCIÓN METÁLICA (ENTIBACIÓN METÁLICA) PARA EXCAVACIONES CON ZANJAS DE INSTALACIÓN CON PROFUNDIDADES MAYORES A 1.50M.

- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE 49.75 METROS DE TUBERÍA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES TIPO PVC/PEAD/GRP Ø30".

- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE 650.10 METROS DE TUBERÍA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES TIPO PVC/PEAD/GRP Ø48".

- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE 1198.30 METROS DE TUBERÍA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES TIPO PVC/PEAD/GRP Ø60".

- CÁMARA DE INTERCONEXIÓN. CON GRADAS DISIPADORAS. CONCRETO REFORZADO.

- CONSTRUCCION DE 28 POZOS DE INSPECCIÓN TIPO III.

- ESTRUCTURA DE DESCARGA CON COMPUERTA ANTIRRETORNO MADERPLAST Ø30" EN ALIVIADERO PARA PREVENCIÓN DE RETROFLUJO Y CONTROL DE OLORES. INCLUYE CAJA DE INSPECCIÓN.

- ESTRUCTURA DE DESCARGA CON COMPUERTA ANTIRRETORNO MADERPLAST Ø60" EN ALIVIADERO PARA PREVENCIÓN DE RETROFLUJO Y CONTROL DE OLORES. INCLUYE CAJA DE INSPECCIÓN.

- ANCLAJES PARA PROTECCIÓN Y ANTIFLOTACIÓN DE TUBERÍA EN CONCRETO CICLÓPEO 3500PSI TRAMOS SUBFLUVIALES Y EN CONDICIÓN DE SATURACIÓN.

- OBRAS DE CONTROL DE EROSIÓN HÍDRICA (SOCAVACIÓN) PARA PROTECCIÓN DE LA TUBERÍA Y POZOS DE INSPECCIÓN. Estas obras se diseñan en el componente diseño hidráulico obras de control de erosión y protección de tubería.

5. POBLACIÓN BENEFICIADA

El proyecto beneficiará a 710 mil Habitantes – PERIODO DE DISEÑO 25 AÑOS - para la cuenca principal de la zona de estudio, con un área total aferente de 2374 Ha, en donde se proyecta redensificación y áreas de expansión municipal territorial futura. El área total del proyecto está compuesta por las subcuencas sanitarias: a) Subcuenca Quebrada Tonchalá, b) Subcuenca Quebrada La Cañada y c) Subcuenca San Cayetano (San Isidro II).

A continuación, se muestras los barrios, por comunas, que serán beneficiados por el proyecto:

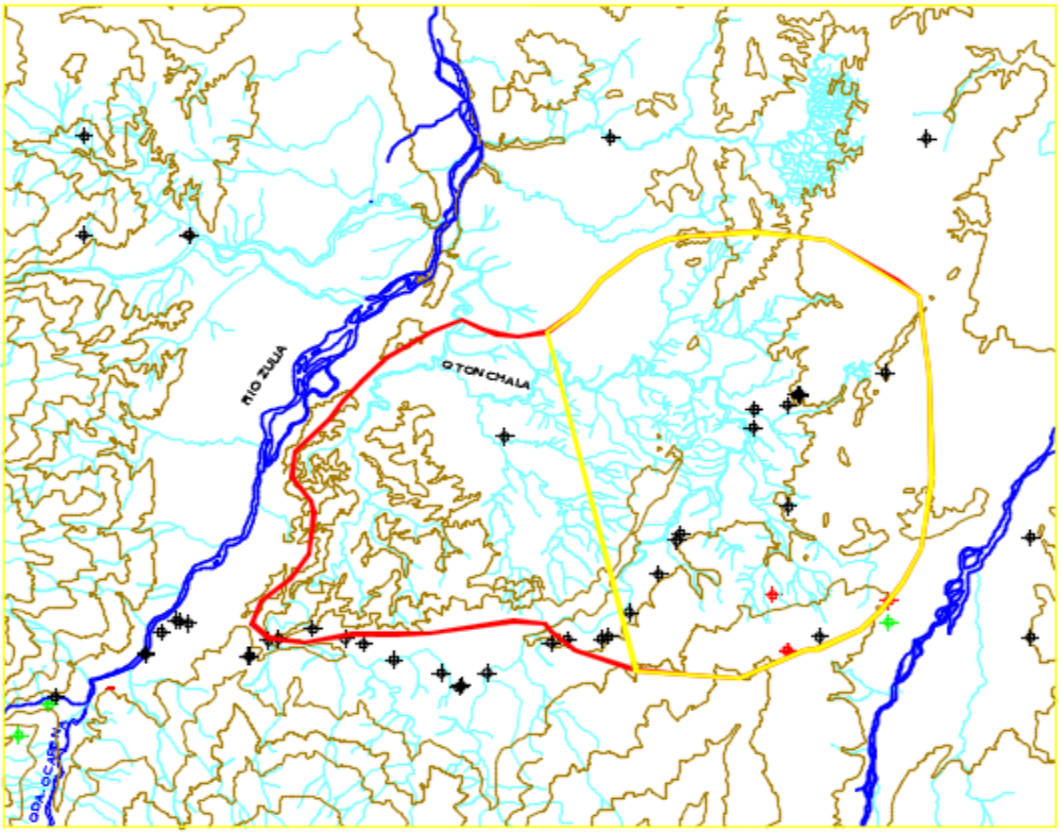
Tabla 1. Población Beneficiada, por Barrios y por Comunas

COMUNA 7	COMUNA 8	COMUNA 9	COMUNA 20
Tucunaré	El Progreso	Arnulfo Briceño	Vereda San Isidro
Claret	Loteo el Progreso	El Reposo	Los Mangos
Torres de Claret	Brisas del Mirador	Rudesindo Soto	
	Antonia Santos	Belén	
	Atalaya I Etapa	Los Yabos	
	Atalaya II Etapa	Brisas de los Andes	
	Atalaya III Etapa	Divina Pastora	
	La Victoria	Manuela Beltrán	
	Palmeras	Valles del Rodeo	
	Los Almendros	Belén de Umbría	
	El Tesoro	Invasión Jerónimo Uribe	
	El Desierto	Villa la Paz	
	Oasis	Hibiscos	
	Carlos Ramírez Paris	Las Delicias	
	Doña Nidia	Urbanización Las Margaritas	
	Tunal Minuto de Dios	Ciudadela Las Flóres	
	Juan Pablo II	María Gracia	
	El Rodeo		
	Invasión 13 de Mayo		
	La Fe		
	Juana Rangel		
	Las Coralinas		
	Invasión El Dorado		
	Nuevo Horizonte		
	Nueva Esperanza I		
	Lotes		
	Belisario Betancourt		
	Niña Ceci		
	7 de Agosto		
	Cúcuta 75		
	Los Olivos		
	Los Estoraques		
	Urbanización Pleno Sol		
	Sabana Verde		
	Los Canarios		
	Valles de Jerusalén		
	23 de Enero		
	La Isla		
	Valles del Girón		
	María Eugenia Riascos		
	Campo Alegre		
	Invasión Espíritu Santo		
	Urbanización San Fernando Rodeo		
	Paz y Futuro		
	Ciudadela el Progreso		
	Talento		
	La Fortaleza		
	Rosales del Rodeo		
	Rincón del Rodeo		
	Ciudad el Rodeo		
	Arrayanes		
	Conjunto Villas del Rodeo		

6. DIAGNÓSTICO Y CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DEL PROYECTO

El corredor de estudio pertenece a la CUENCA QUEBRADA TONCHALÁ. La Quebrada Tonchalá es uno de los cuerpos de agua más importantes para el sistema hidrológico de la ciudad de Cúcuta. Su cuenca se ubica en la zona sur – occidental del municipio. La cuenca hidrográfica la Quebrada Tonchalá es una subcuenca de la cuenca hidrográfica del rio Zulia.

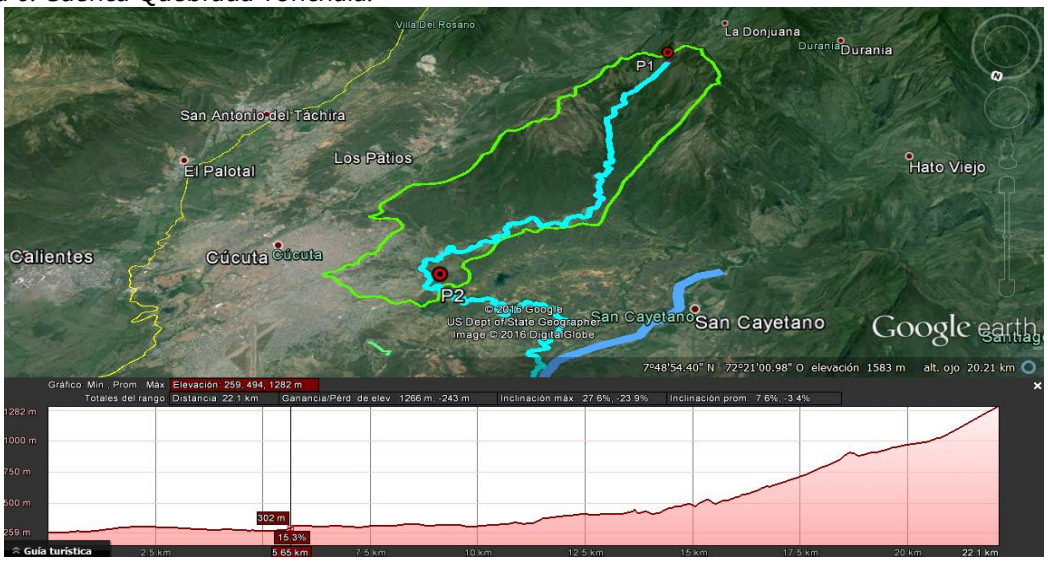
Figura 5. Cuenca Quebrada Tonchalá. Cuenca hidrográfica de la Quebrada Tonchalá (color rojo) y área delimitada hasta el sector en estudio (color amarillo).



6.1. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA QUEBRADA TONCHALÁ.

La Quebrada Tonchalá es uno de los cuerpos de agua más importantes para el sistema hidrológico de la ciudad de Cúcuta. Su cuenca se ubica en la zona sur – occidental del municipio.

Figura 6. Cuenca Quebrada Tonchalá.



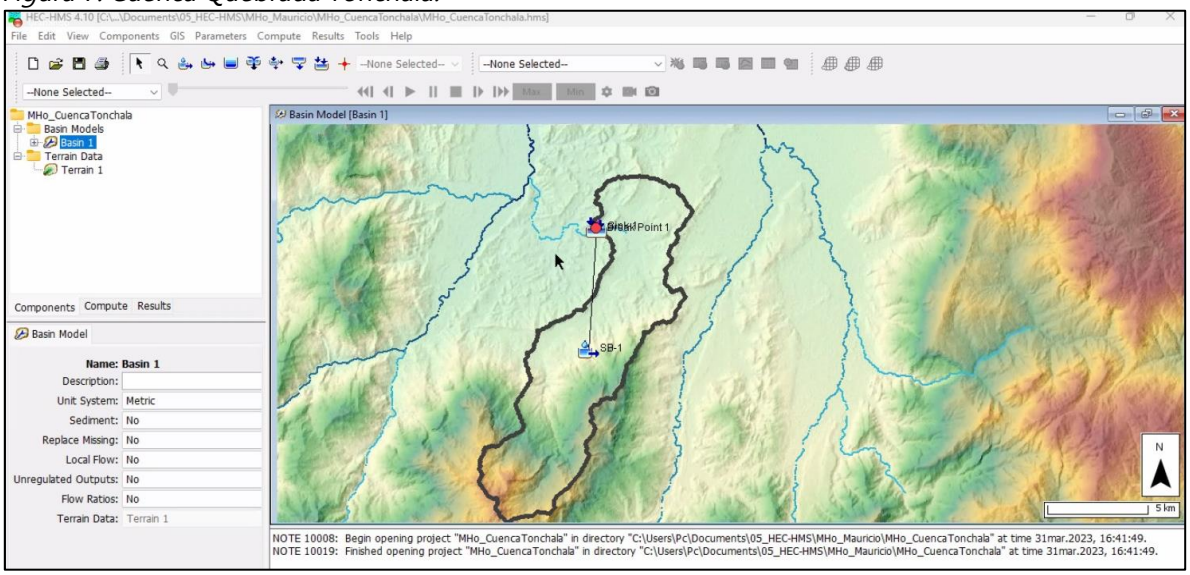
Fuente: Google Earth. Autor.

La Quebrada Tonchalá nace a 1.256 m, en el Punto de Control 1, en las cercanías con el sector de Carmen de Tonchalá. Su cuenca se ubica sobre la cordillera oriental, extendiéndose hasta el Río Zulia.

La cuenca de la zona de estudio cubre una extensión de 7586.72 Ha, la longitud total del cauce principal es de 18.09 Km y el ancho de la cuenca es de 3640.34 metros. Inicia con altas pendientes, alrededor de 11% pendiente promedio en 9.7 Km y, luego se modifica a 2.8% en 12.3 Km. Como pendiente longitudinal promedio se considera

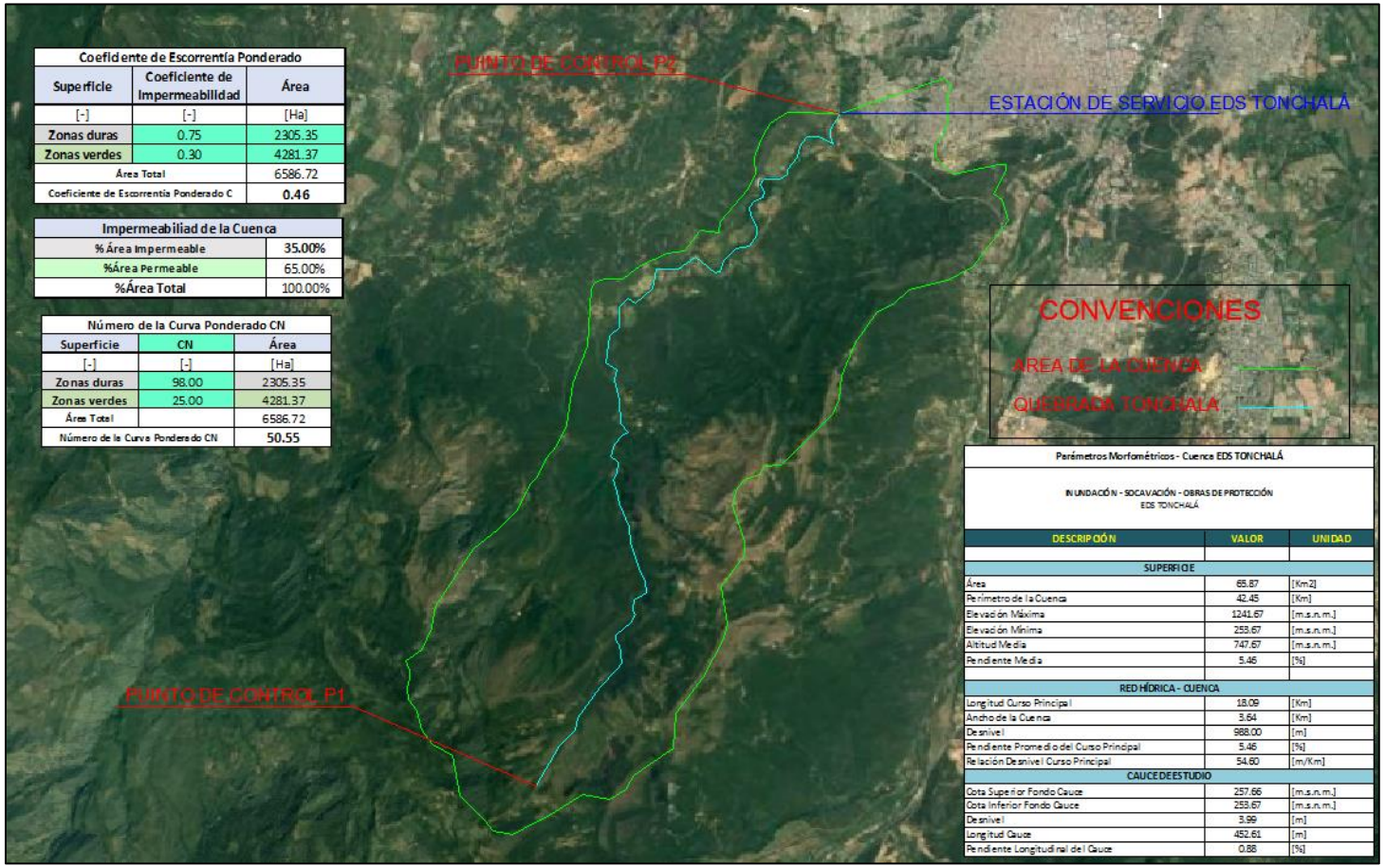
5.46%, la cual contempla el diferencial de altura 988 metros y la longitud total de la cuenca de 21.99 Km. La mayor parte de su recorrido es casi horizontal y gradualmente se va desestabilizando, notándose la presencia de fenómenos y procesos de erosión y acumulación en las partes altas y bajas. A la cuenca de la Quebrada Tonchalá, pertenece los sectores: Carmen de Tonchalá y el Suroccidente del Municipio de Cúcuta.

Figura 7. Cuenca Quebrada Tonchalá.



Fuente: Google Earth. Autor.

Figura 8. Cuenca Quebrada Tonchalá.



Coeficiente de Escorrentía Ponderado

Superficie	Coeficiente de Impermeabilidad	Área
[-]	[-]	[Ha]
Zonas duras	0.75	2305.35
Zonas verdes	0.30	4281.37
Área Total		6586.72
Coeficiente de Escorrentía Ponderado C		0.46

Impermeabilidad de la Cuenca

% Área Impermeable	35.00%
%Área Permeable	65.00%
%Área Total	100.00%

Número de la Curva Ponderado CN

Superficie	CN	Área
[-]	[-]	[Ha]
Zonas duras	98.00	2305.35
Zonas verdes	25.00	4281.37
Área Total		6586.72
Número de la Curva Ponderado CN		50.55

Parámetros Morfométricos - Cuenca EDS TONCHALÁ

INUNDACIÓN - SOCAVACIÓN - OBRAS DE PROTECCIÓN EDS TONCHALÁ

DESCRIPCIÓN	VALOR	UNIDAD
SUPERFICIE		
Área	65.87	[Km2]
Perímetro de la Cuenca	42.45	[Km]
Elevación Máxima	1241.67	[m.s.n.m.]
Elevación Mínima	253.67	[m.s.n.m.]
Altitud Media	747.67	[m.s.n.m.]
Pendiente Media	5.46	[%]
RED HÍDRICA - CUENCA		
Longitud Curso Principal	18.09	[Km]
Ancho de la Cuenca	3.64	[Km]
Desnivel	988.00	[m]
Pendiente Promedio del Curso Principal	5.46	[%]
Relación Desnivel Curso Principal	54.60	[m/Km]
CAUCE DE ESTUDIO		
Cota Superior Fondo Cauce	257.66	[m.s.n.m.]
Cota Inferior Fondo Cauce	253.67	[m.s.n.m.]
Desnivel	3.99	[m]
Longitud Cauce	452.61	[m]
Pendiente Longitudinal del Cauce	0.88	[%]

Fuente: Google Earth. Autor.

Figura 9. Zona de estudio. Subcuenca de estudio. Cuenca Quebrada Tonchalá.



Fuente: Google Earth. Autor.

- **ASPECTO GEOLÓGICO**

Qta: Terrazas y Aluviones Recientes

Se presentan asociados y distribuidos a lo largo de los cauces actuales y márgenes de principales Drenajes Superficiales Naturales. Corresponden a depósitos de gravas, arenas y arcillas. Estos depósitos se forman a partir de corrientes principales, como

quebradas y ríos, están constituidos por cantos redondeados de alta esfericidad que varían en tamaño de centímetros a metros embebidos dentro de una matriz areno-arcillosa. Son depósitos inconsolidados, constituidos esencialmente por gravas y arenas que incluyen cantos en una matriz limo-arenosa; estos aluviones suprayacen el material rocoso. Son depósitos recientes originados por el arrastre de materiales que hacen las corrientes existentes en la cuenca, y por avenidas torrenciales que se encausan por sus cauces.

6.2. TOPOGRAFÍA

La topografía de la zona de estudio es inclinada hacia los drenajes naturales existentes. El sentido de flujo del sistema de alcantarillado sanitario va en dirección norte. El sentido de flujo de los drenajes naturales superficiales va en dirección norte hacia el Río Zulia.

6.3. RECURSOS HÍDRICOS

SISTEMA FLUVIAL RIO ZULIA

6.4. DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

En el corredor de estudio, existen asentamientos humanos, en ambas márgenes de la Quebrada Tonchalá. Se aprecian vías no pavimentadas, viviendas en material durable y transitorio, pozos sépticos, vertimientos de aguas sanitarias a cielo abierto y fugas de redes ilegales de acueducto sobre taludes y drenajes naturales superficiales.

Así mismo, la Urbanización Arrayanes, y otras, se ubican en el margen derecho de la Quebrada Tonchalá, en el Municipio de Cúcuta, descargando sus aguas residuales a cielo abierto, debido a la inexistencia del PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ.

Todo el corredor de estudio se encuentra en cobertura rasante natural, paralelo a la Quebrada Tonchalá, en zona de ronda hídrica para la instalación de servicios públicos PSMV y corredores futuros viales.

6.5. CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

La población del corredor de estudio pertenece al ESTRATO 1. La actividad económica de sus habitantes se base en el comercio de mercancías varias y al empleo informal.

6.6. VÍAS DE ACCESO

Vía Principal Belén. Vía Cruz de Canecas. Anillo Vial Occidental.

6.7. SISTEMA EXISTENTE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES

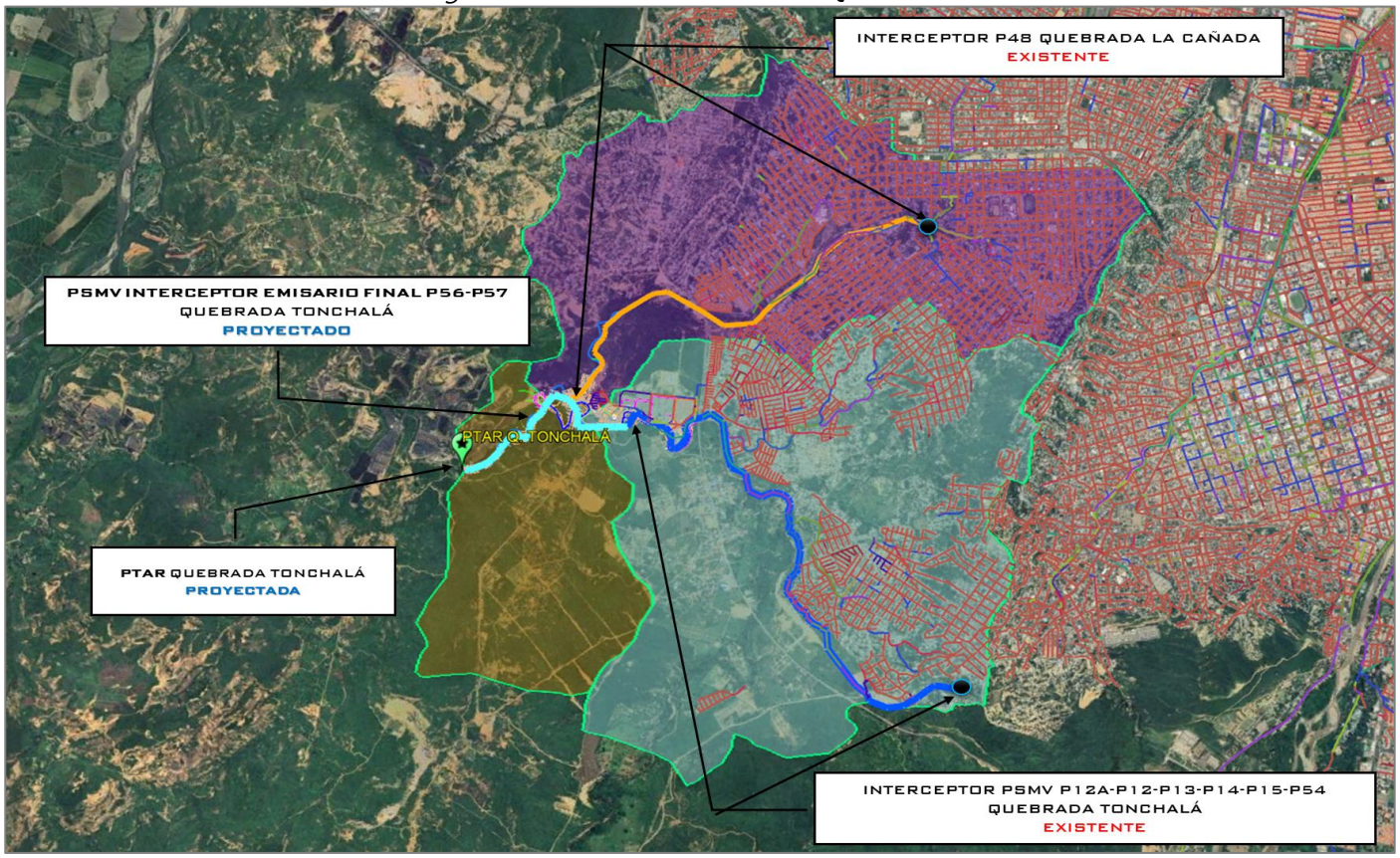
A nivel de sistemas existentes de aguas residuales, el Proyecto PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ tiene dos puntos de empalme aguas arriba:

Por la Cuenca Quebrada Tonchalá el sistema existente de aguas residuales tiene como tramo final el PSMV INTERCEPTOR P54 (conformado también por los Interceptores PSMV existentes P12A-P12-P13-P14-P15), construido al frente la Urbanización Arrayanes; de allí hacia aguas abajo no existe tubería y se presentan vertimientos directos de aguas residuales a la Quebrada Tonchalá.

Por la Cuenca Quebrada La Cañada el sistema existente de aguas residuales tiene como tramo final el PSMV INTERCEPTOR P48, construido hasta el occidente de la Urbanización Arrayanes, desde el sector de Cúcuta 75 Palmeras Parte Alta; de allí hacia aguas abajo no existe tubería y se presentan vertimientos directos de aguas residuales a la Quebrada Tonchalá.

Es importante resaltar, entonces, que para las Cuencas Quebrada La Cañada y Quebrada Tonchalá ya existen los interceptores idóneos hasta el corredor de la zona de estudio. El presente proyecto, empalmará estos dos puntos de cargas hidráulicas, y los prolongará hasta la PTAR PROYECTADA, ubicada en el margen izquierdo de la Quebrada Tonchalá, Municipio de San Cayetano, Sector Coquizadoras.

Figura 10. Sistema Existente Alcantarillado de Aguas Residuales. PSMV P56-P57 QUEBRADA TONCHALÁ

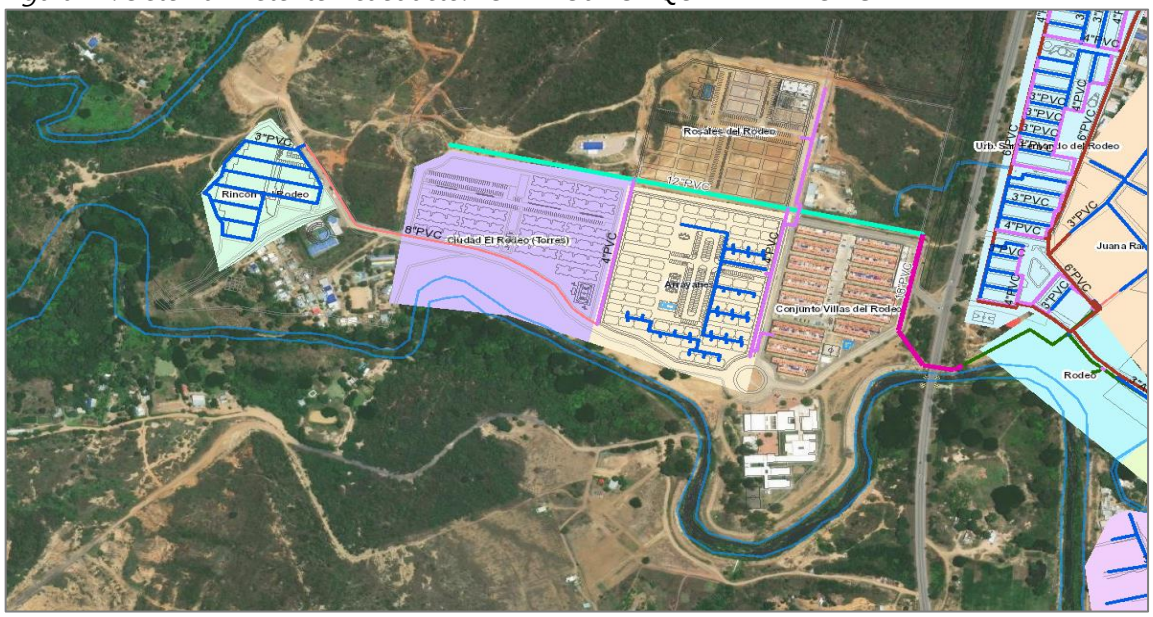


Fuente: AGUAS KPITAL CÚCUTA SA ESP.

6.8. SISTEMA EXISTENTE RED DE ACUEDUCTO

A nivel del sistema existente de acueducto, existe una red matriz que llega a la Urbanización Arrayanes, por el corredor de la Quebrada Tonchalá, aferente al Puente Tonchalá II, tubería de 18" PVC. De ahí se extienden redes de 12" PVC y 8" PVC al interior de los conjuntos Villas del Rodeo, Ciudad el Rodeo, Rosales del Rodeo y Rincón del Rodeo. Precisamente se despliegan redes de 3" PVC para las vías internas de cada sector. No existen más redes de acueducto cercanas al corredor de estudio. Por ello, se concluye que no existen redes de acueducto como interferencia al proyecto.

Figura 11. Sistema Existente Acueducto. PSMV P56-P57 QUEBRADA TONCHALÁ



Fuente: AGUAS KPITAL CÚCUTA SA ESP.

7. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto tiene como objetivo realizar el **DISEÑO HIDRÁULICO** y las **MODELACIONES HIDRÁULICAS** del **PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO QUEBRADA TONCHALÁ** para la recolección, transporte y disposición final de las aguas residuales, cuyo punto inicial (PY36) de su trazado geométrico se encuentra ubicado 1090 metros aguas abajo del Puente Anillo Vial Tonchalá II con coordenadas 7°53'25.62"N - 72°33'13.35"O, con una extensión de 1989.09 metros, y con punto final (EF-20) sobre el área de la futura PTAR PROYECTADA con coordenadas 7°53'17.79"N - 72°33'57.07"O. al suroccidente del Municipio de Cúcuta, Norte de Santander.

Se proyecta ejecutar la extensión de la red proyectada PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO QUEBRADA TONCHALÁ 1989.09 metros hacia aguas abajo, en sentido del flujo del cuerpo de agua, hacia la futura PTAR QTONCHALÁ proyectada.

La red proyectada de alcantarillado de aguas residuales consiste en **suministro e instalación de 49.75 metros de tubería de Alcantarillado de Aguas Residuales Tipo PVC/PEAD/GRP Ø30", suministro e instalación de 650.10 metros de**

tubería de Alcantarillado de Aguas Residuales Tipo PVC/PEAD/GRP Ø48", suministro e instalación de 1198.30 metros de tubería de Alcantarillado de Aguas Residuales Tipo PVC/PEAD/GRP Ø60". A nivel de accesorios se proyectan **veintiocho (28) pozos de inspección** con profundidades mayores a 4 metros (Tipo III).

También se contemplan:

- MEDICIONES.
- DEMOLICIONES Y LIMPIEZA.
- MOVIMIENTOS DE TIERRAS.
- MANEJO DE AGUAS RESIDUALES Y AGUAS LLUVIAS.
- MANEJO DE INTERFERENCIAS (REDES EXISTENTES ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO, GAS ETC).
- ESTRUCTURA TEMPORAL DE CONTENCIÓN METÁLICA (ENTIBACIÓN METÁLICA) PARA EXCAVACIONES CON ZANJAS DE INSTALACIÓN CON PROFUNDIDADES MAYORES A 1.50M.
- CÁMARA DE INTERCONEXIÓN. CON GRADAS DISIPADORAS. CONCRETO REFORZADO.
- ESTRUCTURA DE DESCARGA CON COMPUERTA ANTIRRETORNO MADERPLAST Ø30" EN ALIVIADERO PARA PREVENCIÓN DE RETROFLUJO Y CONTROL DE OLORES. INCLUYE CAJA DE INSPECCIÓN.
- ESTRUCTURA DE DESCARGA CON COMPUERTA ANTIRRETORNO MADERPLAST Ø60" EN ALIVIADERO PARA PREVENCIÓN DE RETROFLUJO Y CONTROL DE OLORES. INCLUYE CAJA DE INSPECCIÓN.

· ANCLAJES PARA PROTECCIÓN Y ANTIFLOTACIÓN DE TUBERÍA EN CONCRETO CICLÓPEO 3500PSI TRAMOS SUBFLUVIALES Y EN CONDICIÓN DE SATURACIÓN.

· OBRAS DE CONTROL DE EROSIÓN HÍDRICA (SOCAVACIÓN) PARA PROTECCIÓN DE LA TUBERÍA Y POZOS DE INSPECCIÓN. Estas obras se diseñan en el componente diseño hidráulico obras de control de erosión y protección de tubería.

Para la cimentación de la tubería se proyecta relleno para piso o cama, lateral, hasta 30 cm sobre la clave del tubo CON MATERIAL GRANULAR 3/4" TRITURADO DE ROCA (ANGULAR). Debe cumplir especificación similar a suelo tipo granular ASTM Suelo Clase I - GW -GP-SW-SP. Muy bien compactado, revestido con GEOTEXTIL NT 1600.

NOTAS Y RECOMENDACIONES IMPORTANTES

- Los estudios, análisis, cálculos y diseños presentados han sido elaborados de acuerdo con las Resoluciones 0799 de 2021 y 0330 de 2017 expedidas por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009"., RAS 2017-2021, y a nivel de COMPONENTE HIDROLÓGICO se tomó como base la GUÍA TÉCNICA DE CRITERIOS PARA EL ACOTAMIENTO DE LAS RONDAS

HÍDRICAS EN COLOMBIA (Resolución 0957 de 2018. Artículo 83 Ley 2811 de 1974. Artículo 206 Ley 1450 de 2011. Decreto 1076 de 2015. Decreto 2245 del 29 de diciembre de 2017), el PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL AGUA (IDEAM - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Año 2007), PROTOCOLO DE MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA (IDEAM - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Año 2018), y la GUÍA NACIONAL DE MODELACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA AGUAS SUPERFICIALES CONTINENTALES (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Año 2018).

- El trazado del presente INTERCEPTOR EMISARIO FINAL perteneciente al PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS PSMV P56 INTERCEPTOR QUEBRADA TONCHALÁ, se ha proyectado con base en:

I. Las franjas de retiro establecidas en el ACUERDO 022 DE 2019 del 19 DE DICIEMBRE DE 2019. ARTÍCULOS 180 al 185. Rondas hídricas de quebradas, arroyos, caños y drenajes naturales en el área urbana y suelos de expansión. Son zonas de protección ambiental, restauración ecológica y manejo hidráulico, de uso público, constituidas por una franja alrededor de cuerpos menores de agua, que ameritan su intervención para garantizar el manejo adecuado de las aguas de escorrentía, mediante obras de canalización, construcción de obras de protección, sedimentadores, gradas disipadoras

o aquellas que resulten de estudios técnicos que deben elaborar los interesados en desarrollar los suelos urbanos o de expansión urbana con tratamiento de desarrollo, los cuales deben ser sometidos a consideración del Departamento Administrativo de Planeación Municipal, o la entidad que haga sus veces, autoridad que aprobará los diseños y los retiros exigibles, de acuerdo al área de manejo del caudal que se defina en los estudios respectivos.

II. Los corredores naturales establecidos en la GUÍA TÉCNICA DE CRITERIOS PARA EL ACOTAMIENTO DE LAS RONDAS HÍDRICAS EN COLOMBIA (Resolución 0957 de 2018. Artículo 83 Ley 2811 de 1974. Artículo 206 Ley 1450 de 2011. Decreto 1076 de 2015. Decreto 2245 del 29 de diciembre de 2017) se reglamenta: La ronda hídrica comprende la faja paralela a la línea de aguas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho. Así mismo hará parte de la ronda hídrica el área de protección o conservación aferente se establecerán directrices de manejo ambiental, conforme a lo dispuesto en la "Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia". La ronda hídrica se acotará desde el punto de vista funcional y su límite se traza a partir de la línea de marea máximas a la del cauce permanente de cuerpos de agua. El cauce permanente se delimitará desde un análisis de la forma del terreno, teniendo en cuenta que éste corresponde a la geoforma sobre la cual fluye o se acumulan el agua y sedimentos en condiciones de flujo de caudales o niveles sin que se llegue a producir desbordamiento de sus

márgenes naturales. El límite físico de la ronda hídrica será el resultado de la envolvente que genera la superposición de mínimo los siguientes criterios: geomorfológico, hidrológico y ecosistémico.

Con ello, se establecen los retiros al cuerpo de agua, como suelo de protección de recursos hídricos, para el establecimiento de áreas de utilidad pública para las infraestructuras de provisión de servicios públicos. En otras palabras, se identificó el corredor de protección ambiental para la instalación de la red de alcantarillado de aguas residuales: LA TUBERÍA DEL PROYECTO SE INSTALARÁ SOBRE CORREDOR DE PROTECCIÓN AMBIENTAL PARA INSTALACIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS. Plan Saneamiento y Manejo de Vertimientos.

- El presente diseño hidráulico se elaboró con base en PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE CÚCUTA (Acuerdo 022 de 2019 - 19 de diciembre de 2019) Norte de Santander, y las reglamentaciones asociadas, en lo referente a características y localización de vías, malla vial arterial y zonas verdes aledañas a los mismos.

- EL CORREDOR DE ESTUDIO SE UBICA EN ZONA EN CONDICIÓN DE ALTO RIESGO A INUNDACIÓN. POR ENDE, EL PRESENTE PROYECTO TIENE QUE

COMPLEMENTARSE CON OBRAS DE MITIGACIÓN Y CONTROL DE INUNDACIÓN Y EROSIÓN HÍDRICA SOBRE AMBAS MÁRGENES DE LA "QUEBRADA TONCHALÁ", CUERPO DE AGUA PRINCIPAL DE LA CUENCA, DEBIDO AL GRAN PODER DE INUNDACIÓN Y SOCAVACIÓN DESTRUCTIVAS POTENCIALES Y COMBINADAS QUE SE GENERAN, EN ÉPOCAS DE FUERTES LLUVIAS.

Sin embargo, el objetivo básico del proyecto será el diseño del INTERCEPTOR EMISARIO FINAL PSMV P56-P57 y sus obras de control de erosión y antiflotación.

- SE RECALCA EN QUE SE PRESENTA GRAVE INCONVENIENTE POR LA OCUPACIÓN INFORMAL DE VIVIENDAS (INVASIONES) SOBRE LA MARGEN DERECHA DE LA QUEBRADA TONCHALÁ, LO QUE GENERÓ OBSTACULIZACIÓN DEL TRAZADO DE LA ESTRUCTURA HIDRÁULICA. CON LA ACTUAL DISMINUCIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO SE GENERA DIFICULTAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA. SE RECOMIENDA OFICIAR Y SOLICITAR "DE CARÁCTER URGENTE" A LA ALCALDÍA MUNICIPAL, EN ESPECIAL A LA SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, AL DEPARTAMENTO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL, A SECRETARÍA DE GOBIERNO, A SECRETARÍA MUNICIPAL DE GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES, CORPONOR Y A LA INSPECCIÓN DE POLICÍA, PARA QUE SE EFECTUÉ EL

RESPECTIVO RESTABLECIMIENTO DEL ESPACIO PÚBLICO, DE LAS ÁREAS DE RETIRO A CUERPOS DE AGUA, FRANJAS DE RETIRO DE LOS CORREDORES AMBIENTALES Y DE SUELOS DE PROTECCIÓN DEL CORREDOR DE ESTUDIO, ADEMÁS DE SOLICITAR LA CONSTRUCCIÓN URGENTE DE LAS RESPECTIVAS OBRAS PARA EL CONTROL Y MITIGACIÓN DE LA INUNDACIÓN, EROSIÓN, Y MOVIMIENTOS EN MASA EN ZONAS AFERENTES Y PUNTALES AL PROYECTO.

- La zona de estudio está compuesta por corredor o franja de protección paralela a cuerpo de agua - drenaje natural superficial principal de la cuenca afectado por altas pendientes, alta saturación y procesos erosivos. Por ello la cimentación estructural de la tubería de alcantarillado de aguas residuales del presente proyecto se realizará en MATERIAL GRANULAR 3/4" TRITURADO DE ROCA (ANGULAR) REVESTIDA CON GEOTEXTIL NT1600, para no interrumpir redes de flujo subsuperficiales, evitar procesos de aumento en la presión de poros, acumulación de humedad y alta saturación en el suelo, precisamente sobre el ancho de zanja del proyecto de alcantarillado de aguas residuales, y permitir, de ésta forma, el normal flujo de las aguas de escorrentía sin que se afecte la cimentación de la tubería, Y ANCLAJES ESTRUCTURALES EN CONCRETO para evitar fenómenos de FLOTACIÓN de las tuberías por empujes hidráulicos de las láminas de inundación de la Cuenca QUEBRADA LA CAÑADA.

- Las excavaciones deberán llenarse y compactarse con el material recomendado por el diseño, es decir, la estructura de la cimentación de la tubería a implementar será única y exclusivamente la formulada por el diseñador.

- En los PASOS SUBDRENAJES deben construirse estructuras de protección de la tubería, en Concreto Ciclópeo 3000 PSI.

- Cada ALIVIADERO debe instalarse con su respectiva Estructura de Descarga

- Todas, absolutamente todas, las medidas deberán ser verificadas y/o ajustadas a las condiciones reales del terreno. La ubicación de las obras proyectadas puede variar según condiciones de espacio y localización en terreno. Cualquier modificación en el diseño será consultada con el Ingeniero Diseñador. SE DEBE, CON SUMA IMPORTANCIA, ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESENTE RED DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES, REALIZAR "REPLANTEO TOPOGRÁFICO" PARA LA VERIFICACIÓN DE COTAS TERRENO, COTAS BATEAS PROYECTADAS, PERFIL EXISTENTE DEL TERRENO, LONGITUDES ENTRE POZOS PROYECTADOS Y CATASTRO DEL SISTEMA EXISTENTE A EMPALMAR.

- Toda excavación en obras de acueducto y alcantarillado con profundidades mayores a 1.5 metros - con diferentes condiciones geotécnicas con la intención de mitigar hundimientos y desplomes de las paredes laterales de la excavación reduciendo daños (en vías, andenes, separadores, sardineles, viviendas aferentes, canales de aguas lluvias, obras estructurales, redes de interferencia e infraestructura en general), tiempo, costos, incrementando la productividad y optimizando las condiciones de salud y seguridad en el trabajo - debe implementar un sistema de entibación o estructura temporal de contención, de acuerdo con lo estipulado en: Guía Trabajo Seguro en Excavaciones. Guía Trabajo Seguro en Excavaciones. Ministerio del trabajo. Comisión Nacional de Salud Ocupacional del Sector de la Construcción 2014. Resolución 02400 de 1979: Artículo 616 del Estatuto de Seguridad Industrial. Resolución 2413 de 1979: Reglamento de higiene y Seguridad para la Industria de la Construcción. Resolución 1409 del 2012: Reglamento de seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas. NSR - 2010: Reglamento de Construcciones Sismorresistentes para estructuras temporales de construcción.

8. POBLACIÓN Y DENSIDAD POBLACIONAL DE DISEÑO DE LA ZONA DE ESTUDIO

Para la estimación de la proyección de la población se deben tener en cuenta los datos establecidos para la población por el DANE, tanto para la definición del nivel de complejidad del sistema como para la proyección de la población. El último dato de población establecido por el DANE para el municipio objeto del diseño debe tenerse en cuenta como un último censo a utilizarse para la proyección de la población.

Deben recolectarse los datos demográficos de la población, en especial los censos de población del DANE. Con base en los datos anteriores se establecerán los criterios y parámetros que determinen el crecimiento de la población.

Teniendo en cuenta la identificación de las zonas actuales de la población y de las zonas de expansión futuras definidas en el plan de ordenamiento territorial del municipio, la densidad actual y la densidad proyectada deben calcularse con base en la población actual y futura de dichas zonas con el objeto de verificar la expansión real del sistema de acueducto.

Deben tenerse en cuenta la distribución espacial de la población identificando los diferentes usos de la tierra, los tipos de consumidores y la distribución espacial de la demanda. En particular se deben considerar los datos referentes a las poblaciones de saturación definidas para el municipio o para zonas de éste de acuerdo con el plan de ordenamiento territorial. Para todas las zonas de cobertura del sistema de acueducto debe verificarse que las proyecciones de la población no superen dichas densidades de saturación. Las densidades de población y la distribución espacial deben estar acordes con las normas urbanísticas, planes de desarrollo y demás programas formulados por el gobierno municipal, departamental o nacional que determinen la distribución espacial de la población, los usos de tierra y posibles servidumbres, atendiendo los planes de desarrollo territorial de acuerdo con la Ley 388 de 1997. En caso que en el período de diseño no se llegue a la población de saturación definida en el plan de ordenamiento territorial para el municipio, la demanda de agua potable debe proyectarse, de acuerdo con el nivel de complejidad del sistema, teniendo en cuenta los períodos de diseño definidos posteriormente en este Título. Por otra parte, en caso que la población de saturación sea mayor a la población proyectada, para el período de diseño particular, en el diseño se debe utilizar la población de saturación. Si la población de saturación se alcanza en un período de tiempo menor al período de diseño, éste debe corresponder al momento en que se llegue a la población de saturación.

El análisis de la densidad poblacional futura se ha estimado con base en el Capítulo 2 del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado Segunda Versión, elaborado por la Empresa AGUAS KPITAL CÚCUTA S.A. E.S.P., el cual contiene el estudio de la población siguiendo la información DANE de acuerdo al censo de 2005, ya oficialmente adoptado por dicha entidad, y del informe final de la actualización del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de San José de Cúcuta (Acuerdo 089 de 2011).

El Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado de Cúcuta en 2007 (PMAA-2007) utilizó una tasa de crecimiento de población del 3% anual constante hasta el 2032; no obstante, lo anterior, las nuevas directrices del Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS), redundan en menor población y en una demanda de agua muy inferior a la contemplada por el Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado (PMAA) formulado para Cúcuta en 2007.

Por ello, para el presente proyecto se adoptó la proyección de población del DANE que varía con tasa interanual decreciente hasta 2020; a partir del 2021, se utilizó una tasa de crecimiento constante del 1,2% hasta el 2032 con base en el análisis de tendencia realizado con la población de los censos DANE desde 1938 hasta 2005 y tomando como año base la población proyectada por esta entidad para el año 2020.

- **Proyecciones DANE 2005 A 2020.**

El DANE publica en su página web (Municipal_área_1985-2020) la proyección de población para el período 2005 – 2020. Las proyecciones de población realizadas por el DANE utilizan el método de los componentes demográficos a nivel Nacional, Departamental y municipal por sexo y edad del período 2005-2020. Estas proyecciones fueron realizadas tomando como base los resultados ajustados de población del Censo 2005 y la conciliación censal 1985 - 2005; así como los análisis sobre el comportamiento de las variables determinantes de la evolución demográfica.

Tabla 2. Proyección de Población, Censo DANE 2005.

Año	Población
2005	567.559
2006	573.575
2007	579.531
2008	585.465
2009	591.432
2010	597.450
2011	603.540
2012	609.656
2013	615.795
2014	621.963
2015	628.107
2016	634.276
2017	640.370
2018	646.345
2019	652.149
2020	657.704

Fuente: www.dane.gov.co

- **Proyección 2020-2050.**

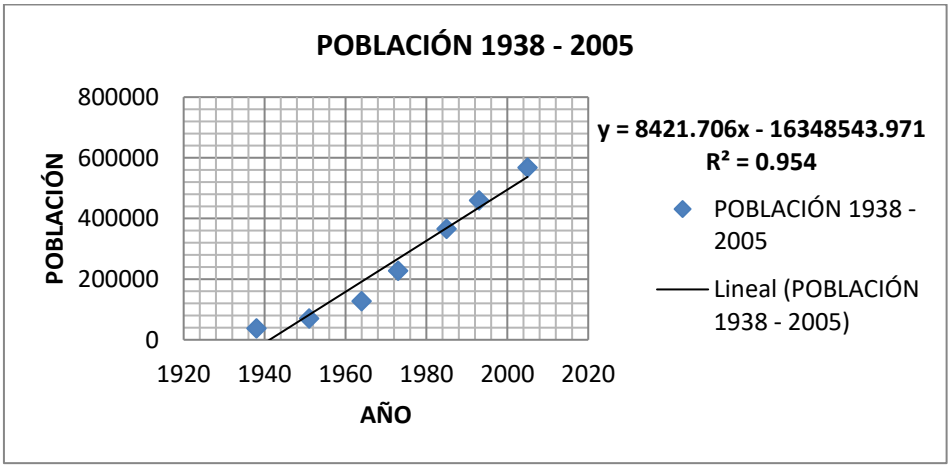
Para la proyección de la población a partir del año 2020 con 657.704 habitantes, se grafican los datos estadísticos publicados por el DANE en su página web de los censos de los períodos de 1938 a 2005.

Tabla 3. Proyección de Población 1938-2005. DANE.

Año	Población
1938	37323
1951	70375
1964	127176
1973	227655
1985	365798
1993	459640
2005	567559

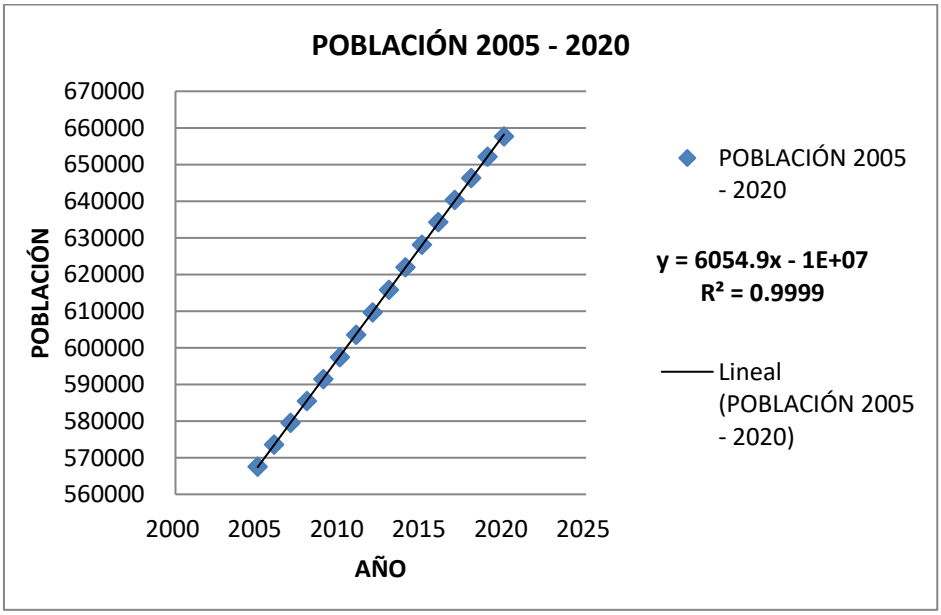
Fuente www.dane.gov.co

Gráfico 1. Análisis de Tendencia Población 1938 – 2005.



Fuente: Autor.

Gráfico 2. Análisis de Tendencia Población 2005 – 2020.



Fuente: Autor.

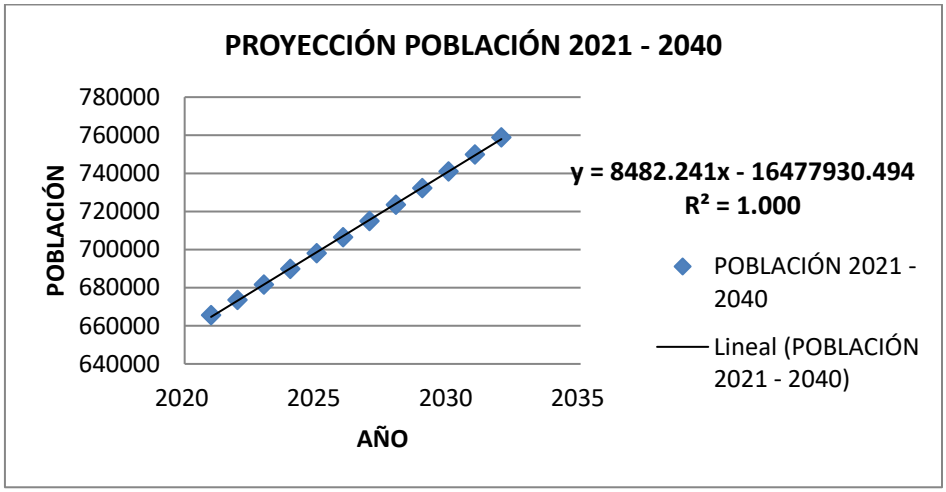
Acorde con lo anterior, se concluye que la tendencia lineal es la que más se ajusta, por tanto, mediante el método de los mínimos cuadrados con coeficiente de correlación R2 del 95%, se obtiene una tasa aritmética de 1,2% entre 1938 y 2032. Esta tasa es la utilizada para la proyección hasta el año 2050. Para el presente proyecto se usa la tendencia hasta el año 2045, con base en el periodo de diseño igual a 30 años.

Tabla 4. Proyección de población 2021 – 2050.

Año	Habitantes Proyectados	Crecimiento Poblacional (n)
2021	665596	
2022	673584	1.012
2023	681667	1.012
2024	689847	1.012
2025	698125	1.012
2026	706502	1.012
2027	714980	1.012
2028	723560	1.012
2029	732243	1.012
2030	741030	1.012
2031	749922	1.012
2032	758921	1.012
2033	768028	1.012
2034	777244	1.012
2035	786571	1.012
2036	796010	1.012
2037	805562	1.012
2038	815229	1.012
2039	825012	1.012
2040	834912	1.012
2041	844931	1.012
2042	855070	1.012
2043	865331	1.012
2044	875715	1.012
2045	886223	1.012
2046	896858	1.012
2047	907620	1.012
2048	918512	1.012
2049	929534	1.012
2050	940688	1.012

Fuente: Autor.

Gráfico 3. Análisis de Tendencia Población 2023 – 2048. Periodo de Diseño.



Fuente: Autor.

Habitantes por Vivienda. Con base en Censo General 2005, Colombia - Muestra Cocensal, Déficit de vivienda Municipios, Municipio de Cúcuta, del DANE, se establecen 145.306 viviendas.

Tabla 5. Proyección de Población 1938-2005. DANE.

Nombre de municipio o corregimiento departamental	Total hogares 2005								
	Total	%	cve* % Total	Cabecera	%	cve* % Cabecera	Resto	%	cve* % Resto
Cúcuta	145,306	100.00	0.67	140,682	100.00	0.67	4,624	100.00	4.19

Fuente www.dane.gov.co

Con base en estimaciones de población 1985 – 2005 y proyecciones de población 2005 - 2020 total municipal por área, información estadística del DANE, se establecen 567.559 habitantes para el año 2005.

Tabla 6. Población 2005. Municipio de Cúcuta. DANE.

DP	DPNOM	DPMP	MPIO	2005
54	Norte de Santander	54001	Cúcuta	567,559

Fuente www.dane.gov.co

La relación entre el número de habitantes y el número de viviendas se establece en la siguiente tabla:

Tabla 7. Número de habitantes por vivienda. Municipio de Cúcuta. DANE

N° de Habitantes Año 2005	N° de Viviendas Año 2005	N° de Habitantes por Vivienda
567.559	145306	3.91

Fuente www.dane.gov.co. Autor.

Por ello, el número de habitantes por vivienda calculado con base en los datos de registros poblacionales es de 3.91. Para el presente proyecto se asumirá **4 habitantes por vivienda**.

Para el cálculo de la población de diseño, se ha tomando la densidad poblacional futura resultado del análisis de crecimiento poblacional real de la ciudad, y con base en lo estipulado por el Acuerdo 022 de 2019 Plan de Ordenamiento Territorial Municipal.

Acuerdo 022 de 2019 Artículo 180. Aprovechamiento urbanístico en el Tratamiento de Desarrollo. Se define como tratamiento de desarrollo como aquel aplicable a todo predio urbanizable no urbanizado, (globo de terreno que no ha sido urbanizado ni construido), localizado en suelo urbano o de expansión urbana, para que antes de que se permito adelantar procesos de construcción, sea dotado de obras de urbanismo e infraestructura local, conectado a los sistemas generales (redes maestras de la ciudad), se delimite y ceda gratuitamente al Municipio los espacios públicos (vías y zonas verdes para parques y equipamientos) y zonas de afectación, y así mismo sean delimitadas las áreas privadas; estas últimas constituidas por predios, que, una vez culminado el proceso de urbanismo, quedan habilitados para adelantar procesos constructivos.

El Plan de Ordenamiento Territorial, Acuerdo 022 de 2019, otorga una densidad de 130 Viv/Ha para Zonas Futuras – Nuevos Desarrollos ZR4, de 60 Viv/Ha para ZR1 y de 80 Viv/Ha para ZR2. Sin embargo, según la dinámica de crecimiento de la ciudad, la densidad poblacional dinámica está en un rango entre 60 Viv/Ha y 80 Viv/Ha.

Densidad Nuevos Desarrollos. Acuerdo 022 de 2019.

REPUBLICA DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER
CORPORACION CONCEJO MUNICIPAL
SAN JOSE DE CUCUTA

Libertad y Orden

ACUERDO No 022 DE 2019

(19 DIC 2019)

"Por medio del cual se adopta una revisión ordinaria del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de San José de Cúcuta"

4. En zonas reguladas por el Tratamiento de desarrollo. En los nuevos desarrollos residenciales, las densidades serán las siguientes, salvo que se trate de proyectos de viviendas de interés social, casos en que se permitirá el máximo número de viviendas posible así:

Vivienda Tipo Uso Residencial	Densidad Unifamiliar/Bifamiliar o proyectos de conjuntos residenciales no tipificados como multifamiliares
Área de actividad residencial tipo ZR1	60 Viv/Ha
Área de actividad residencial tipo ZR2	80 Viv/Ha
Área de actividad residencial ZR3-ZR4	130 Viv/Ha

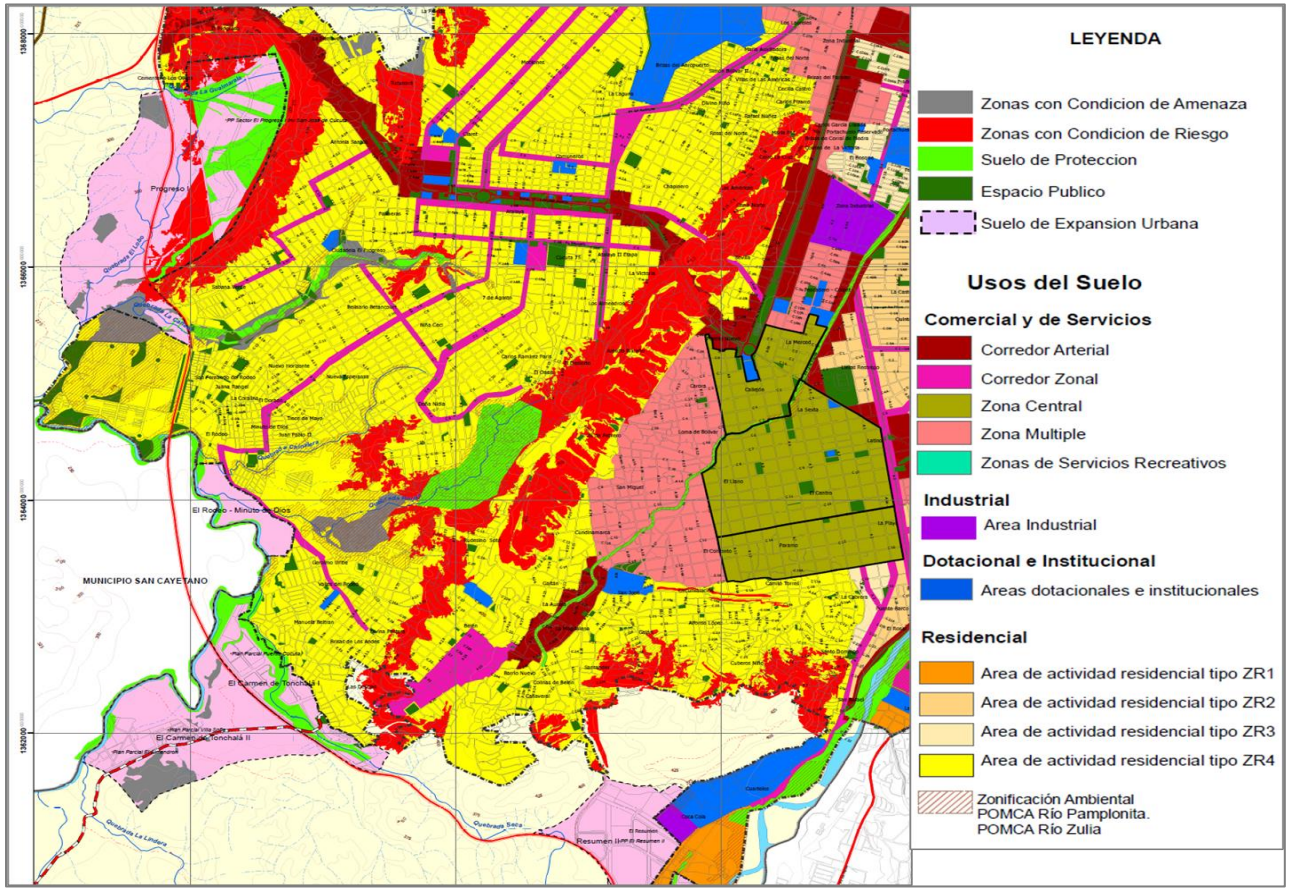
La densidad de saturación poblacional ponderada en la zona de estudio del presente proyecto es de 75 Viv/Ha para la Subcuenca Quebrada La Cañada, 65 Viv/Ha para la Subcuenca de la Quebrada Tonchalá y 60 Viv/Ha para la Subcuenca de San Cayetano San Isidro II, calculada en DENSIDAD DE SATURACIÓN POBLACIONAL ZONA DE ESTUDIO. Por ende, para el PSMV P57 EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ.

Tabla 8. Densidad Poblacional Ponderada de Diseño. PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ.

ÁREAS AFERENTES TOTALES AGUAS RESIDUALES								
PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ								
ANÁLISIS DE ÁREAS		TOTAL	DENSIDAD Esp	DENSIDAD 1 CONSOLIDADA 1	DENSIDAD 2 CONSOLIDADA 2	DENSIDAD 2 CONSOLIDADA 3	DENSIDAD 4 INDUSTRIAL	POZO
AREAS AFERENTES	DESCRIPCIÓN	[Ha]	[Ha]	[Ha]	[Ha]	[Ha]	[Ha]	
ÁREA 1	Área INTERCEPTOR P48 QUEBRADA LA CAÑADA	876.00		876.00				PY51
ÁREA 2	Área INTERCEPTOR P56 QUEBRADA TONCHALÁ	1116.00			1116.00			PY36
ÁREA 3	Área SAN CAYETANO	382.00				382.00		CAJA
ÁREA TOTAL		2374.00	0.00	876.00	1116.00	382.00	0.00	2374.00

DENSIDAD DE SATURACIÓN PONDERADA Zonas Consolidadas y Zonas de Expansión POT					
PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ					
CARACTERIZACIÓN DENSIDAD 1		876.00		75.00	Viv/Ha
CONSOLIDADA 1				4.20	Hab/Viv
				315.00	Hab/Ha
				DENSIDAD 2	
CARACTERIZACIÓN DENSIDAD 2		1116.00		65.00	Viv/Ha
CONSOLIDADA 2				4.20	Hab/Viv
				273.00	Hab/Ha
				DENSIDAD 3	
CARACTERIZACIÓN DENSIDAD 3		382.00		60.00	Viv/Ha
CONSOLIDADA 3				4.20	Hab/Viv
				252.00	Hab/Ha
DENSIDAD 1 (Hab/Ha)	315.00				
DENSIDAD 2 (Hab/Ha)	273.00				
DENSIDAD 3 (Hab/Ha)	252.00				
ÁREA TOTAL 1 (Ha)	876.00				
ÁREA TOTAL 2 (Ha)	1116.00				
ÁREA TOTAL 3 (Ha)	382.00				
Área Total Residencial	2374.00				
DENSIDAD PROMEDIO PONDERADA	(Hab/Ha)	285.12	(Viv/Ha)	67.89	

Figura 12. Usos de Suelo. Plano 31. Acuerdo 022 de 2019 POT. ZR-1, ZR-2, ZR-3 Y ZR-4



Fuente: POT Municipal. Acuerdo 022 de 2019.

- El Caudal de Diseño para el PSMV INTERCEPTOR P56 QUEBRADA TONCHALÁ es de 2643.63 lps, para una Subcuenca Sanitaria de 1116 Ha. Se beneficiarán **320 Mil habitantes**.

- El Caudal de Diseño para el PSMV EMISARIO FINAL P57 QUEBRADA TONCHALÁ es de 4894.40 lps, para una Subcuenca Sanitaria de 2374 Ha. Se beneficiarán, en total, **710 Mil habitantes**.

- Estos caudales de diseño, son netos de aguas residuales, teniendo en cuenta el fd por norma. Los caudales de excesos, por conexiones erradas de aguas lluvias u otros aportes son evacuados mediante los Aliviaderos 01 y 02, hacia la Quebrada Tonchalá. La Carga Hidráulica neta de Aguas Residuales se descargará en la PTAR PROYECTADA futura.

- Se ha tenido en cuenta un porcentaje de población flotante del 5%.

9. PERIODO DE DISEÑO

Se entiende por periodo de diseño, el intervalo de tiempo durante el cual la obra llega a su nivel de saturación, este periodo debe ser menor que la vida útil. Es el tiempo que se supone la obra estará trabajando al 100% de su capacidad.

El periodo de diseño, está ligado a los aspectos económicos, por lo que no se deben desatender los aspectos financieros. Se deben diseñar las obras modularmente para que la construcción de los sistemas se vaya realizando conforme se requiera.

Los periodos de diseño de las obras que integran los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario, están determinados tomando en cuenta que éstos siempre deben ser menores a la vida útil de las estructuras o elementos que los integren; además se deberá considerar un plan de mantenimiento preventivo y correctivo, el cual está bajo la responsabilidad de la Empresa Operadora del servicio de acueducto y alcantarillado del municipio.

El periodo de planeamiento o de diseño, debe fijar las condiciones básicas del proyecto como la capacidad del sistema para atender la demanda futura, la densidad actual y de saturación, la durabilidad de los materiales y equipos empleados, y la calidad de la construcción, operación y mantenimiento. El periodo de planeamiento también depende de la demanda del servicio, la programación de inversiones, la factibilidad de ampliaciones, las tasas de crecimiento de la población, del comercio y de la industria, el análisis económico de alternativas y programación de inversiones por etapas.

Es necesario establecer el periodo de planeamiento del sistema, el año en el cual el sistema se pondrá en operación y el alcance del proyecto. De esta manera se tiene un horizonte de análisis para estimar las proyecciones de población n y demanda.

En la resolución 0330 del 08 de junio de 2017, Capítulo 1, establece que, para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta como periodo de diseño 25 años.

CAPÍTULO 1. ASPECTOS GENERALES. ARTÍCULO 40. PERÍODO DE DISEÑO. Para todos los componentes de los sistemas de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta como período de diseño 25 años. Resolución 0330 del 08 de junio de 2017.

PARÁGRAFO. Para proyectos especiales para agua y saneamiento básico tales como los provenientes de alianzas público - privadas, túneles de conducción, embalses, derivaciones, grandes conducciones y disposición de residuos sólidos, se podrá aceptar un periodo de diseño mayor, siempre y cuando se efectúen los análisis técnicos y económicos que lo justifiquen.

Tabla 9. Periodo de análisis del proyecto.

Periodo de Análisis	Periodo / Año
Periodo de planeamiento del sistema	25 años
Inicio de puesta en marcha y/o, operación del sistema	2023
Fin de periodo de planeamiento del sistema	2048

Nota: La vida útil del sistema siempre deberá ser mayor que su periodo de diseño.

Fuente: Autor.

El periodo de planeamiento o de diseño del sistema será de veinticinco años (25) años, el año inicial de operación será 2023.

El año de proyección del diseño será 2048, para una población futura de diseño, incluyendo la población flotante.

Vida Útil. Tiempo estimado para la duración de un equipo o componente de un sistema sin que sea necesaria la sustitución del mismo; en este tiempo solo se requieren labores de mantenimiento para su adecuado funcionamiento. Es el tiempo, que se espera que la obra sirva los propósitos de diseño sin tener gastos de operación y mantenimiento elevados que hagan antieconómico su uso o que

requiera ser eliminada por insuficiente. La vida útil se considera al tiempo en que las obras estarán en servicio al 100% sin que tengan unas erogaciones de operación y mantenimiento elevadas. El tiempo está determinado por la duración de los **materiales** de que estén hechos los componentes de la obra.

10. DISEÑO HIDRÁULICO RED DE ALCANTARILLADO AGUAS RESIDUALES

Los estudios y diseños del sistema de alcantarillado de aguas residuales representan una gran responsabilidad y un sólido compromiso de la INGENIERÍA HIDRÁULICA. Un diseño hidráulico óptimo e idóneo deje elaborarse para ejecutar obras hidráulicas de alta calidad las cuales deben funcionar en las mejores condiciones en su periodo de diseño, incluso en su vida útil. Las obras deben ser de mínimo costo, utilizando las mejores tecnologías y materiales, y que proporcionen, de esta forma, el máximo beneficio para la población aferente, obteniendo así la solución técnica, y profesional, más eficiente.

Las obras de alcantarillado de aguas residuales se elaboran con una capacidad proyectada para funcionar con alta eficiencia, en el periodo de diseño normativo, articulado con el crecimiento poblacional, junto con la vida útil de los elementos hidráulicos implementados dentro del proyecto.

El periodo de diseño[1] es el número de años durante los cuales una obra o estructura determinada ha de prestar sus servicios de manera satisfactoria para el

[1] Diseño del Alcantarillado Sanitario y Pluvial. Santiago Andrés Méndez Flores.

cual fue diseñada, sin necesidad de ampliaciones, ni adecuaciones; es decir, el tiempo para el cual la obra trabaje al 100% de su capacidad y eficiencia.

Para poder elegir un periodo de diseño adecuado se debe tomar en cuenta factores como:

- Vida útil de las estructuras y equipo tomando en cuenta obsolescencia, desgaste y daños.

- Facilidad o dificultad para realizar ampliaciones y planeación de nuevas etapas de construcción dentro del proyecto.

- Crecimiento poblacional. Si la tasa de crecimiento es baja o promedio los periodos de diseño pueden ser máximos; caso contrario, los periodos de diseño pueden ser pequeños.

- Cambios en el desarrollo social y económico de la población.

- Características de financiamiento: nacional o extranjero, Público o privado

- Costos de mantenimiento en general.

- Topografía del área de construcción.

- Comportamiento hidráulico de las obras cuando estas no estén funcionando a su plena capacidad.

El DISEÑO HIDRÁULICO del sistema de alcantarillado de aguas residuales se inicia, teniendo en cuenta el alcance hidráulico, con el análisis y la verificación en sitio del ESTUDIO TOPOGRÁFICO; se verifican sentidos del flujo y puntos de empalme. Con ello se elabora el DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA RED PROYECTADA. Se realiza la CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DE ESTUDIO, su morfometría, y con ello el trazado de las ÁREAS AFERENTES superiores y propias, de las subcuencas de estudio. Se analizan los empalmes con las redes hidráulicas municipales dependiente del CATASTRO DE REDES MUNICIPALES Y ESTUDIO DE INTERFERENCIAS. Todo lo anterior debe estar proyectado con base en los lineamientos del PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS MUNICIPAL. Con esta información de diseño se procede al cálculo del CAUDAL DE DISEÑO Qd y posteriormente al DISEÑO HIDRÁULICO, calculando pendientes hidráulicas y diámetros de diseño comprobando la relación d/D, fuerza tractiva, velocidad, y todos los parámetros de diseño hidráulico bajo las normas que lo rigen. Posteriormente se elaboran los planos de obra y el presupuesto del proyecto.

Para determinar el caudal de aguas residuales, se realizan diferentes cálculos de caudales, caudal residencial-domiciliario, partiendo de la Dotación Neta (no

bruta), de la Población, del Factor de Retorno, caudales no domiciliarios, factor de mayoración regional, conexiones erradas, caudal de infiltración, y, básicamente, las condiciones socioeconómicas de la población de la zona de estudio.

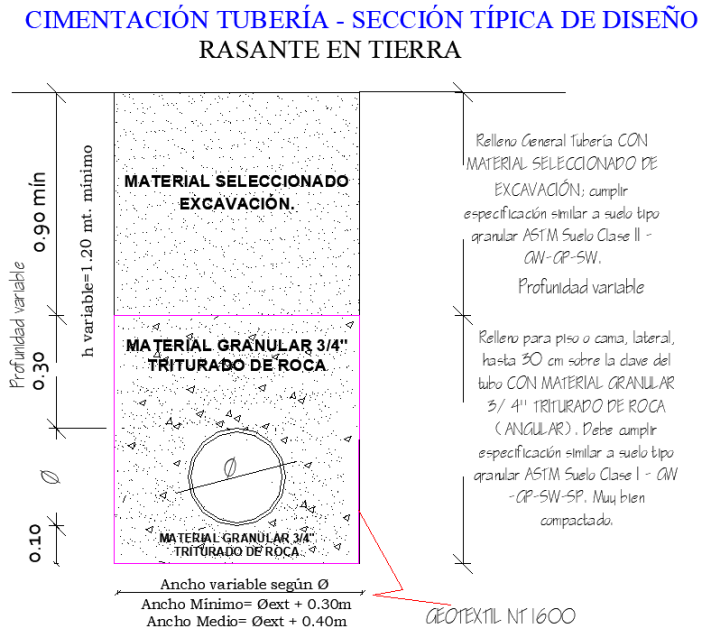
En el DISEÑO HIDRÁULICO de la red de alcantarillado de aguas residuales se debe garantizar flujo hidráulico en tubería parcialmente llena, como flujo en canales abiertos, dejando una superficie libre y manteniendo la adecuada ventilación (para los gases que se generan en las aguas residuales), considerando que el flujo que circula por las tuberías es de tipo uniforme y constante.

El DISEÑO HIDRÁULICO de la red, a nivel general, determina la pendiente de cada tramo, el cálculo de los caudales de cada tramo, el dimensionamiento del diámetro interno de cada tramo, el diseño de las estructuras complementarias y la comprobación del comportamiento hidráulico de todo el sistema ensamblado bajo las condiciones de flujo gradualmente uniforme de flujo gradualmente variado y/o flujo no permanente, teniendo en cuenta la información mínima, parámetros y criterios de diseño.

- **ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

El diseño de la cimentación estructural de la tubería se ha elaborado con base en los lineamientos geotécnicos. Para el relleno de la tubería se debe utilizar material eminentemente granular, MATERIAL DE PIEDRA TRITURADA COMPACTADO AL 95%, *MATERIAL GRANULAR*. Por dichas recomendaciones geotécnicas idóneas, la cimentación estructural de la tubería de alcantarillado residual del presente proyecto se proyecta en MATERIAL GRANULAR 3/4" TRITURADO DE ROCA (ANGULAR) revestida con Geotextil NT1600.

Figura 13. Cimentación Estructural Proyectada.



Fuente: Planos del Proyecto.

Este tipo de cimentación se diseña para:

- Reducir la trasmisión de esfuerzos y contrarrestar futuras expansiones del material de soporte
- Garantizar la estabilidad estructural de la tubería
- Garantizar resistencia ante las cargas del suelo
- No interrumpir redes de flujo subsuperficiales
- Evitar procesos de aumento en la presión de poros, acumulación de humedad y alta saturación en el suelo, precisamente sobre el ancho de zanja del proyecto de alcantarillado de aguas residuales
- Permitir el normal flujo de las aguas de escorrentía subsuperficial sin que se afecte la cimentación de la tubería

Formulación Geotécnica. Estabilidad de zanjas de excavación para instalación de tubería. Se proyecta el uso de entibados metálicos. Los sistemas de protección de excavaciones, con profundidades superiores a 1.70 metros, deben realizarse con entibados. Deben ser utilizados en aquellas excavaciones en las que, debido a sus características geométricas o a las propiedades geomecánicas del terreno, se puedan presentar problemas por inestabilidad lateral o de fondo, tubificación o deformaciones laterales excesivas, para facilitar las labores de construcción y para garantizar la seguridad del personal y la estabilidad de las obras, vías pavimentadas, andenes, canales de aguas lluvias, estructuras, infraestructura y edificaciones vecinas. La funcionalidad del entibado debe ser aquella que permita cumplir requisitos de calidad, plazo y economía del proyecto, incluyendo criterios como seguridad, rendimiento en la instalación, eficacia y eficiencia. En función de la profundidad de la excavación se incrementan los empujes del terreno, siendo necesario la utilización de un sistema idóneo de entibado con mayores

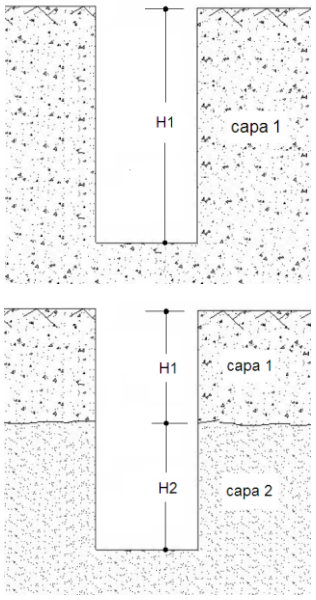
dimensiones y espesores para resistir los esfuerzos de compresión, tensión, cortante y pandeo a los que estarán sometidos dichos elementos. En este sentido, los entibados deben soportar las cargas laterales durante la instalación y los esfuerzos adicionales que ocurren durante su extracción, una vez instalados y bajo los efectos de los empujes de suelo. El sistema de entibación se instalará conjuntamente con la excavación por lo que las paredes de la zanja siempre están protegidas evitándose desmoronamientos. No se requerirán equipos adicionales a los de excavación para su instalación ya que esta se efectúa con la misma excavadora. El extremo inferior de las entibaciones no llegara hasta el fondo de la excavación de modo que al extraer la entibación no se altere la estructura de los rellenos laterales del os tubos, sin la consiguiente pérdida de homogeneidad y compactación de los rellenos. ARTÍCULO 616. Resolución 0024 de 1979. Todas las Obras de Infraestructura deben exigir establecimiento de taludes, manejo de aguas, entibados, tablestacados e identificación de zonas de falla. RESOLUCIÓN 0330 de 08 de junio de 2017. A nivel geotécnico y estructural, la presente configuración de entibados metálicos posee la capacidad efectiva de contener, funcionando como estructura temporal de contención (en escenario crítico), una zanja de instalación a una profundidad de 9 metros, con suelo saturado, baja cohesión, contrarrestando empujes del suelo iguales a 4.3 Ton/m2. En las excavaciones que presenten peligro de derrumbarse debe colocarse un entibado que garantice la seguridad del personal que trabaja dentro de la zanja, con el equipo de seguridad industrial necesario para garantizar al máximo su integridad física. Cuando las excavaciones presenten, peligro de derrumbarse, se procederá a colocar a medida que avance la excavación, un entibado que garantice la

seguridad del personal que trabaja dentro de las zanjas, lo mismo que la estabilidad de las estructuras adyacentes. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL PROYECTO.

Figura 14. Cálculo de esfuerzos y/o cargas del suelo, en zanja de excavación, para suelos en condiciones críticas de inestabilidad. Profundidad de control igual a 9 metros.

capa 1	arcilla
γ_m [ton / m³]	1.60
c [ton / m²]	0.00
ϕ [Grados]	30.00
q_u [ton / m²]	8.00
H_1 [m]	4.00

capa 2	arcilla
γ_m [ton / m³]	1.60
c [ton / m²]	3.00
ϕ [Grados]	30.00
q_u [ton / m²]	4.00
H_2 [m]	5.00



DATOS DE LA EXCAVACION

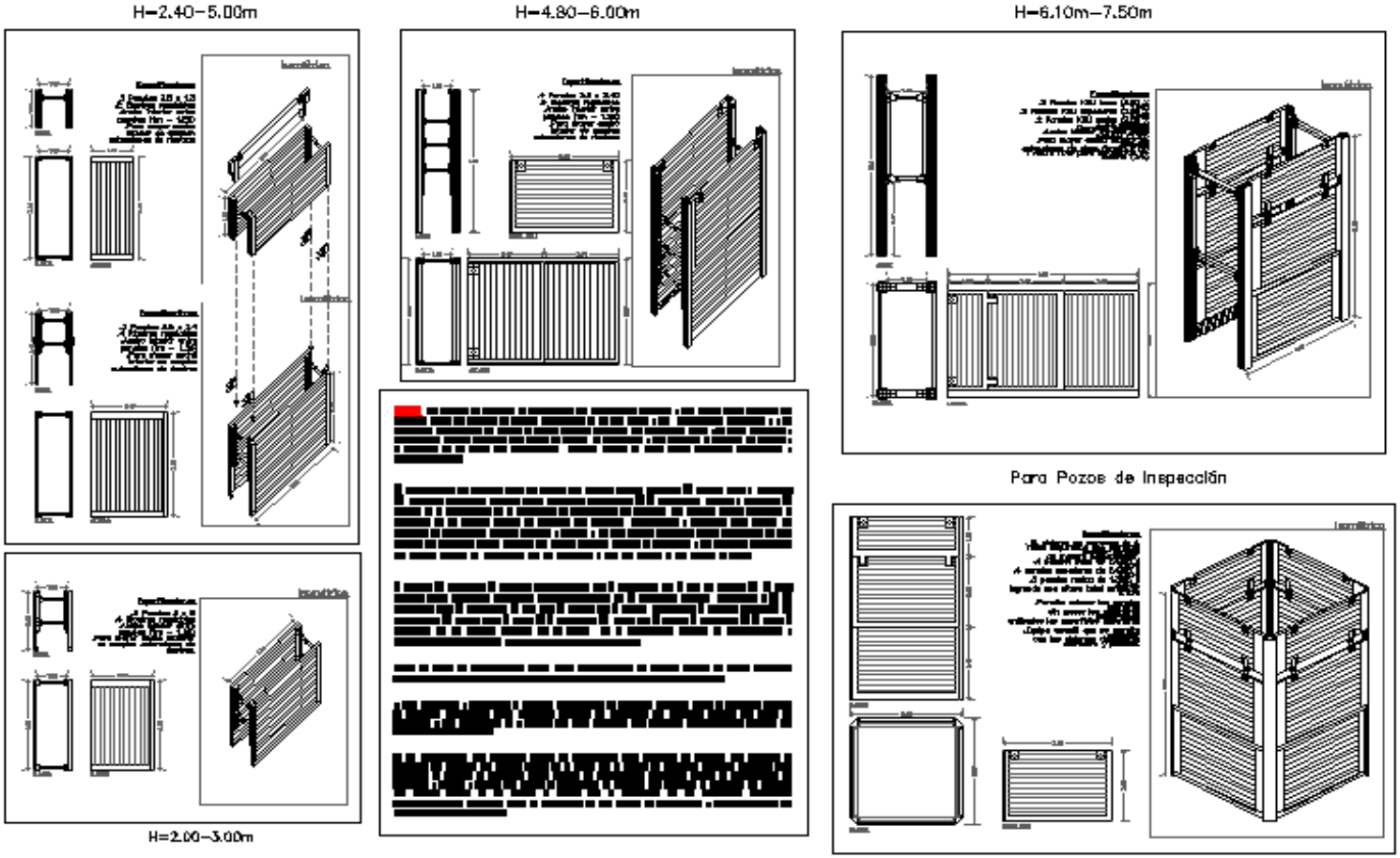
B [m]	4
H_T [m]	9.00

DATOS PROMEDIO DE LAS CAPAS Y CALCULO DE $\mathcal{P}_a$

c_{prom} [ton / m²]	1.67
γ_a [ton / m³]	1.60
$\frac{\gamma H}{c}$	8.64

$\mathcal{P}_a$	[ton / m²]	4.32 Arcilla Media

Figura 15. Entibados. Estructuras temporales de contención. Estabilidad en zanjas de instalación de tubería. Detalles.



10.1. CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO DE AGUAS RESIDUALES

- **ÁREAS AFERENTES DEL PROYECTO**

El DISEÑO HIDRÁULICO del sistema de alcantarillado de aguas residuales se inicia, teniendo en cuenta el alcance hidráulico, con el análisis y la verificación en sitio del ESTUDIO TOPOGRÁFICO; se verifican sentidos del flujo y puntos de empalme. Con ello se elabora el DISEÑO GEOMÉTRICO DE LA RED PROYECTADA. Se realiza la **CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DE ESTUDIO**, su morfometría, y con ello el trazado de las **ÁREAS AFERENTES** superiores y propias, de las subcuencas de estudio.

Se deben definir las ÁREAS AFERENTES (áreas tributarias y/o áreas de aportación sanitaria) para la cual debe ser proyectado el sistema. Por ello es necesario delimitar las *ÁREAS DE DRENAJE* contenidas en el área de estudio. La extensión y el tipo de *áreas tributarias* se deben determinar para cada tramo por diseñar.

Las *áreas de drenaje*, pertenecientes a la cuenca total de la zona de estudio del presente proyecto, se han determinado por medición directa en planos insumos, y

su delimitación es consistente con las redes de drenaje natural, los sentidos del flujo de la carga hidráulica en las redes existentes de alcantarillado de aguas residuales y la topografía del terreno.

El ÁREA AFERENTE TOTAL debe incluir tanto el área tributaria propia y superior del tramo en consideración. Contiene además de las zonas actualmente desarrolladas, la prevista como área de expansión residencial al año horizonte de diseño.

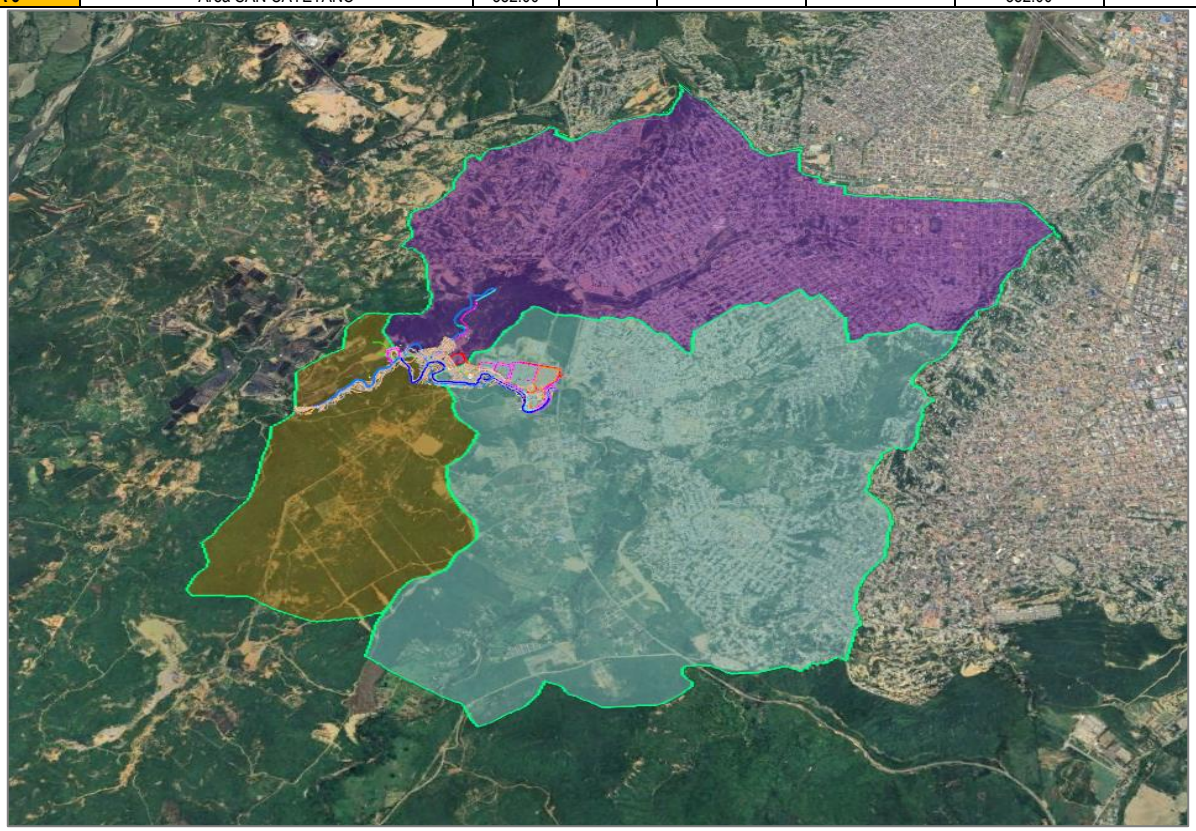
Las *áreas de aportación sanitaria* son la división en varias superficies del área original del sector. Estas áreas determinan la distribución de los caudales sanitarios en cada tramo de la red de alcantarillado. Las áreas de aportación sanitaria deben ser calculadas a partir del levantamiento topográfico del terreno en donde se realizará el proyecto. Con la topografía y la densidad poblacional se puede determinar los caudales sanitarios en cada tramo de la red de alcantarillado.

Figura 16. Áreas Aferentes. Red de Alcantarillado Aguas Residuales.

ÁREAS AFERENTES TOTALES AGUAS RESIDUALES

PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ

ANÁLISIS DE ÁREAS		TOTAL	Dens. Esp.	DENSIDAD 1	DENSIDAD 2	DENSIDAD 2	DENSIDAD 4	POZO
				CONSOLIDADA 1	CONSOLIDADA 2	CONSOLIDADA 3	INDUSTRIAL	
AREAS AFERENTES	DESCRIPCIÓN	[Ha]	[Ha]	[Ha]	[Ha]	[Ha]	[Ha]	
ÁREA 1	Área INTERCEPTOR P48 QUEBRADA LA CAÑADA	876.00		876.00				PY51
ÁREA 2	Área INTERCEPTOR P56 QUEBRADA TONCHALÁ	1116.00			1116.00			PY36
ÁREA 3	Área SAN CAYETANO	382.00				382.00		CAJA



- **CAUDALES DE DISEÑO DE AGUAS RESIDUALES.**

En el presente capítulo se establecen los caudales de retorno de aguas residuales que servirán para el dimensionamiento hidráulico de *las redes de alcantarillado de aguas residuales de la zona de estudio.*

En el presente capítulo se establecen los caudales de retorno de aguas residuales que servirán para el dimensionamiento hidráulico de *las redes de alcantarillado de aguas residuales de la zona de estudio.*

Dichas contribuciones de aguas residuales se calculan a partir de los estimativos de población (actual y futura), específicamente del cálculo de la densidad poblacional proyectada.

Ambos valores, junto con el coeficiente de retorno del sistema, serán usados, finalmente, para calcular el caudal de aguas domésticas y, por ende, el caudal medio diario de aguas residuales.

ARTÍCULO 41. Modificar el artículo 134 de la Resolución 0330 de 2017, el cual quedará así:

"ARTÍCULO 134. Caudal de aguas residuales. Los aportes de aguas residuales deben determinarse con base en información de consumos y/o mediciones recientes registrados en la localidad, y considerando las densidades previstas para el período de diseño con base en el Plan de Ordenamiento Territorial o Plan Básico de Ordenamiento Territorial o Esquema de Ordenamiento Territorial y Plan de Desarrollo del municipio a través de zonificación del uso de la tierra. Se justificarán los valores adoptados y deben ser aprobados por la persona prestadora del servicio. Se deben estimar los caudales para las condiciones iniciales y finales del período de diseño, en cada uno de los tramos de la red. Los caudales que se requiere calcular son los siguientes:

1. Caudal de aguas residuales domésticas. Cuando se cuente con proyección de demanda de agua potable, se debe calcular con la siguiente ecuación:

Donde (DNETAp) es la demanda neta de agua potable por unidad de área tributaria (L/s.ha) y (A) es el área tributaria de drenaje (ha).

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

Donde (PS) es el número de suscriptores proyectados al periodo de diseño y (DNETAs) es la demanda neta de agua potable proyectada por suscriptor (m3/suscriptor-mes).

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

Donde (DNETA) es la dotación neta de agua potable proyectada por habitante (L/hab.día) y (P) es el número de habitantes proyectados al período de diseño.

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

2. Caudal de aguas residuales no domésticas. Para zonas netamente industriales, comerciales e institucionales se deben elaborar análisis específicos de aportes de aguas residuales.

3. Caudal medio diario. Se debe calcular el caudal medio diario de aguas residuales como la suma de los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales.

4. Caudal máximo horario. El factor de mayoración utilizado en la estimación del caudal máximo horario debe calcularse haciendo uso de mediciones de campo, en las cuales se tengan en cuenta los patrones de consumo de la población. En ausencia de datos de campo, se debe estimar con las ecuaciones aproximadas, teniendo en cuenta las limitaciones que puedan presentarse en su aplicabilidad. Este valor deberá estar entre 1.4 y 3.8.

5. Caudal de conexiones erradas. Los aportes por conexiones erradas deben estimarse a partir de la información existente en la localidad. En ausencia de esta información deberá utilizar un valor máximo de 0.2 L/s.ha.

6. Caudal de infiltración. El caudal de infiltración debe estimarse a partir de aforos en el sistema y de consideraciones sobre la naturaleza y permeabilidad del suelo, la topografía de la zona y su drenaje, la cantidad y distribución temporal de la precipitación, la variación del nivel freático con respecto a las cotas clave de las tuberías, las dimensiones, estado y tipo de tuberías, los tipos, número y calidad constructiva de uniones y juntas, el número de estructuras de conexión y demás estructuras, y su calidad constructiva.

Ante la ausencia de información se acepta que la infiltración se calcule con base en un factor de 0.1 L/s ha, aplicado al área de aferencia de infiltración del alcantarillado, entendida esta como el área de las calles del sector beneficiado con el sistema.

7. Caudal de diseño. El caudal de diseño debe obtenerse sumando el caudal máximo horario, los aportes por infiltraciones y conexiones erradas. Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea menor que 1.5 L/s, debe adoptarse este último valor como caudal de diseño para el tramo."

CONTRIBUCIONES DE AGUAS RESIDUALES. El volumen de aguas residuales aportadas a un sistema de recolección y evacuación está integrado por las aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e institucionales. Aguas Domésticas (QD). El aporte doméstico (QD) está dado por la expresión.

CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS. Cuando se cuente con proyección de demanda de agua potable, se debe calcular con la siguiente ecuación:

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

Donde (DNETAp) es la demanda neta de agua potable por unidad de área tributaria (l/s.ha) y (A) es el área tributaria de drenaje (ha).

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

$$Q_D = \frac{C_R \times P_S \times D_{NETAS}}{30}$$

Donde (PS) es el número de suscriptores proyectados al periodo de diseño y (DNETAp) es la demanda neta de agua potable proyectada por suscriptor (m3/suscriptor-mes).

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

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

Donde (DNETA) es la dotación neta de agua potable proyectada por habitante (l/hab.día) y (P) es el número de habitantes proyectados al período de diseño.

- **Estimación del Coeficiente de Retorno R.**

El coeficiente de retorno (CR) debe estimarse a partir del análisis de información existente en la localidad y/o de mediciones de campo realizadas por la persona prestadora del servicio. De no contar con datos de campo, se debe tomar un valor de 0,85. El coeficiente de retorno es la fracción del agua de uso doméstico servida

(dotación neta), entregada como agua negra al sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.

Para el presente proyecto se ha asumido un valor de **0.85**.

- **Estimación del consumo medio diario por habitante.**

Corresponde a la dotación neta, es decir, a la cantidad de agua que el consumidor efectivamente recibe para satisfacer sus necesidades. La dotación neta depende del nivel de complejidad del sistema, del clima de la localidad y del tamaño de la población.

Por ello la dotación neta máxima, con base en caracterización de la zona de estudio y por el nivel de importancia del interceptor, para el presente proyecto es **140 (L/Hab*día).**

- **Estimación de la densidad habitacional D.**

Los sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales deben diseñarse para la máxima densidad de población futura o densidad de saturación, la cual depende

de la estratificación socioeconómica, el uso del suelo y el ordenamiento urbano. Se denomina DENSIDAD DE SATURACIÓN POBLACIONAL ZONA DE ESTUDIO, calculada en capítulo POBLACIÓN.

- **Estimación de la población servida P.**

La población servida ha sido estimada mediante el producto de la densidad de saturación poblacional zona de estudio y el área residencial bruta acumulada de drenaje sanitario.

CAUDAL DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS. Para zonas netamente industriales, comerciales e institucionales se deben elaborar análisis específicos de aportes de aguas residuales.

CAUDAL MEDIO DIARIO. Se debe calcular el caudal medio diario de aguas residuales como la suma de los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales.

- **Caudal Medio Diario de Aguas Residuales (qmd).** El caudal medio diario de aguas residuales (QMD) para un colector con un área de drenaje dada es la suma de los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales.

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

CAUDAL MÁXIMO HORARIO. El factor de mayoración utilizado en la estimación del caudal máximo horario debe calcularse haciendo uso de mediciones de campo, en las cuales se tengan en cuenta los patrones de consumo de la población. En ausencia de datos de campo, se debe estimar con las ecuaciones aproximadas, teniendo en cuenta las limitaciones que puedan presentarse en su aplicabilidad. Este valor deberá estar entre 1,4 y 3,8.

- **Caudal Máximo Horario (QMH).** El caudal máximo horario es la base para establecer el caudal de diseño de una red de colectores de un sistema de recolección y evacuación de aguas residuales. El caudal máximo horario del día máximo se estima a partir del caudal final medio diario, mediante el uso del factor de mayoración, F.

$$Q_{MH} = F \cdot Q_{MDf}$$

Factor de Mayoración (F). El factor de mayoración para estimar el caudal máximo horario, con base en el caudal medio diario, 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 considerado aumenta, pues el uso del agua se hace cada vez más heterogéneo y la red de colectores puede contribuir cada vez más a amortiguar los flujos.

$$F \propto 1/Población$$

La variación del factor de mayoración debe ser estimada a partir de mediciones de campo. Sin embargo, esto no es factible en muchos casos, por lo cual es necesario estimarlo con base en relaciones aproximadas como las de Harmon y Babbit, válidas para poblaciones de 1 000 a 1 000 000 habitantes, y la de Flores, en las cuales se estima F en función del número de habitantes.

$$F = 1 + \frac{14}{(4 + P^{0,5})} \quad \text{Harmon}$$

$$F = \frac{5}{P^{0,2}} \quad \text{Babbit}$$

$$F = \frac{3,5}{P^{0,1}} \quad \text{Flores}$$

Ecuación de Gaines (1989): (D.3.11)

$$F \frac{3.114}{Q_{MD}^{0.062}}$$

RAS 2016 (3.3.5.1 Factor de mayoración)

Se utiliza en el presente diseño hidráulico, la ecuación de FLORES.

CAUDAL DE CONEXIONES ERRADAS. Los aportes por conexiones erradas deben estimarse a partir de la información existente en la localidad. En ausencia de esta información deberá utilizar un valor máximo de 0.2 l/s.ha.

La realidad ha demostrado que la magnitud de las conexiones erradas es muy superior a las cifras que actualmente se consideran en los diseños y, en general, la cantidad de aguas lluvias que entran a un sistema sanitario es muy grande y está solo limitada por la capacidad del mismo.

La subestimación de estos caudales genera un problema de salud pública muy importante debido a los continuos reboses del alcantarillado sanitario cuando llueve, ya sea a través de los pozos de inspección o por las conexiones domiciliarias. Esto obliga a las empresas operadoras a construir alivios del sistema sanitario al sistema pluvial. Se recomienda cambiar de enfoque para estimar las conexiones erradas y en vez de tratar de predecir cuánta agua lluvia va entrar al sistema sanitario, estimar cuanta es la mínima cantidad de agua lluvia que me produce la dilución necesaria para traer el problema de reboses como un alcantarillado combinado bajo ciertos parámetros de comportamiento ambiental predefinidos. De otro lado las aguas por conexiones erradas no son función del área de drenaje, sino de la densidad de población, de la existencia o no de alcantarillado pluvial y de la intensidad de las lluvias. Por tanto, tiene más sentido que se calcule en función de la densidad de saturación.

El caudal de las conexiones erradas se define como el faltante para que la capacidad del tubo lleno sea como mínimo 5 veces el caudal medio diario de aguas residuales. Para tuberías pequeñas el efecto de este criterio actual en el dimensionamiento es

mínimo, debido al alto factor de mayoración (F) que se utiliza, siendo un poco mayor para colectores grandes.

Cuando por condiciones económicas, urbanas u otras no se puede implementar un sistema de drenaje pluvial suficiente, se propone que el aporte de aguas lluvias por conexiones erradas sea de 0.2 lt*s / Ha., restringiéndose así la capacidad de transporte de aguas lluvias en redes secundarias para adoptar un factor de mayoración (F) mínimo de 2 para los colectores que tengan una mayor capacidad de transporte.

El problema de conexiones erradas, en el **Municipio de Cúcuta**, ha permanecido como un problema socio-cultural generado por la carente conciencia ciudadana y que afecta la capacidad instalada de las redes de alcantarillado de aguas residuales, por parte de la población y urbanizadores.

Como se mencionó anteriormente, dicha problemática se logrará mitigar en algunos sectores del municipio mediante la construcción de aliviaderos de caudales de excesos de aguas lluvias hacia drenajes superficiales, canales, colectores pluviales, cuerpos de agua, quebradas y ríos.

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

Es inevitable la infiltración de aguas sub superficiales a las redes de sistemas de alcantarillado sanitario, principalmente freáticas, a través de fisuras en los colectores, en juntas ejecutadas deficientemente, en la unión de colectores con pozos de inspección y demás estructuras, y en éstos cuando no son completamente impermeables.

El caudal de infiltración debe estimarse a partir de aforos en el sistema y de consideraciones sobre la naturaleza y permeabilidad del suelo, la topografía de la zona y su drenaje, la cantidad y distribución temporal de la precipitación, la variación

del nivel freático con respecto a las cotas claves de las tuberías, de las dimensiones, estado y tipo de tuberías, los tipos, número y calidad constructiva de uniones y juntas, el número de estructuras de conexión y demás estructuras, y su calidad constructiva. Ante la ausencia de información, se debe utilizar un factor entre 0.1 y 0.3 L/s.ha, de acuerdo con las características topográficas, de suelos, los niveles freáticos y la precipitación de la zona del proyecto. Para situaciones en las cuales el nivel freático se encuentre por debajo del nivel de cimentación de la red, el caudal de infiltración podrá excluirse como componente del caudal de diseño. **Resolución 0330 de 08 de junio de 2017. Artículo 134.** Se asume, para el presente diseño hidráulico, un valor de **0.30 l/s*Ha** debido a las condiciones de saturación del terreno por tratarse de interceptores sobre corredores de protección paralelos a las quebradas.

- **CAUDAL DE DISEÑO DE AGUAS RESIDUALES**

El caudal de diseño debe obtenerse sumando el caudal máximo horario, los aportes por infiltraciones y conexiones erradas. Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea menor que 1,5 l/s, debe adoptarse este último valor como caudal de diseño para el tramo. El caudal de diseño de cada tramo de la red de colectores se obtiene sumando al caudal máximo horario del día máximo, QMH, los aportes por infiltraciones y conexiones erradas.

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

Cálculo de Caudales de Diseño. Para el cálculo de caudales se ha analizado la RED DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES PROYECTADA.

10.1.1. METODOLOGÍA CÁLCULO DE CAUDAL DE DISEÑO DE AGUAS RESIDUALES.

Teniendo en cuenta la información previa se elabora cuadro de diseño en el que se calcula el caudal de diseño de cada colector con los criterios establecidos a continuación:

1. **Área de drenaje**

Las áreas tributarias de aguas residuales del proyecto se muestran capítulo ÁREAS AFERENTES DEL PROYECTO.

Columnas [1-2]: Numeración del colector. En esta columna se indica el número de pozos inicial y final del tramo.

Columna [4]: Área parcial o propia (hectáreas). Corresponde al área aferente a cada colector.

Columna [5]: Área superior (hectáreas). Se acumula el área de drenaje de los colectores de aguas arriba del colector en cuestión. Adicionalmente se instala, si existe, el área de drenaje superior que colecta el tramo en consideración.

Columna [6]: Área total de drenaje (hectáreas). Es la suma del área propia y área superior.

Áreas aferentes aguas residuales. Diseño hidráulico de redes de aguas residuales. PROYECTO PSMV INTERCEPTOR P56 QUEBRADA TONCHALÁ**.**

Tabla 10. Áreas Aferentes. Red de Alcantarillado Aguas Residuales.

ÁREAS AFERENTES TOTALES AGUAS RESIDUALES								
PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ								
ANÁLISIS DE ÁREAS		TOTAL	Dens. Esp.	DENSIDAD 1 CONSOLIDADA 1	DENSIDAD 2 CONSOLIDADA 2	DENSIDAD 2 CONSOLIDADA 3	DENSIDAD 4 INDUSTRIAL	POZO
AREAS AFERENTES	DESCRIPCIÓN	[Ha]	[Ha]	[Ha]	[Ha]	[Ha]	[Ha]	
ÁREA 1	Área INTERCEPTOR P48 QUEBRADA LA CAÑADA	876.00		876.00				PY51
ÁREA 2	Área INTERCEPTOR P56 QUEBRADA TONCHALÁ	1116.00			1116.00			PY36
ÁREA 3	Área SAN CAYETANO	382.00				382.00		CAJA

Aportes medio diario de aguas residuales

- Aporte de aguas residuales domésticas. Se adopta un coeficiente de retorno (CR) del **85** % para toda la zona de diseño, indicado en Contribuciones de Aguas Residuales.

Columna [16]: Área total aferente. Es el área aferente total del tramo en estudio, de tipo residencial.

Columna [17]: Densidad de población (hab./ha). Es la densidad de la población del área aferente al colector. La densidad de saturación poblacional ponderada en la zona de estudio del presente proyecto es de **75 Viv/Ha para la Subcuenca Quebrada La Cañada, 65 Viv/Ha para la Subcuenca de la Quebrada Tonchalá y 60 Viv/Ha para la Subcuenca de San Cayetano San Isidro II**, calculada en DENSIDAD DE SATURACIÓN POBLACIONAL ZONA DE ESTUDIO.

Columna [20]: Población servida (habitantes). Corresponde al estimado del número de habitantes servidos, por tramo, en el colector, teniendo en cuenta la densidad de la población en cada zona. La población servida ha sido estimada mediante el producto de la densidad de saturación poblacional zona de estudio y el área

residencial bruta acumulada de drenaje sanitario. Adicionalmente se asume un 5% de la población base por tramo como población flotante.

Columna [20] = (Columna [16]*Columna [17])+(0.05* Columna [18])

Columna [21]: Aporte de aguas residuales domesticas (lps).

El aporte doméstico (QD) está dado por la expresión.

$$Q_D = \frac{C \cdot D \cdot A_{rd} \cdot R}{86400} \quad o \quad Q_D = \frac{C \cdot P \cdot R}{86400}$$

El consumo neto residencial C equivale a **140 l/h/d**. D equivale a la **Columna [17]. Ard equivale a Columna [16] y R es igual a 0.85.**

Qdom = (140* Columna [17]* Columna [16]***0.85**) / 86400.

- Aporte de aguas residuales industriales, comerciales e institucionales. En el área del proyecto no se aprecia la existencia de contribuciones de aguas residuales industriales, comerciales e institucionales representativas.

Caudal medio de diario de aguas residuales.

Columna [25]: Caudal medio diario de aguas residuales (L/s)

Es el aporte correspondiente al área aferente más los caudales recibidos por el colector aguas arriba. El caudal medio diario de aguas residuales (QMD) para un colector con un área de drenaje dada es la suma de los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales.

Caudal máximo horario de aguas residuales.

Para la mayoración del caudal medio diario se utiliza la ecuación de **FLORES**, en la cual se estima F en función del número de habitantes.

Columna [26VI]: Coeficiente de mayoración, f.

La ecuación de **FLORES**: Estima F en función del número de habitantes. En la medida en que el número de habitantes servidos se incrementa, el coeficiente de mayoración disminuye. F debe ser igual o mayor a 1.4 y menor a 3.8.

Columna [27]: Caudal máximo horario de aguas residuales (L/s)

Corresponde al producto del caudal medio diario de aguas residuales por el coeficiente de mayoración anterior.

Columna [27] = Columna [25]*Columna [26VI]

- **Caudal de infiltración.** Coeficiente de infiltración (L/s*ha). Se asume, para el presente diseño hidráulico, un valor de **0.30 l/s*Ha. Caudal de Infiltración (QINF).**

Columna [29]: Caudal de infiltración (L/s). El aporte de aguas de infiltración se calcula en este caso como el producto del área total drenada por el coeficiente anterior.

- **Caudal de conexiones erradas.** Coeficiente de conexiones erradas (L/s*ha). Se asume, para el presente proyecto, un valor de **1.5 l/s*Ha**. **Conexiones Erradas (QCE).**

Columna [28]: Caudal de conexiones erradas (L/s). El aporte total de conexiones erradas se calcula como el producto del área total drenada por el coeficiente anterior.

- **CAUDAL DE DISEÑO FINAL.**

Columna [31]: Caudal de diseño calculado (L/s). Corresponde a la suma de los caudales máximo de horario de aguas residuales, infiltración y conexiones erradas.

Columna [31] = Columna [27] + Columna [28] + Columna [29].

En muchos tramos iniciales el caudal calculado es muy pequeño. Por seguridad, se recomienda diseñar la tubería para un caudal mínimo de 1,5 L/s.

Tabla 11. CÁLCULO DE CAUDALES DE DISEÑO. PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ

TRAMO		LONG	ÁREAS TRIBUTARIAS				POBLACIÓN						CAUDALES									
			ÁREAS AFERENTES			ÁREA TOTAL							Caudal Medio Diario		Caudal Máximo Horario		CAUDAL DE DISEÑO				CAUDAL DE ALIVIO	CAUDAL DE DISEÑO FINAL
													QMD		QMH		QD				QA	CAUDAL DISEÑO
DE	A		PROPIA	SUPER	TOTAL		DENSIDAD POB DISEÑO	DENSIDAD POB DISEÑO	DENSIDAD POB DISEÑO	P Base Por Tramo	P Flotante Por Tramo	P TOTAL Por Tramo	Qdom	QMD	Factor Adoptado	QMH	Qce	Q inf	QARD	QD	QAliviado Acumulado	QDISEÑO FINAL
		m	Ha	Ha	Ha	Ha	Viv/Ha	Hab/Viv	Hab/Ha	Hab	Hab	Hab	lps	lps		lps	lps	lps	lps	lps	lt/s	lt/s
1	2	3	4	5	6	16	17	17	17	18	19	20	21	25	26VI	27	28	29	30	31	31I	31K
INT LA CAÑADA	PZ38				876.00										FLORES							
PZ38	PZ39	59.99	0.00	876.00	876.00	876.00	75.00	4.20	315.00	275940	13797	289737	399.06	399.06	1.99	792.33	1752.00	262.80	2807.13	2807.13	412.77	2 394.36
PZ39	PZ40	60.03	0.00	876.00	876.00	876.00	75.00	4.20	315.00	275940	13797	289737	399.06	399.06	1.99	792.33	1752.00	262.80	2807.13	2807.13	412.77	2 394.36
PZ40	PZ42	62.45	0.00	876.00	876.00	876.00	75.00	4.20	315.00	275940	13797	289737	399.06	399.06	1.99	792.33	1752.00	262.80	2807.13	2807.13	412.77	2 394.36
PZ42	PZ ADICIONAL	26.97	0.00	876.00	876.00	876.00	75.00	4.20	315.00	275940	13797	289737	399.06	399.06	1.99	792.33	1752.00	262.80	2807.13	2807.13	412.77	2 394.36
PZ ADICIONAL	PZ43	55.99	0.00	876.00	876.00	876.00	75.00	4.20	315.00	275940	13797	289737	399.06	399.06	1.99	792.33	1752.00	262.80	2807.13	2807.13	412.77	2 394.36
PZ43	PZ44	87.17	0.00	876.00	876.00	876.00	75.00	4.20	315.00	275940	13797	289737	399.06	399.06	1.99	792.33	1752.00	262.80	2807.13	2807.13	412.77	2 394.36
PZ44	PZ45	71.90	0.00	876.00	876.00	876.00	75.00	4.20	315.00	275940	13797	289737	399.06	399.06	1.99	792.33	1752.00	262.80	2807.13	2807.13	412.77	2 394.36
PZ45	PZ46	85.00	0.00	876.00	876.00	876.00	75.00	4.20	315.00	275940	13797	289737	399.06	399.06	1.99	792.33	1752.00	262.80	2807.13	2807.13	412.77	2 394.36
PZ46	PY47	68.71	0.00	876.00	876.00	876.00	75.00	4.20	315.00	275940	13797	289737	399.06	399.06	1.99	792.33	1752.00	262.80	2807.13	2807.13	412.77	2 394.36
PY47	PY48	63.62	0.00	876.00	876.00	876.00	75.00	4.20	315.00	275940	13797	289737	399.06	399.06	1.99	792.33	1752.00	262.80	2807.13	2807.13	412.77	2 394.36
PY48	PY49	86.39	0.00	876.00	876.00	876.00	75.00	4.20	315.00	275940	13797	289737	399.06	399.06	1.99	792.33	1752.00	262.80	2807.13	2807.13	412.77	2 394.36
PY49	PY50	81.84	0.00	876.00	876.00	876.00	75.00	4.20	315.00	275940	13797	289737	399.06	399.06	1.99	792.33	1752.00	262.80	2807.13	2807.13	412.77	2 394.36
PY50	PY51	92.50	0.00	876.00	876.00	876.00	75.00	4.20	315.00	275940	13797	289737	399.06	399.06	1.99	792.33	1752.00	262.80	2807.13	2807.13	412.77	2 394.36
PY51	CAJA-01	93.56	0.00	876.00	876.00	876.00	75.00	4.20	315.00	275940	13797	289737	399.06	399.06	1.99	792.33	1752.00	262.80	2807.13	2807.13	412.77	2 394.36
INT Q.TONCHALÁ	PZ18				1116.00										FLORES							
PZ18	PZ19	42.02	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PZ19	PZ20	46.01	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PZ20	PZ21	25.12	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PZ21	PZ22	53.04	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PZ22	PZ23	55.75	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PZ23	PZ24	64.67	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PZ24	PY25A	48.00	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PY25A	PY26A	36.00	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PY26A	PY27A	84.00	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PY27A	PY28A	48.00	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PY28A	PY29A	60.00	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PY29A	PY30A	96.00	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PY30A	PY31A	90.92	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PY31A	PY32A	67.76	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PY32A	PY33A	43.51	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PY33A	PY35	146.54	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PY35	PY36	35.47	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PY36	PY37	64.69	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PY37	PY38	86.92	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63

PY38	PY39	72.62	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PY39	PY40	79.22	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PY40	PY41	85.40	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PY41	PY42	140.65	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
PY42	CCM1	133.20	0.00	1116.00	1116.00	1116.00	65.00	4.20	273.00	304668	15233	319901	440.60	440.60	1.97	866.20	2232.00	334.80	3433.00	3433.00	789.37	2 643.63
EFINAL Q TONCHALÁ	CCM1				2374.00										FLORES							
CCM1	EF-1A	130.43	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-1A	EF-1B	59.89	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-1B	EF-1	41.86	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-1	EF-2	29.12	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-2	EF-3	35.24	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-3	EF-4	40.63	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-4	EF-5	59.06	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-5	EF-6	43.66	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-6	EF-7	49.56	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-7	EF-8	49.83	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-8	EF-9	35.15	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-9	EF-10	41.64	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-10	EF-11	85.19	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-11	EF-12	39.89	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-12	EF-13	74.74	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-13	EF-14	73.03	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-14	EF-15	35.96	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-15	EF-16	93.99	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-16	EF-17	48.82	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-17	EF-18	28.24	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-18	EF-19	88.36	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
EF-19	EF-20	53.62	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95	2 342.56	4 894.40
ALIVIADEROS																						
CCM1	ALIV1	51.55	0.00	2374.00	2374.00	2374.00	67.89	4.20	285.12	676872	33844	710716	978.88	978.88	1.82	1776.75	4748.00	712.20	7236.95	7236.95		1 553.19
EF-20	ALIV2	36.95	0.00	382.00	382.00	382.00	67.89	4.20	285.12	108915	5446	114361	157.51	157.51	2.18	343.20	764.00	114.60	1221.80	1221.80		4 894.40

Fuente: Autor

- El Caudal de Diseño para el PSMV INTERCEPTOR P56 QUEBRADA TONCHALÁ es de 2643.63 lps, para una Subcuenca Sanitaria de 1116 Ha. Se beneficiarán 320 Mil habitantes.

- El Caudal de Diseño para el PSMV EMISARIO FINAL P57 QUEBRADA TONCHALÁ es de 4894.40 lps, para una Subcuenca Sanitaria de 2374 Ha. Se beneficiarán, en total, 710 Mil habitantes.

- Estos caudales de diseño, son netos de aguas residuales, teniendo en cuenta el fd por norma. Los caudales de excesos, por conexiones erradas de aguas lluvias u otros aportes son evacuados mediante los Aliviaderos 01 y 02, hacia la Quebrada Tonchalá. La Carga Hidráulica neta de Aguas Residuales se descargará en la PTAR PROYECTADA futura.

10.2. DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES

El DISEÑO HIDRÁULICO de la red de alcantarillado de aguas residuales, específicamente, se estructura para la condición de flujo uniforme, calculando los caudales de diseño óptimos, las pendientes de diseño hidráulico, los diámetros de las tuberías, los materiales (PVC – GRP – PEAD) a utilizar y las cotas batea y cotas fondo de los pozos de inspección.

Con el esquema de la red diseñada se analizan, diagnostican y evalúan los criterios que se deben cumplir a fin de evitar problemas de sedimentación y facilitar la limpieza en las tuberías.

Usando SIMULACIÓN COMPUTACIONAL DEL MODELO DE LA RED PROYECTADA se ejecuta la comprobación del diseño hidráulico de la red para la condición de flujo gradualmente variado con la MODELACIÓN HIDRÁULICA con el software EPASWMM. De acuerdo con los resultados de la simulación y las limitaciones reales de campo, se evaluará y analizará la posibilidad de modificar las pendientes de diseño (cotas batea de tuberías y cotas fondo de pozos de inspección) y/o los

diámetros de las tuberías, siempre buscando mejorar el funcionamiento óptimo hidráulico de la red proyectada.

10.2.1. CALCULO HIDRÁULICO DE LA RED DE COLECTORES.

Una vez definido el caudal de diseño de aguas residuales para cada colector del proyecto, se prosigue con el cálculo hidráulico de la red de colectores tenido en cuenta los siguientes parámetros de diseño:

La red de alcantarillado de aguas residuales se ha diseñado de forma idónea con base en los parámetros de diseño hidráulico y de diseño geométrico, de áreas y caudales de diseño reglamentado por la norma vigente. Todos los aspectos del estudio se desarrollan, de acuerdo a la **Resolución 0330 de 08 de junio de 2017** y las resoluciones modificatorias publicadas, y demás normas aplicables al sector. El **DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO** se elaboró con base en programaciones matemáticas (*Programaciones en Excel*) que permitieron definir los diámetros, las pendientes y los parámetros mínimos hidráulicos de los conductos del sistema. El diseño fue verificado mediante el empleo de una **MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO**, haciendo uso del **software EPASWMM V5.2**. Con el programa se simuló entre otros el sistema existente, basado en ecuaciones de

resistencia fluida, cuyos resultados obtenidos permitieron concluir que el modelo matemático representó en gran medida el modelo físico o prototipo de la red de alcantarillado. El programa de análisis hidráulico presenta la capacidad de simular condiciones de flujo uniforme, así como condiciones de flujo no permanente mediante la solución de las ecuaciones de Saint – Venant[2], con sus correspondientes condiciones de frontera.

Se presentan los resultados finales del diseño para cada colector y el cuadro resumen de los resultados finales del diseño para cada colector.

A continuación, se presenta la descripción, columna por columna, del cuadro de cálculo:

Para efectos del diseño de las tuberías y su unión en los pozos, las longitudes y cotas se consideran al eje del pozo. Posteriormente se calculan las cotas de construcción a la entrada y salida del pozo, teniendo en cuenta el diámetro del pozo y la pendiente aguas arriba y aguas abajo, respectivamente.

[2] Artículo 137. Resolución 0330 de 08 de junio de 2017. Hoja 86.

Tabla 12. Diseño Hidráulico. Red de Alcantarillado Aguas Residuales. PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ. Modelo Chezy-Manning

TRAMO		Q DHa	CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS						CHEZY			PARÁMETROS FUNDAMENTALES DE DISEÑO					PERFIL TRAMO			
DE	A								[Y/Ø]	PROF LAMI	PROF HIDRA	V Real	Fuerza Tractiva	Froude	Tipo de Flujo	Chequeo DESBORDAMIENTO	COTA BATEA		COTA RASANT	
		(LPS)	D	D CHEZY	D D-W	Mat	LONG	PEND	0.85 85%	y	D	V	Ft		SUB - SUP		SUPER	INFER	SUPER	INFER
º	º	º	plg	mm	mm		m	%		m	m	m/s	Pa	F	RÉGIMEN		[m]	[m]	[m]	[m]
1	2	3	4	5	5	7	8	9				19	21	22	23	23	46	47	50	51
			º				º	º				º	º	º	º	º				
PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ																				
INT Q.TONCHALÁ																				
PY36	PY37	2 643.63	48	1203	1203	PVC	64.69	0.25%	0.85	1.02	1.20	2.58	9.12	0.75	SUBCRÍTICO	No desborda	233.354	233.192	244.200	243.160
PY37	PY38	2 643.63	48	1203	1203	PVC	86.92	0.25%	0.85	1.02	1.20	2.58	9.12	0.75	SUBCRÍTICO	No desborda	233.142	232.925	243.160	240.600
PY38	PY39	2 643.63	48	1203	1203	PVC	72.62	0.25%	0.85	1.02	1.20	2.58	9.12	0.75	SUBCRÍTICO	No desborda	232.875	232.693	240.600	240.210
PY39	PY40	2 643.63	48	1203	1203	PVC	79.22	0.25%	0.85	1.02	1.20	2.58	9.12	0.75	SUBCRÍTICO	No desborda	232.643	232.445	240.210	240.650
PY40	PY41	2 643.63	48	1203	1203	PVC	85.40	0.25%	0.85	1.02	1.20	2.58	9.12	0.75	SUBCRÍTICO	No desborda	232.395	232.182	240.650	240.210
PY41	PY42	2 643.63	48	1203	1203	PVC	140.65	0.25%	0.85	1.02	1.20	2.58	9.12	0.75	SUBCRÍTICO	No desborda	232.132	231.780	240.210	241.720
PY42	CCM1	2 643.63	48	1203	1203	PVC	133.20	0.25%	0.85	1.02	1.20	2.58	9.12	0.75	SUBCRÍTICO	No desborda	231.260	230.927	241.720	237.000
EFINAL Q TONCHALÁ																		230.927		237.000
CCM1	EF-1A	4 894.40	68	1700	1700	PVC	130.43	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	230.300	230.039	237.000	234.570
EF-1A	EF-1B	4 894.40	68	1700	1700	PVC	59.89	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	229.989	229.869	234.570	237.150
EF-1B	EF-1	4 894.40	68	1700	1700	PVC	41.86	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	229.819	229.736	237.150	239.410
EF-1	EF-2	4 894.40	68	1700	1700	PVC	29.12	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	229.686	229.627	239.410	240.470
EF-2	EF-3	4 894.40	68	1700	1700	PVC	35.24	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	229.577	229.507	240.470	238.380
EF-3	EF-4	4 894.40	68	1700	1700	PVC	40.63	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	229.457	229.376	238.380	239.070
EF-4	EF-5	4 894.40	68	1700	1700	PVC	59.06	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	229.326	229.208	239.070	235.270

EF-5	EF-6	4 894.40	68	1700	1700	PVC	43.66	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	229.158	229.070	235.270	234.710
EF-6	EF-7	4 894.40	68	1700	1700	PVC	49.56	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	229.020	228.921	234.710	233.800
EF-7	EF-8	4 894.40	68	1700	1700	PVC	49.83	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	228.871	228.771	233.800	234.260
EF-8	EF-9	4 894.40	68	1700	1700	PVC	35.15	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	228.721	228.651	234.260	233.550
EF-9	EF-10	4 894.40	68	1700	1700	PVC	41.64	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	228.601	228.518	233.550	233.710
EF-10	EF-11	4 894.40	68	1700	1700	PVC	85.19	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	228.468	228.298	233.710	233.160
EF-11	EF-12	4 894.40	68	1700	1700	PVC	39.89	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	228.248	228.168	233.160	233.270
EF-12	EF-13	4 894.40	68	1700	1700	PVC	74.74	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	228.118	227.968	233.270	231.900
EF-13	EF-14	4 894.40	68	1700	1700	PVC	73.03	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	227.918	227.772	231.900	237.460
EF-14	EF-15	4 894.40	68	1700	1700	PVC	35.96	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	227.722	227.650	237.460	236.200
EF-15	EF-16	4 894.40	68	1700	1700	PVC	93.99	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	227.600	227.412	236.200	236.740
EF-16	EF-17	4 894.40	68	1700	1700	PVC	48.82	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	227.362	227.265	236.740	234.580
EF-17	EF-18	4 894.40	68	1700	1700	PVC	28.24	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	227.215	227.158	234.580	232.480
EF-18	EF-19	4 894.40	68	1700	1700	PVC	88.36	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	227.108	226.931	232.480	232.020
EF-19	EF-20	4 894.40	68	1700	1700	PVC	53.62	0.20%	0.74	1.26	1.21	2.71	10.23	0.78	SUBCRÍTICO	No desborda	226.881	226.774	232.020	231.940
ALIVIADEROS																				237.000
CCM1	ALIV1	1 553.19	30	747	747	PVC	51.55	0.95%	0.84	0.63	0.72	3.92	21.56	1.47	SUPERCRÍTICO		236.200	235.710	237.000	235.710
EF-20	ALIV2	4 894.40	60	1500	1500	PVC	36.95	0.25%	0.87	1.30	1.59	3.00	11.55	0.76	SUBCRÍTICO		226.774	226.680	231.940	226.680

Tabla 13. Diseño Hidráulico. Red de Alcantarillado Aguas Residuales. PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ. Modelo Darcy Weisbach

TRAMO			CARACT GEOMETRICAS COLECTOR				Determinación Diámetro por (D-W)						PROPIEDADES GEOMETRICAS DE DUCTOS (D-W)									VERIFICACION NIVEL DE AGUA EN ESTRUCTURA DE CONEXIÓN POZO	COTA FONDO		COTA RASANTE	
DE	A	Q DIS	Mat	E	LONG	PEND	(Yn/d) Max	Ø=d	DYn	Yn semilla	Yn real	(Yn/d) real	Vel Real (D-W)	T	D	Vo (D-W)	Qo	V²/2g	τ min	NF	Tipo Flujo	Chequeo Desborde	SUPER	F INFER	SUPER	T INFER
		lt/s		N	mts	%	%	m	m	m	m		m/seg	m	m	m/seg	m3/seg	m	Pa				msnm	msnm	msnm	msnm
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(20)	(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)		(132)	(133)	(136)	(137)
PY36	PY37	**2 643.63**	PVC	N	**64.69**	0.25%	85%	1.203	0.010	1.023	1.02	85.00%	2.817	0.86	1.20	3.1445	3.5741	0.4045	8.91	0.8216	Subcrítico	No desborda	233.354	233.192	244.200	243.160
PY37	PY38	**2 643.63**	PVC	N	**86.92**	0.25%	85%	1.203	0.010	1.023	1.02	85.00%	2.817	0.86	1.20	3.1445	3.5741	0.4045	8.91	0.8216	Subcrítico	No desborda	233.142	232.925	243.160	240.600
PY38	PY39	**2 643.63**	PVC	N	**72.62**	0.25%	85%	1.203	0.010	1.023	1.02	85.00%	2.817	0.86	1.20	3.1445	3.5741	0.4045	8.91	0.8216	Subcrítico	No desborda	232.875	232.693	240.600	240.210
PY39	PY40	**2 643.63**	PVC	N	**79.22**	0.25%	85%	1.203	0.010	1.023	1.02	85.00%	2.817	0.86	1.20	3.1445	3.5741	0.4045	8.91	0.8216	Subcrítico	No desborda	232.643	232.445	240.210	240.650
PY40	PY41	**2 643.63**	PVC	N	**85.40**	0.25%	85%	1.203	0.010	1.023	1.02	85.00%	2.817	0.86	1.20	3.1445	3.5741	0.4045	8.91	0.8216	Subcrítico	No desborda	232.395	232.182	240.650	240.210
PY41	PY42	**2 643.63**	PVC	N	**140.65**	0.25%	85%	1.203	0.010	1.023	1.02	85.00%	2.817	0.86	1.20	3.1445	3.5741	0.4045	8.91	0.8216	Subcrítico	No desborda	232.132	231.780	240.210	241.720
PY42	CCM1	**2 643.63**	PVC	N	**133.20**	0.25%	85%	1.203	0.010	1.023	1.02	85.00%	2.817	0.86	1.20	3.1445	3.5741	0.4045	8.91	0.8216	Subcrítico	No desborda	231.260	230.927	241.720	237.000
CCM1	EF-1A	**4 894.40**	PVC	N	**130.43**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	230.300	230.039	237.000	234.570
EF-1A	EF-1B	**4 894.40**	PVC	N	**59.89**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	229.989	229.869	234.570	237.150
EF-1B	EF-1	**4 894.40**	PVC	N	**41.86**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	229.819	229.736	237.150	239.410
EF-1	EF-2	**4 894.40**	PVC	N	**29.12**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	229.686	229.627	239.410	240.470
EF-2	EF-3	**4 894.40**	PVC	N	**35.24**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	229.577	229.507	240.470	238.380
EF-3	EF-4	**4 894.40**	PVC	N	**40.63**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	229.457	229.376	238.380	239.070
EF-4	EF-5	**4 894.40**	PVC	N	**59.06**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	229.326	229.208	239.070	235.270
EF-5	EF-6	**4 894.40**	PVC	N	**43.66**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	229.158	229.070	235.270	234.710
EF-6	EF-7	**4 894.40**	PVC	N	**49.56**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	229.020	228.921	234.710	233.800
EF-7	EF-8	**4 894.40**	PVC	N	**49.83**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	228.871	228.771	233.800	234.260
EF-8	EF-9	**4 894.40**	PVC	N	**35.15**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	228.721	228.651	234.260	233.550
EF-9	EF-10	**4 894.40**	PVC	N	**41.64**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	228.601	228.518	233.550	233.710
EF-10	EF-11	**4 894.40**	PVC	N	**85.19**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	228.468	228.298	233.710	233.160
EF-11	EF-12	**4 894.40**	PVC	N	**39.89**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	228.248	228.168	233.160	233.270
EF-12	EF-13	**4 894.40**	PVC	N	**74.74**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	228.118	227.968	233.270	231.900
EF-13	EF-14	**4 894.40**	PVC	N	**73.03**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	227.918	227.772	231.900	237.460
EF-14	EF-15	**4 894.40**	PVC	N	**35.96**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	227.722	227.650	237.460	236.200
EF-15	EF-16	**4 894.40**	PVC	N	**93.99**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	227.600	227.412	236.200	236.740
EF-16	EF-17	**4 894.40**	PVC	N	**48.82**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	227.362	227.265	236.740	234.580
EF-17	EF-18	**4 894.40**	PVC	N	**28.24**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	227.215	227.158	234.580	232.480
EF-18	EF-19	**4 894.40**	PVC	N	**88.36**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	227.108	226.931	232.480	232.020
EF-19	EF-20	**4 894.40**	PVC	N	**53.62**	0.20%	85%	1.700	0.010	1.445	1.45	85.00%	3.095	1.21	1.69	3.4209	7.7648	0.4883	10.07	0.7593	Subcrítico	No desborda	226.881	226.774	232.020	231.940
CCM1	ALIV1	**1 553.19**	PVC	N	**51.55**	0.95%	85%	0.747	0.010	0.635	0.63	85.00%	4.301	0.53	0.74	4.6771	2.0498	0.9434	21.03	1.5922	Supercrítico		236.200	235.710	237.000	235.710
EF-20	ALIV2	**4 894.40**	PVC	N	**36.95**	0.25%	85%	1.500	0.010	1.275	1.28	85.00%	3.264	1.07	1.49	3.5984	6.3589	0.5432	11.32	0.8526	Subcrítico		226.774	226.680	231.940	226.680

Tabla 14. Cuadro Resumen. Diseño Hidráulico. Red de Alcantarillado Aguas Residuales. PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ.

PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ										
PSMV P56 INTERCEPTOR QUEBRADA TONCHALÁ										
PSMV P57 EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ										
TRAMO		DIAM	LONG	PENDIENTE	MATERIAL	SECCIÓN	COTA BATEA		COTA TERRENO	
DE	A	pg	m	%			m	m	m	m
PSMV P56 INTERCEPTOR QUEBRADA TONCHALÁ										
PY36	PY37	48	64.69	0.25%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	233.354	233.192	244.200	243.160
PY37	PY38	48	86.92	0.25%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	233.142	232.925	243.160	240.600
PY38	PY39	48	72.62	0.25%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	232.875	232.693	240.600	240.210
PY39	PY40	48	79.22	0.25%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	232.643	232.445	240.210	240.650
PY40	PY41	48	85.40	0.25%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	232.395	232.182	240.650	240.210
PY41	PY42	48	140.65	0.25%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	232.132	231.780	240.210	241.720
PY42	CCM1	48	133.20	0.25%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	231.260	230.927	241.720	237.000
PSMV P57 EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ										
CCM1	EF-1A	68	130.43	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	230.300	230.039	237.000	234.570
EF-1A	EF-1B	68	59.89	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	229.989	229.869	234.570	237.150
EF-1B	EF-1	68	41.86	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	229.819	229.736	237.150	239.410
EF-1	EF-2	68	29.12	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	229.686	229.627	239.410	240.470
EF-2	EF-3	68	35.24	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	229.577	229.507	240.470	238.380
EF-3	EF-4	68	40.63	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	229.457	229.376	238.380	239.070
EF-4	EF-5	68	59.06	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	229.326	229.208	239.070	235.270
EF-5	EF-6	68	43.66	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	229.158	229.070	235.270	234.710
EF-6	EF-7	68	49.56	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	229.020	228.921	234.710	233.800
EF-7	EF-8	68	49.83	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	228.871	228.771	233.800	234.260
EF-8	EF-9	68	35.15	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	228.721	228.651	234.260	233.550
EF-9	EF-10	68	41.64	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	228.601	228.518	233.550	233.710
EF-10	EF-11	68	85.19	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	228.468	228.298	233.710	233.160
EF-11	EF-12	68	39.89	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	228.248	228.168	233.160	233.270
EF-12	EF-13	68	74.74	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	228.118	227.968	233.270	231.900
EF-13	EF-14	68	73.03	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	227.918	227.772	231.900	237.460
EF-14	EF-15	68	35.96	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	227.722	227.650	237.460	236.200
EF-15	EF-16	68	93.99	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	227.600	227.412	236.200	236.740
EF-16	EF-17	68	48.82	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	227.362	227.265	236.740	234.580
EF-17	EF-18	68	28.24	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	227.215	227.158	234.580	232.480
EF-18	EF-19	68	88.36	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	227.108	226.931	232.480	232.020
EF-19	EF-20	68	53.62	0.20%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	226.881	226.774	232.020	231.940
ALIVIADEROS										
CCM1	ALIV1	30	51.55	0.95%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	236.200	235.710	237.000	235.710
EF-20	ALIV2	60	36.95	0.25%	PVC/PEAD/GRP	CIRCULAR	226.774	226.680	231.940	226.680

Columna [8]: Longitud de cada colector (m).

Columna [3]: Caudal de diseño (L/s).

Del capítulo CÁLCULO DE CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES.

Columna [9]: Pendiente del colector. Este valor puede corregirse posteriormente, de acuerdo con las condiciones obtenidas para el colector: borde libre, esfuerzo cortante y velocidad mínima.

Columna [4]: Diámetro de la tubería (pulgadas).

Columna [5]: Diámetro interno real de la tubería (mm).

Columna [11]: Caudal a tubo lleno (L/s).

Es la capacidad máxima de la tubería, calculada para la sección de flujo máxima (con el diámetro interno real) según la siguiente ecuación.

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

Columna [18]: Velocidad a tubo lleno (m/s). Calculada por la ecuación de continuidad: Vo=Qo/A.

Columna [12]: Relación entre el caudal de diseño y el caudal a tubo lleno puede utilizarse para definir el borde libre requerido, en cuyo caso el valor máximo es 0.85.

Columna [14]: Relación entre velocidad real y velocidad a tubo lleno.

Columna [13]: Relación entre lámina de agua y diámetro interno de la tubería.

Columna [15]: Relación entre profundidad hidráulica de la sección de flujo y diámetro interno de la tubería.

Columna [19]: Velocidad real en la sección de flujo (m/s). La velocidad mínima correspondida es de 0.45 m/s.

Columna [20]: Altura de velocidad (m).

Columna [58E]: Radio hidráulico para la sección de flujo (m).

Columna [21]: Esfuerzo cortante medio. El esfuerzo cortante mínimo será de 1 Pa para garantizar la condición de tubería autolimpiante.

Columna [16]: Altura de la lámina de agua (m).

Columna [52-53]: Energía específica (m). Suma de alturas de velocidad y la lámina de agua.

Columna [17]: Profundidad hidráulica en la sección de flujo (m).

Columna [22]: Número de Froude.

$$NF = \frac{V}{\sqrt{g\,H}}$$

Columna [36]: Relación del radio de curvatura al diámetro de la tubería de salida. Determinada para evaluar la perdida de energía en el pozo por cambio de dirección. Para diámetros menores de 24" (600 mm) y cambios de dirección a 90, el diámetro del pozo es de 1,20 m y radio de la curva es de 0,60 m.

Columna [40]: Perdida de energía por cambio de dirección (m).

$$h_{curva} = K\,\frac{\overline{V^2}}{2g}$$

Columna [30-41]: Total de pérdidas en el pozo aguas bajo el tramo considerado (m).

Columna [50]: Cota de rasante con el pozo inicial. Obtenida del plano topográfico al eje del pozo ().

Columna [51]: cota de la rasante en el pozo final. Obtenida del plano topográfico al eje del pozo ().

Columna [48]: Cota clave de la tubería en el eje del pozo inicial.

Columna [49]: Cota clave de la tubería en el eje del pozo final.

Columna [46]: Cota batea de la tubería en el eje de pozo inicial.

Columna [47]: Cota batea de la tubería en el eje del pozo final.

Columna [52]: Cota de energía de la tubería de la tubería en el eje del pozo inicial.

- Para los tramos iniciales:
- Para los demás tramos:

Cota energía= (cota batea) + (energía especifica)

- Para los demás tramos: Cota energía = (cota energía aguas abajo en tramo anterior)-(perdida de energía en el pozo)

Columna [53]: Cota de energía de la tubería en el eje del pozo final.

Cota energía final = (cota energía inicial)- (pendiente por longitud).

Columna [55] y [56]. Profundidad a la cota clave sobre el eje del pozo.

- Para los tramos iniciales la profundidad se fija a 1,20 m mínimo, exceptuando los pozos iniciales en donde puede darse una profundidad menor hasta de 0,75 m.
- Para los demás tramos:

  Profundidad = (cota rasante) – (cota clave).

10.3. MODELACIÓN DE LA RED DE AGUAS RESIDUALES PROYECTADA EN PROGRAMA DINÁMICO DE SIMULACIÓN EPASWMM

Se debe realizar el diseño de la red de alcantarillado mediante el empleo de la formulación matemática que defina los diámetros, las pendientes y los parámetros mínimos hidráulicos de los conductos del sistema, en este caso cálculos en Excel, el cuál debe ser verificado mediante el empleo de una modelación hidráulica de las redes de alcantarillado pluvial, basada en ecuaciones de resistencia fluida, que permita obtener resultados de tal forma que el modelo matemático represente en gran medida el modelo físico o prototipo de la red de alcantarillado. El programa de análisis hidráulico debe tener la capacidad de simular condiciones de flujo uniforme, así como condiciones de flujo no permanente mediante la solución de las ecuaciones de Saint – Venant[3], con sus correspondientes condiciones de frontera. Por ende, en el presente proyecto se hizo uso del software de modelación EPASWMM 5.2 para el análisis hidráulico de verificación. El modelo matemático del software EPASWMM 5.2, que consiste en el movimiento del flujo en las redes de alcantarillado y el intercambio de flujo entre los subsistemas y bajo el enfoque de onda dinámica la cual resuelve las ecuaciones completas de *Saint Venant* para el flujo no permanente en conductos.

[3] Artículo 137. Resolución 0330 de 08 de Junio de 2017. RAS 200-2017. Hoja 86.

La red de alcantarillado de aguas residuales se ha diseñado de forma idónea con base en los parámetros de diseño hidráulico y de diseño geométrico, de áreas y caudales de diseño reglamentado por la norma vigente. Todos los aspectos del estudio se desarrollan, de acuerdo a la **Resolución 0330 de 08 de junio de 2017** y las resoluciones modificatorias publicadas, y demás normas aplicables al sector.

EL DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO se elaboró con base en programaciones matemáticas (*Programaciones en Excel*) que permitieron definir los diámetros, las pendientes y los parámetros mínimos hidráulicos de los conductos del sistema. El diseño fue verificado mediante el empleo de una **MODELACIÓN HIDRÁULICA** de las redes de alcantarillado, haciendo uso del **software EPASWMM 5vE**. Con el programa se simularon entre otros el sistema existente y el sistema proyectado, basado en ecuaciones de resistencia fluida, cuyos resultados obtenidos permitieron concluir que el modelo matemático representó en gran medida el modelo físico o prototipo de la red de alcantarillado. El programa de análisis hidráulico presenta la capacidad de simular condiciones de flujo uniforme, así como condiciones de flujo no permanente mediante la solución de las ecuaciones de Saint – Venant[4], con sus correspondientes condiciones de frontera.

[4] Artículo 137. Resolución 0330 de 08 de junio de 2017. Hoja 86.

A nivel de **MODELACIÓN HIDRÁULICA**, se debe realizar el diseño de la red de alcantarillado mediante el empleo de la formulación matemática que defina los diámetros, las pendientes y los parámetros mínimos hidráulicos de los conductos del sistema, el cuál debe ser verificado mediante el uso de un programa que permita simular los sistemas existente y futuro (proyectado), el cual debe estar basado en ecuaciones de resistencia fluida, que permita obtener resultados de tal forma que el modelo matemático represente en gran medida el modelo físico o prototipo de la red de alcantarillado. El programa de análisis hidráulico debe tener la capacidad de simular condiciones de flujo uniforme, así como condiciones de flujo no permanente mediante la solución de las ecuaciones de Saint – Venant[5], con sus correspondientes condiciones de frontera.

Por ende, en el presente proyecto se hizo uso del software de modelación EPASWMM v5.2 para el análisis hidráulico de verificación, es decir, para la **MODELACIÓN HIDRÁULICA** del proyecto. El modelo matemático del software EPASWMM v5.2, que consiste en el movimiento del flujo en las redes de alcantarillado y el intercambio de flujo entre los subsistemas y bajo el enfoque de onda dinámica la cual resuelve las ecuaciones completas de *Saint Venant* para el flujo no permanente en conductos.

[5] Artículo 137. Resolución 0330 de 08 de junio de 2017. Hoja 86.

El modelo hidráulico de transporte de agua por el interior de cualquiera de los conductos representados en EPASWMM v5.2, está gobernado por las ecuaciones de conservación de la masa y de la cantidad de movimiento tanto para el flujo gradualmente variado como para el flujo transitorio (es decir, las ecuaciones de *Saint Venant*). El modelo de transporte de la onda dinámica (*Dynamic Wave Routing*) resuelve las ecuaciones completas unidimensionales de Saint Venant y por tanto teóricamente genera los resultados más precisos. Estas ecuaciones suponen la aplicación de la ecuación de continuidad y de cantidad de movimiento en las conducciones y la continuidad de los volúmenes en los nudos.

Las ecuaciones de *Saint Venant* resuelven las ecuaciones más completas de continuidad y cantidad de movimiento para flujo no permanente. Al resolver las ecuaciones de *Saint-Venant* dando continuidad en los nodos y conservación en los conductos, se reducen el número de incógnitas, agilizando los tiempos de computación. Las ecuaciones se resuelven de forma secuencial para determinar el flujo en cada conducto y el calado en cada nodo para cada intervalo de tiempo mediante el método de Euler modificado, en un esquema de diferencias finitas explícito. Este esquema implica operaciones aritméticas sencillas y poco espacio de almacenamiento comparado con los métodos implícitos. Sin embargo, son generalmente menos estables numéricamente y requieren incrementos de tiempo pequeños.

En el presente proyecto, la **SIMULACIÓN DE ANÁLISIS HIDRÁULICO DE VERIFICACIÓN** se llevará a cabo mediante el modelo hidráulico **EPASWMM v5.2**, que es una herramienta de cálculo para la simulación de flujos en régimen variable en redes de tuberías, con condiciones alternativas de superficie libre y flujo a presión. En este caso, al tratarse de una red de saneamiento, se aplicará la condición de superficie libre. El cálculo se basa en una solución numérica implícita en diferencias finitas de las ecuaciones 1-D básicas del flujo en superficie libre (Ecuaciones de Saint Venant). El algoritmo implementado permite soluciones eficientes y exactas en redes ramificadas y malladas con múltiples conexiones.

El Stormwater Management Model (modelo de gestión de aguas pluviales) de la EPA (SWMM) es un modelo dinámico de simulación de precipitaciones y de recolección y transporte de aguas residuales (tiempo seco), que se puede utilizar para un único acontecimiento o para realizar una simulación continua en periodo extendido. El programa permite simular tanto la cantidad como la calidad del agua evacuada, especialmente en alcantarillados urbanos.

SWMM representa el comportamiento de un sistema de drenaje mediante una serie de flujos de agua y materia entre los principales módulos que componen un análisis medioambiental. Estos módulos y sus correspondientes objetos de SWMM son los siguientes:

- El módulo de escorrentía de SWMM funciona con una serie de subcuencas en las cuales cae el agua de lluvia y se genera la escorrentía.
- El módulo de transporte de SWMM analiza el recorrido de estas aguas a través de un sistema compuesto por tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, bombas y elementos reguladores.

- El módulo de calidad permite seguir la evolución de la cantidad y la calidad del agua de escorrentía de cada subcuenca, así como el caudal, el nivel de agua en los pozos o la concentración de un compuesto en cada tubería y canal durante una simulación compuesta por múltiples intervalos de tiempo.

El trazado del presente proyecto perteneciente al PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ, se ha proyectado con base en:

I. Las franjas de retiro establecidas en el ACUERDO 022 DE 2019 del 19 DE DICIEMBRE DE 2019. ARTÍCULOS 180 al 185. Rondas hídricas de quebradas, arroyos, caños y drenajes naturales en el área urbana y suelos de expansión. Son zonas de protección ambiental, restauración ecológica y manejo hidráulico, de uso público, constituidas por una franja alrededor de cuerpos menores de agua, que ameritan su intervención para garantizar el manejo

adecuado de las aguas de escorrentía, mediante obras de canalización, construcción de obras de protección, sedimentadores, gradas disipadoras o aquellas que resulten de estudios técnicos que deben elaborar los interesados en desarrollar los suelos urbanos o de expansión urbana con tratamiento de desarrollo, los cuales deben ser sometidos a consideración del Departamento Administrativo de Planeación Municipal, o la entidad que haga sus veces, autoridad que aprobará los diseños y los retiros exigibles, de acuerdo al área de manejo del caudal que se defina en los estudios respectivos.

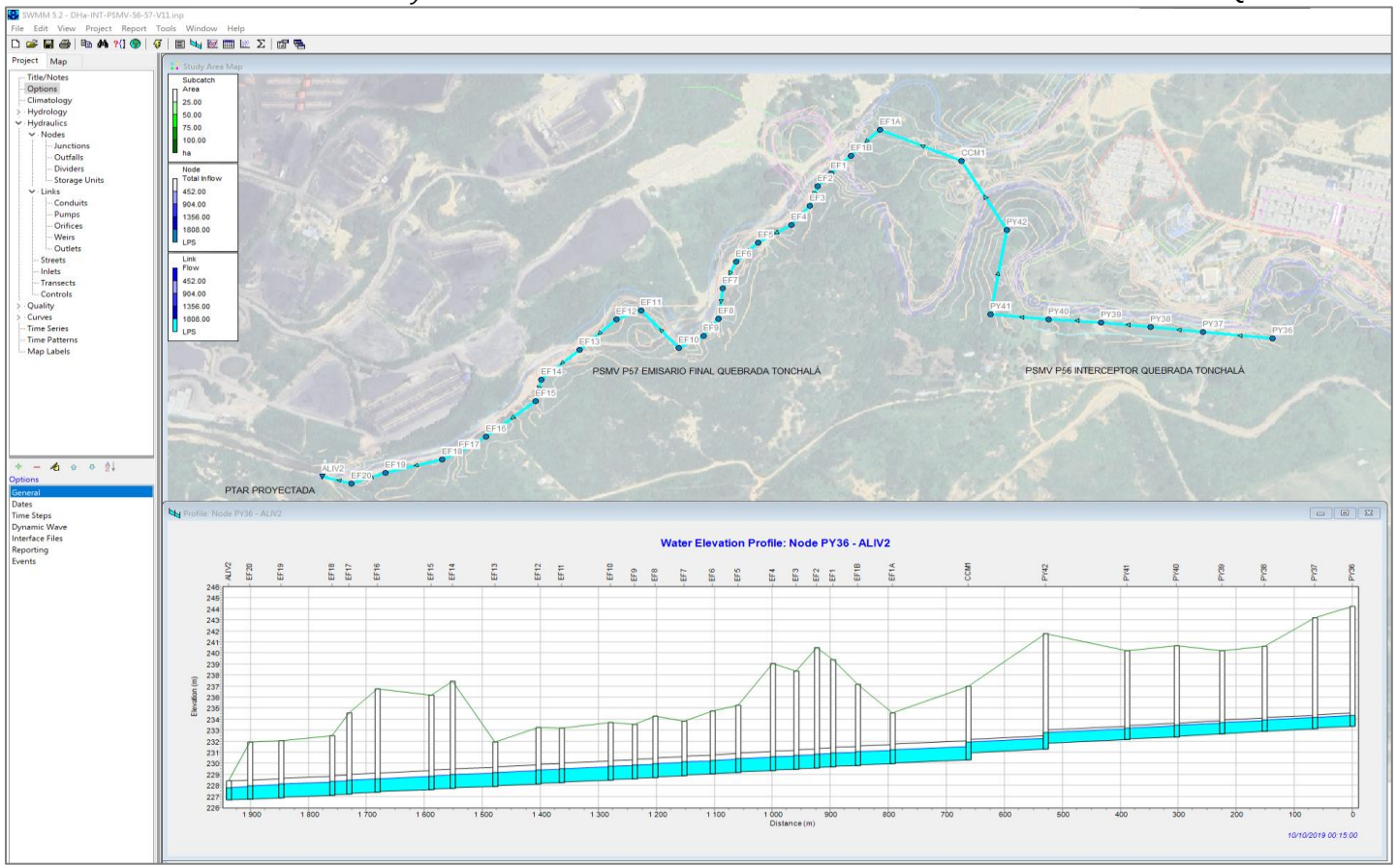
II. Los corredores naturales establecidos en la GUÍA TÉCNICA DE CRITERIOS PARA EL ACOTAMIENTO DE LAS RONDAS HÍDRICAS EN COLOMBIA (Resolución 0957 de 2018. Artículo 83 Ley 2811 de 1974. Artículo 206 Ley 1450 de 2011. Decreto 1076 de 2015. Decreto 2245 del 29 de diciembre de 2017) se reglamenta: La ronda hídrica comprende la faja paralela a la línea de aguas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho. Así mismo hará parte de la ronda hídrica el área de protección o conservación aferente se establecerán directrices de manejo ambiental, conforme a lo dispuesto en la "Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento de las Rondas Hídricas en Colombia". La ronda hídrica se acotará desde el punto de vista funcional y su límite se traza a partir de la línea de marea máximas a la del cauce permanente de cuerpos de agua. El cauce permanente se delimitará desde un análisis de la forma del terreno, teniendo en cuenta que éste corresponde a la geoforma sobre la cual fluye o se acumulan el agua

y sedimentos en condiciones de flujo de caudales o niveles sin que se llegue a producir desbordamiento de sus márgenes naturales. El límite físico de la ronda hídrica será el resultado de la envolvente que genera la superposición de mínimo los siguientes criterios: geomorfológico, hidrológico y ecosistémico.

Con ello, se establecen los retiros al cuerpo de agua, como suelo de protección de recursos hídricos, para el establecimiento de áreas de utilidad pública para las infraestructuras de provisión de servicios públicos. En otras palabras, se identificó el corredor de protección ambiental para la instalación de la red de alcantarillado de aguas residuales: LA TUBERÍA DEL PROYECTO SE INSTALARÁ SOBRE CORREDOR DE PROTECCIÓN AMBIENTAL PARA INSTALACIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS. Plan Saneamiento y Manejo de Vertimientos.

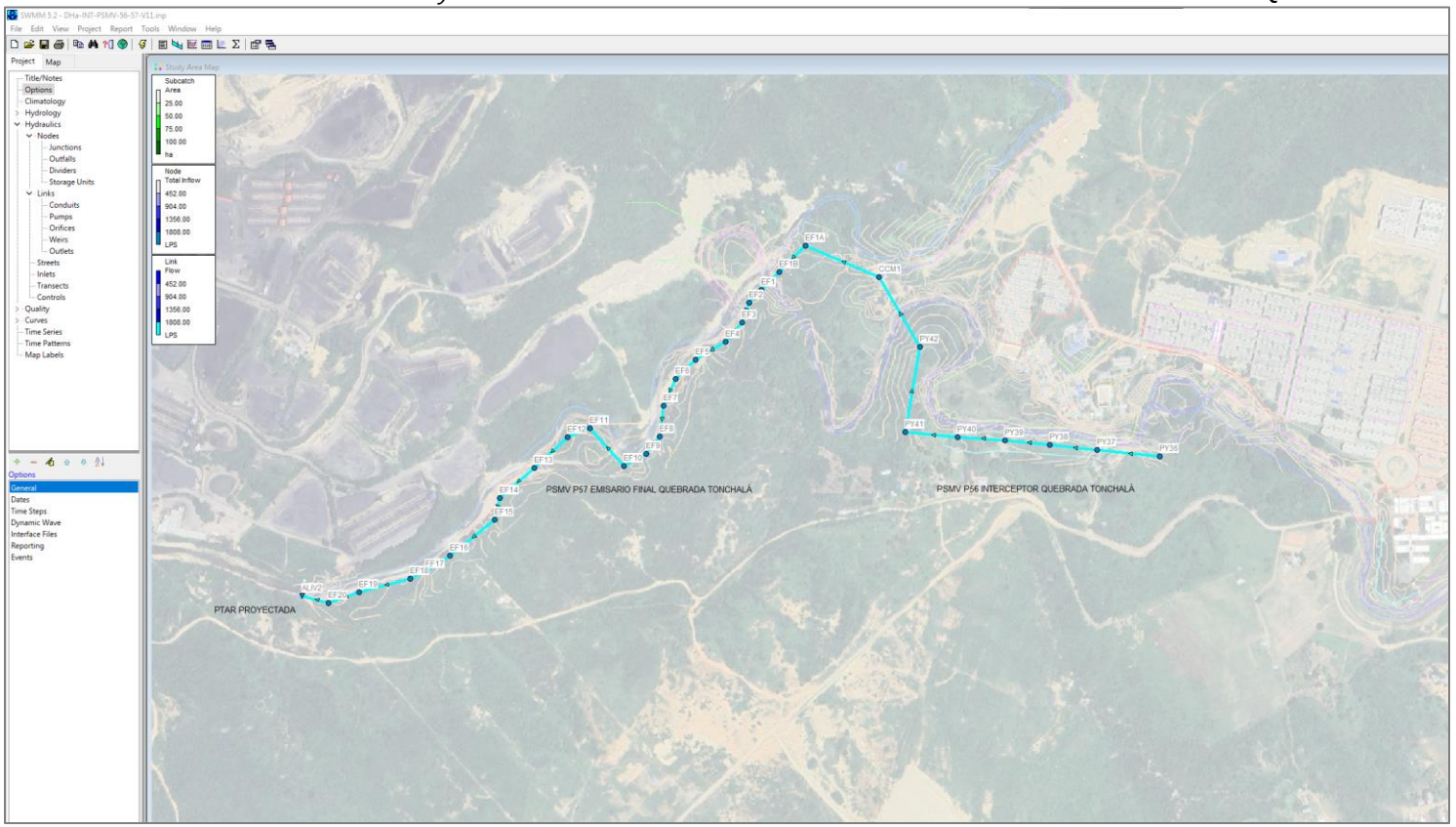
A continuación, se muestra la MODELACIÓN HIDRÁULICA realizada para simular las condiciones hidráulicas óptimas de las especificaciones del diseño:

Figura 17. Modelación Hidráulica. Sistema Proyectado. Planta General. PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ.



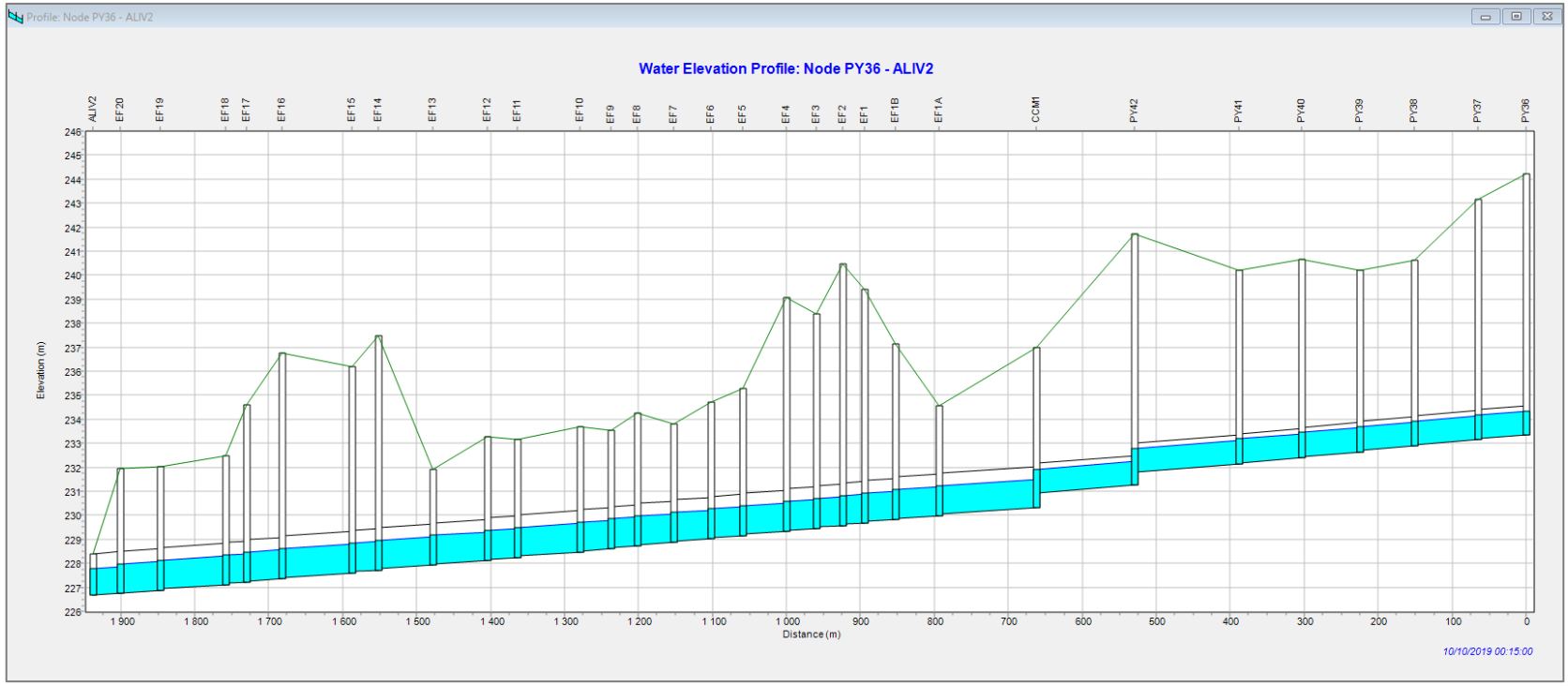
Fuente: Autor. EPASWMM 5.2.

Figura 18. Modelación Hidráulica. Sistema Proyectado. Planta General. PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ.



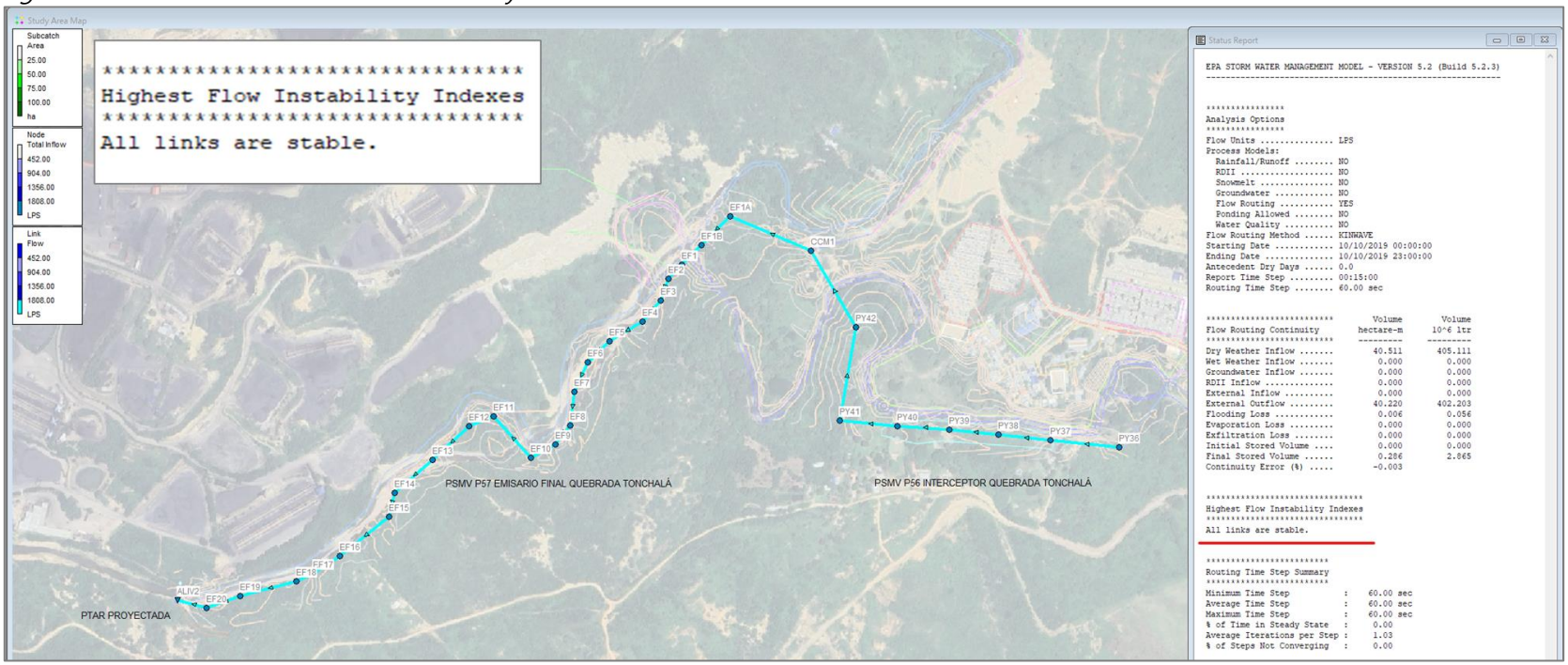
Fuente: Autor. EPASWMM 5.2.

Figura 19. Modelación Hidráulica. Sistema Proyectado. Perfil Longitudinal. PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ.



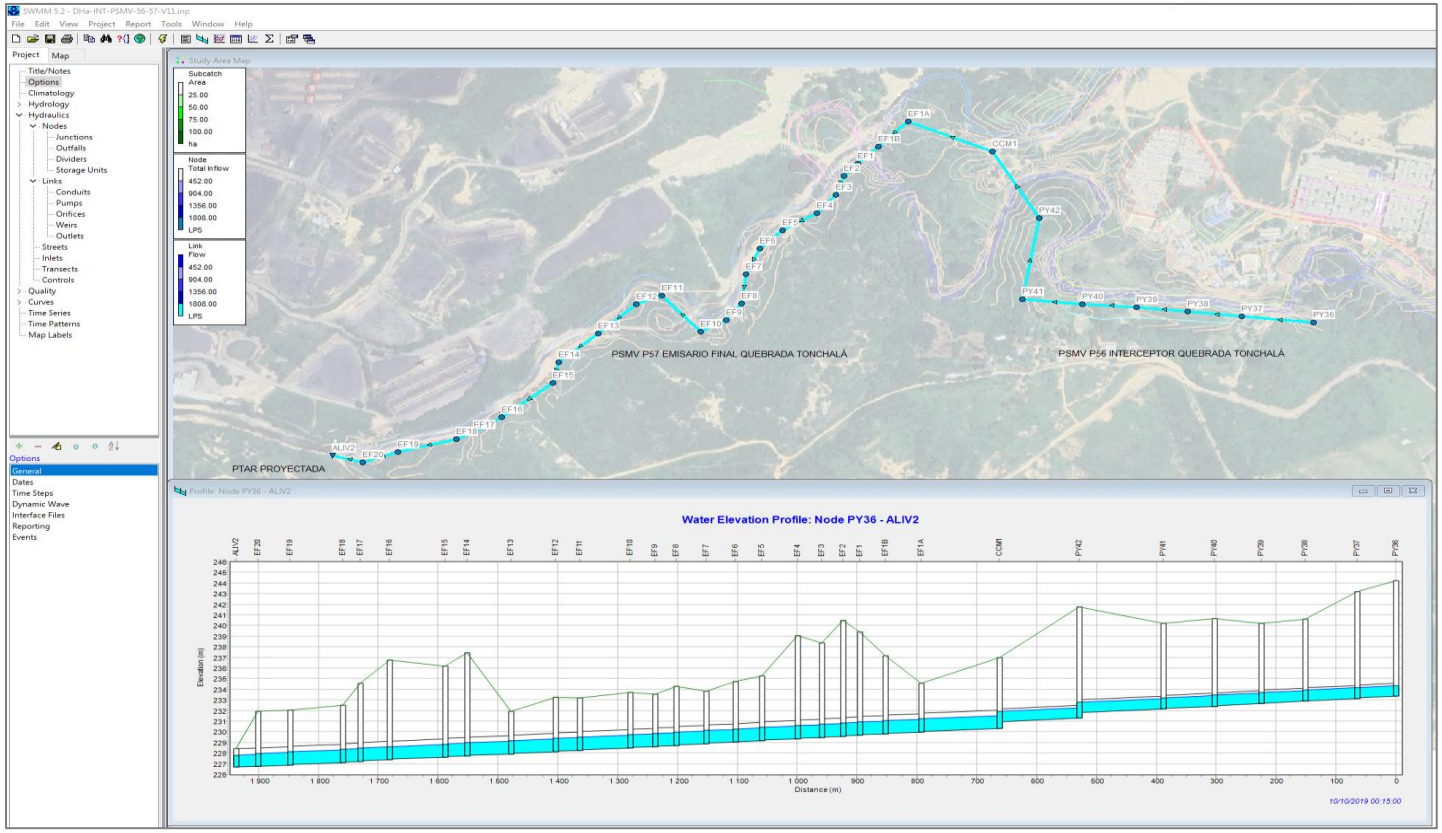
Fuente: Autor. EPASWMM 5.0.

Figura 20. Modelación Hidráulica. Sistema Proyectado. SIN SOBRECARGA NI INUNDACIÓN. CUMPLE OK.



El resultado de la modelación es exitoso. No se evidencian tuberías en sobrecarga. No se evidencian nodos en escenario de inundación ni sobrecarga, es decir, no se generan reboses de aguas residuales en calzadas o andenes.

Figura 21. Modelación Hidráulica en software EPASWMM. Diseño hidráulico de aguas residuales. PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ.



Fuente: Autor. EPASWMM 5.0.

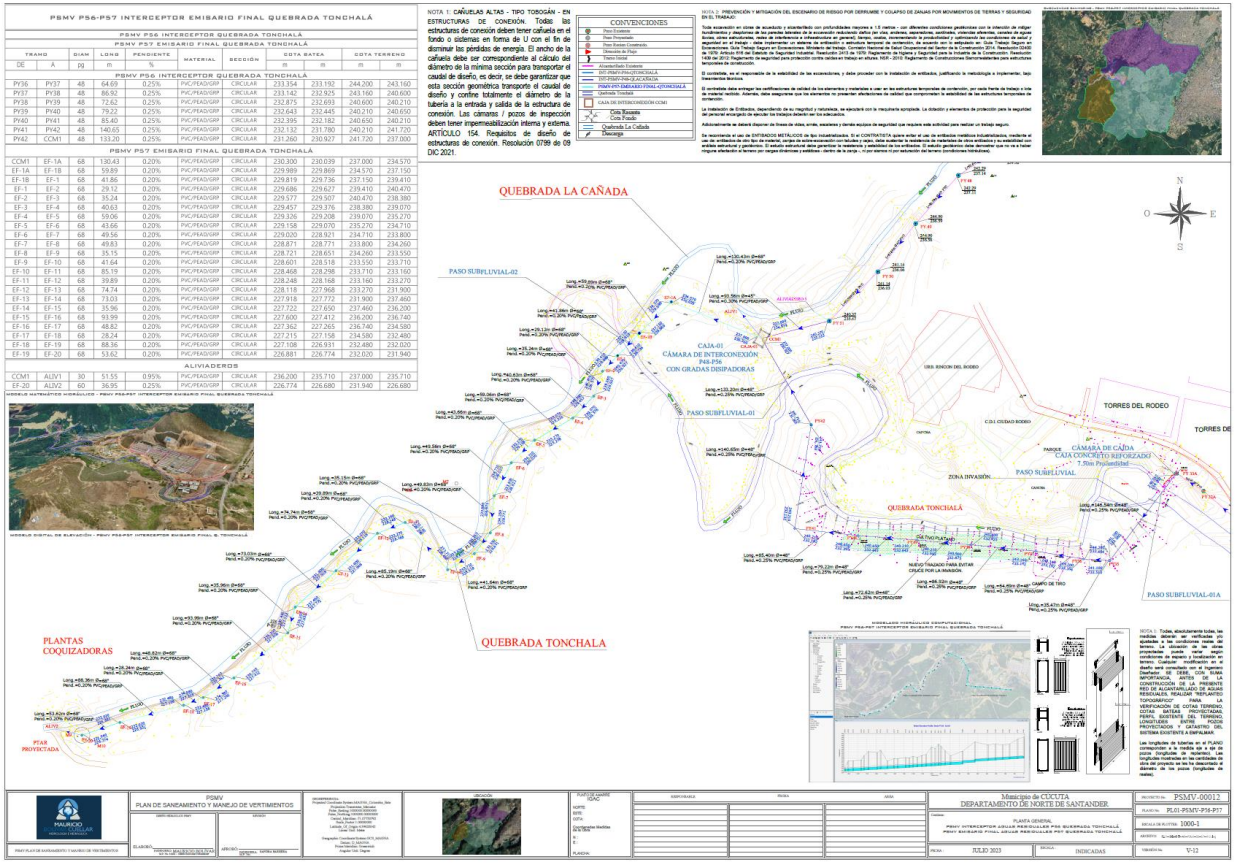
- **RESULTADOS DEL DISEÑO**

La red de alcantarillado de aguas residuales se ha diseñado de forma idónea con base en los parámetros de diseño hidráulico y de diseño geométrico, de áreas y caudales de diseño reglamentado por la norma vigente. Todos los aspectos del estudio se desarrollan, de acuerdo a las **Resoluciones 0799 de 2021 y 0330 de 2017** y las resoluciones modificatorias publicadas, y demás normas aplicables al sector.

El resultado de la modelación es exitoso. No se evidencian tuberías en sobrecarga. No se evidencian nodos en escenario de inundación ni sobrecarga, es decir, no se generan reboses de aguas residuales en calzadas o andenes.

El Plano Planta General de diseño es:

Figura 22. Plano planta general. Red de Alcantarillado Aguas Residuales.



11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. OBSERVACIONES ESPECIALES

- El proyecto PSMV – P56-57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ hace parte del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos – PSMV, basado en los lineamientos y objetivos municipales ambientales de eliminación de vertimientos a cielo abierto de aguas residuales sobre cuerpos de agua, y la prolongación de dichas cargas hidráulicas hacia las zonas futuras de proyección de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales – PTAR, en el sector de la Quebrada Tonchalá. Las aguas residuales de las comunas 7, 8, 9 y 20, Sectores Sur y Suroccidental del municipio de Cúcuta, son transportadas por los Interceptores P48 La Cañada y P54 Tonchalá. Este megaproyecto recibe las cargas hidráulicas de estos interceptores y las prolonga hacia aguas abajo, alejándolas del perímetro urbano, de las áreas urbanizadas y de asentamientos humanos, por el margen izquierdo de la Quebrada Tonchalá, hasta la zona donde se proyecta la construcción de la futura PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES – PTAR. Es importante resaltar que se trata del Emisario Final de la Cuenca Quebrada Tonchalá, cuya construcción completaría los objetivos PSMV en lo que tiene que ver con instalación de interceptores y emisarios para eliminación de vertimientos en los corredores urbanos, en especial por fuera del perímetro urbano sanitario. Con ello, se logra avanzar, en gran medida, con el fortalecimiento de las acciones

encaminadas hacia la descontaminación de la Fuente Hídrica RÍO ZULIA.TONCHALÁ, al suroccidente del Municipio de Cúcuta, Norte de Santander.

- El proyecto tiene como objetivo realizar el **DISEÑO HIDRÁULICO** y las **MODELACIONES HIDRÁULICAS** del **PROYECTO PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ**, para la recolección, transporte y disposición final de las aguas residuales.

- Los planos hidráulicos se presentan sobre planos topográficos (en planta) de la zona de estudio (ronda hídrica, vías, andenes, paramentos) los cuales fueron suministrados por los directores del proyecto.

- Todas las medidas deberán ser verificadas y/o ajustadas a las condiciones reales del terreno. La ubicación de las obras proyectadas puede variar según condiciones de espacio y localización en terreno. Cualquier modificación en el diseño será consultada con el ingeniero diseñador.

- El contratista es único responsable del uso adecuado de la información suministrada en las memorias, planos y medio magnético.

- Todas, absolutamente todas, las medidas deberán ser verificadas y/o ajustadas a las condiciones reales del terreno. La ubicación de las obras proyectadas puede variar según condiciones de espacio y localización en terreno. Cualquier modificación en el diseño será consultada con el Ingeniero Diseñador. SE DEBE, CON SUMA IMPORTANCIA, ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESENTES REDES HIDRÁULICAS, REALIZAR "REPLANTEO TOPOGRÁFICO" PARA LA VERIFICACIÓN DE COTAS TERRENO, COTAS BATEAS PROYECTADAS, PERFIL EXISTENTE DEL TERRENO, LONGITUDES ENTRE POZOS Y NODOS PROYECTADOS Y CATASTRO DEL SISTEMA EXISTENTE A EMPALMAR.

- Se recalca contundentemente en las **bajas pendientes** de la zona de estudio, la gran extensión de la misma (área aferente total) y en las altas tasas de infiltración (nivel freático) del suelo por localizarse en parte alta de zonas de drenaje. Además de ello, en la zona de estudio existe **MUY ALTO RIESGO POR INUNDACIÓN Y SOCAVACIÓN** por localizarse paralelo a la **QUEBRADA TONCHALÁ**.

- El proyecto beneficiará a 710 mil Habitantes – PERIODO DE DISEÑO 25 AÑOS - para la cuenca principal de la zona de estudio, con un área total aferente de 2374 Ha, en donde se proyecta redensificación y áreas de expansión municipal

territorial futura. El área total del proyecto está compuesta por las subcuencas sanitarias: a) Subcuenca Quebrada Tonchalá, b) Subcuenca Quebrada La Cañada y c) Subcuenca San Cayetano (San Isidro II).

- A nivel de sistemas existentes de aguas residuales, el Proyecto PSMV P56-P57 INTERCEPTOR EMISARIO FINAL QUEBRADA TONCHALÁ tiene dos puntos de empalme aguas arriba:

  Por la Cuenca Quebrada Tonchalá el sistema existente de aguas residuales tiene como tramo final el PSMV INTERCEPTOR P54 (conformado también por los Interceptores PSMV existentes P12A-P12-P13-P14-P15), construido al frente la Urbanización Arrayanes; de allí hacia aguas abajo no existe tubería y se presentan vertimientos directos de aguas residuales a la Quebrada Tonchalá.

  Por la Cuenca Quebrada La Cañada el sistema existente de aguas residuales tiene como tramo final el PSMV INTERCEPTOR P48, construido hasta el occidente de la Urbanización Arrayanes, desde el sector de Cúcuta 75 Palmeras Parte Alta; de allí hacia aguas abajo no existe tubería y se presentan vertimientos directos de aguas residuales a la Quebrada Tonchalá.

  Es importante resaltar, entonces, que para las Cuencas Quebrada La Cañada y Quebrada Tonchalá ya existen los interceptores idóneos hasta el corredor de la zona de estudio. El presente proyecto, empalmará estos dos puntos de

cargas hidráulicas, y los prolongará hasta la PTAR PROYECTADA, ubicada en el margen izquierdo de la Quebrada Tonchalá, Municipio de San Cayetano, Sector Coquizadoras.

- En resumen, las principales problemáticas, del corredor de estudio, son:

  - Vertimientos de aguas residuales a cielo abierto sobre la QUEBRADA TONCHALÁ provenientes de Asentamientos Humanos no legalizados, los cuales no se encuentran dentro de la responsabilidad contractual del Operador de Acueducto y Alcantarillado del Municipio de Cúcuta, AGUAS KPITAL CÚCUTA SA ESP.
  - Contaminación de Fuentes Hídricas Importantes (RÍO ZULIA) por vertimientos de asentamientos subnormales y viviendas que invaden servidumbres de tuberías sanitarias y pluviales.
  - Población aferente afectada por vectores de contaminación
  - Existencia de Pozos Sépticos (Asentamientos Humanos invadiendo Ronda Hídrica) que adicionan saturación excesiva al suelo
  - Creación de Factores de Riesgo por Saturación del Suelo
  - Creación de Factores de Riesgo por Contaminación Directa
  - Para completar la construcción, del saneamiento básico, hasta la PTAR (según POT y PSMV) se deben ejecutar INTERCEPTOR P56 y EMISARIO FINAL P57.

- Se proyecta empalmar ejecutar la extensión de la red proyectada – INTERCEPTOR DE AGUAS RESIDUALES PSMV P56 – 380.22 metros hacia aguas abajo, en sentido del flujo hacia la PTAR QTONCHALÁ.

- La red proyectada de alcantarillado de aguas residuales consiste en **suministro e instalación de 49.75 metros de tubería de Alcantarillado de Aguas Residuales Tipo PVC/PEAD/GRP Ø30", suministro e instalación de 650.10 metros de tubería de Alcantarillado de Aguas Residuales Tipo PVC/PEAD/GRP Ø48", suministro e instalación de 1198.30 metros de tubería de Alcantarillado de Aguas Residuales Tipo PVC/PEAD/GRP Ø60"**. A nivel de accesorios se proyectan **veintiocho (28) pozos de inspección** con profundidades mayores a 4 metros (Tipo III).

También se contemplan:

- MEDICIONES.
- DEMOLICIONES Y LIMPIEZA.
- MOVIMIENTOS DE TIERRAS.
- MANEJO DE AGUAS RESIDUALES Y AGUAS LLUVIAS.
- MANEJO DE INTERFERENCIAS (REDES EXISTENTES ACUEDUCTO, ALCANTARILLADO, GAS ETC).

- ESTRUCTURA TEMPORAL DE CONTENCIÓN METÁLICA (ENTIBACIÓN METÁLICA) PARA EXCAVACIONES CON ZANJAS DE INSTALACIÓN CON PROFUNDIDADES MAYORES A 1.50M.
- CÁMARA DE INTERCONEXIÓN. CON GRADAS DISIPADORAS. CONCRETO REFORZADO.
- ESTRUCTURA DE DESCARGA CON COMPUERTA ANTIRRETORNO MADERPLAST Ø30" EN ALIVIADERO PARA PREVENCIÓN DE RETROFLUJO Y CONTROL DE OLORES. INCLUYE CAJA DE INSPECCIÓN.
- ESTRUCTURA DE DESCARGA CON COMPUERTA ANTIRRETORNO MADERPLAST Ø60" EN ALIVIADERO PARA PREVENCIÓN DE RETROFLUJO Y CONTROL DE OLORES. INCLUYE CAJA DE INSPECCIÓN.
- ANCLAJES PARA PROTECCIÓN Y ANTIFLOTACIÓN DE TUBERÍA EN CONCRETO CICLÓPEO 3500PSI TRAMOS SUBFLUVIALES Y EN CONDICIÓN DE SATURACIÓN.
- OBRAS DE CONTROL DE EROSIÓN HÍDRICA (SOCAVACIÓN) PARA PROTECCIÓN DE LA TUBERÍA Y POZOS DE INSPECCIÓN. Estas obras se diseñan en el componente diseño hidráulico obras de control de erosión y protección de tubería.

Para la cimentación de la tubería se proyecta relleno para piso o cama, lateral, hasta 30 cm sobre la clave del tubo CON MATERIAL GRANULAR 3/4" TRITURADO DE ROCA (ANGULAR). Debe cumplir especificación similar a suelo tipo granular ASTM Suelo Clase I - GW -GP-SW-SP. Muy bien compactado, revestido con GEOTEXTIL NT 1600.

- Los estudios, análisis, cálculos y diseños presentados han sido elaborados de acuerdo con las Resoluciones 0799 de 2021 y 0330 de 2017 expedidas por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009"., RAS 2017-2021, y a nivel de COMPONENTE HIDROLÓGICO se tomó como base la GUÍA TÉCNICA DE CRITERIOS PARA EL ACOTAMIENTO DE LAS RONDAS HÍDRICAS EN COLOMBIA (Resolución 0957 de 2018. Artículo 83 Ley 2811 de 1974. Artículo 206 Ley 1450 de 2011. Decreto 1076 de 2015. Decreto 2245 del 29 de diciembre de 2017), el PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL AGUA (IDEAM - Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Año 2007), PROTOCOLO DE MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA (IDEAM - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Año 2018), y la GUÍA NACIONAL DE MODELACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO PARA AGUAS SUPERFICIALES CONTINENTALES (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Año 2018).

- El trazado del presente INTERCEPTOR perteneciente al PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS PSMV P56 INTERCEPTOR QUEBRADA TONCHALÁ, se ha proyectado con base en:

I. Las franjas de retiro establecidas en el ACUERDO 022 DE 2019 del 19 DE DICIEMBRE DE 2019. ARTÍCULOS 180 al 185. Rondas hídricas de quebradas, arroyos, caños y drenajes naturales en el área urbana y suelos de expansión. Son zonas de protección ambiental, restauración ecológica y manejo hidráulico, de uso público, constituidas por una franja alrededor de cuerpos menores de agua, que ameritan su intervención para garantizar el manejo adecuado de las aguas de escorrentía, mediante obras de canalización, construcción de obras de protección, sedimentadores, gradas disipadoras o aquellas que resulten de estudios técnicos que deben elaborar los interesados en desarrollar los suelos urbanos o de expansión urbana con tratamiento de desarrollo, los cuales deben ser sometidos a consideración del Departamento Administrativo de Planeación Municipal, o la entidad que haga sus veces, autoridad que aprobará los diseños y los retiros exigibles, de acuerdo al área de manejo del caudal que se defina en los estudios respectivos.

II. Los corredores naturales establecidos en la GUÍA TÉCNICA DE CRITERIOS PARA EL ACOTAMIENTO DE LAS RONDAS HÍDRICAS EN COLOMBIA (Resolución 0957 de 2018. Artículo 83 Ley 2811 de 1974. Artículo 206 Ley 1450 de 2011. Decreto 1076 de 2015. Decreto 2245 del 29 de diciembre de 2017) se reglamenta: La ronda hídrica comprende la faja paralela a la línea de aguas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho. Así mismo hará parte de la ronda hídrica el área de protección o conservación aferente se establecerán directrices de manejo ambiental, conforme a lo dispuesto en la "Guía Técnica de Criterios para el Acotamiento

de las Rondas Hídricas en Colombia". La ronda hídrica se acotará desde el punto de vista funcional y su límite se traza a partir de la línea de marea máximas a la del cauce permanente de cuerpos de agua. El cauce permanente se delimitará desde un análisis de la forma del terreno, teniendo en cuenta que éste corresponde a la geoforma sobre la cual fluye o se acumulan el agua y sedimentos en condiciones de flujo de caudales o niveles sin que se llegue a producir desbordamiento de sus márgenes naturales. El límite físico de la ronda hídrica será el resultado de la envolvente que genera la superposición de mínimo los siguientes criterios: geomorfológico, hidrológico y ecosistémico.

Con ello, se establecen los retiros al cuerpo de agua, como suelo de protección de recursos hídricos, para el establecimiento de áreas de utilidad pública para las infraestructuras de provisión de servicios públicos. En otras palabras, se identificó el corredor de protección ambiental para la instalación de la red de alcantarillado de aguas residuales: LA TUBERÍA DEL PROYECTO SE INSTALARÁ SOBRE CORREDOR DE PROTECCIÓN AMBIENTAL PARA INSTALACIÓN DE SERVICIOS PÚBLICOS. Plan Saneamiento y Manejo de Vertimientos.

- El presente diseño hidráulico se elaboró con base en PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE CÚCUTA (Acuerdo 022 de

2019 - 19 de diciembre de 2019) Norte de Santander, y las reglamentaciones asociadas, en lo referente a características y localización de vías, malla vial arterial y zonas verdes aledañas a los mismos.

- EL CORREDOR DE ESTUDIO SE UBICA EN ZONA EN CONDICIÓN DE ALTO RIESGO A INUNDACIÓN. POR ENDE, EL PRESENTE PROYECTO TIENE QUE COMPLEMENTARSE CON OBRAS DE MITIGACIÓN Y CONTROL DE INUNDACIÓN Y EROSIÓN HÍDRICA SOBRE AMBAS MÁRGENES DE LA "QUEBRADA TONCHALÁ", CUERPO DE AGUA PRINCIPAL DE LA CUENCA, DEBIDO AL GRAN PODER DE INUNDACIÓN Y SOCAVACIÓN DESTRUCTIVAS POTENCIALES Y COMBINADAS QUE SE GENERAN, EN ÉPOCAS DE FUERTES LLUVIAS.

- SE RECALCA EN QUE SE PRESENTA GRAVE INCONVENIENTE POR LA OCUPACIÓN INFORMAL DE VIVIENDAS (INVASIONES) SOBRE LA MARGEN DERECHA DE LA QUEBRADA TONCHALÁ, LO QUE GENERÓ OBSTACULIZACIÓN DEL TRAZADO DE LA ESTRUCTURA HIDRÁULICA. CON LA ACTUAL DISMINUCIÓN DEL ESPACIO PÚBLICO SE GENERA DIFICULTAD PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA OBRA. SE RECOMIENDA OFICIAR Y SOLICITAR "DE CARÁCTER URGENTE" A LA ALCALDÍA MUNICIPAL, EN ESPECIAL A LA SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA, AL DEPARTAMENTO DE PLANEACIÓN MUNICIPAL, A SECRETARÍA DE GOBIERNO, A SECRETARÍA MUNICIPAL DE

GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES, CORPONOR Y A LA INSPECCIÓN DE POLICÍA, PARA QUE SE EFECTUÉ EL RESPECTIVO RESTABLECIMIENTO DEL ESPACIO PÚBLICO, DE LAS ÁREAS DE RETIRO A CUERPOS DE AGUA, FRANJAS DE RETIRO DE LOS CORREDORES AMBIENTALES Y DE SUELOS DE PROTECCIÓN DEL CORREDOR DE ESTUDIO, ADEMÁS DE SOLICITAR LA CONSTRUCCIÓN URGENTE DE LAS RESPECTIVAS OBRAS PARA EL CONTROL Y MITIGACIÓN DE LA INUNDACIÓN, EROSIÓN, Y MOVIMIENTOS EN MASA EN ZONAS AFERENTES Y PUNTALES AL PROYECTO.

- La zona de estudio está compuesta por corredor o franja de protección paralela a cuerpo de agua - drenaje natural superficial principal de la cuenca afectado por altas pendientes, alta saturación y procesos erosivos. Por ello la cimentación estructural de la tubería de alcantarillado de aguas residuales del presente proyecto se realizará en MATERIAL GRANULAR 3/4" TRITURADO DE ROCA (ANGULAR) REVESTIDA CON GEOTEXTIL NT1600, para no interrumpir redes de flujo subsuperficiales, evitar procesos de aumento en la presión de poros, acumulación de humedad y alta saturación en el suelo, precisamente sobre el ancho de zanja del proyecto de alcantarillado de aguas residuales, y permitir, de ésta forma, el normal flujo de las aguas de escorrentía sin que se afecte la cimentación de la tubería, Y ANCLAJES ESTRUCTURALES EN CONCRETO para evitar fenómenos de FLOTACIÓN de las tuberías por empujes hidráulicos de las láminas de inundación de la Cuenca QUEBRADA LA CAÑADA.

- Las excavaciones deberán llenarse y compactarse con el material recomendado por el diseño, es decir, la estructura de la cimentación de la tubería a implementar será única y exclusivamente la formulada por el diseñador.

- En los PASOS SUBDRENAJES deben construirse estructuras de protección de la tubería, en Concreto Ciclópeo 2500 PSI.

- Cada ALIVIADERO debe instalarse con su respectiva Estructura de Descarga

- Todas, absolutamente todas, las medidas deberán ser verificadas y/o ajustadas a las condiciones reales del terreno. La ubicación de las obras proyectadas puede variar según condiciones de espacio y localización en terreno. Cualquier modificación en el diseño será consultada con el Ingeniero Diseñador. SE DEBE, CON SUMA IMPORTANCIA, ANTES DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESENTE RED DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES, REALIZAR "REPLANTEO TOPOGRÁFICO" PARA LA VERIFICACIÓN DE COTAS TERRENO, COTAS BATEAS PROYECTADAS, PERFIL

EXISTENTE DEL TERRENO, LONGITUDES ENTRE POZOS PROYECTADOS Y CATASTRO DEL SISTEMA EXISTENTE A EMPALMAR.

- Toda excavación en obras de acueducto y alcantarillado con profundidades mayores a 1.5 metros - con diferentes condiciones geotécnicas con la intención de mitigar hundimientos y desplomes de las paredes laterales de la excavación reduciendo daños (en vías, andenes, separadores, sardineles, viviendas aferentes, canales de aguas lluvias, obras estructurales, redes de interferencia e infraestructura en general), tiempo, costos, incrementando la productividad y optimizando las condiciones de salud y seguridad en el trabajo - debe implementar un sistema de entibación o estructura temporal de contención, de acuerdo con lo estipulado en: Guía Trabajo Seguro en Excavaciones. Guía Trabajo Seguro en Excavaciones. Ministerio del trabajo. Comisión Nacional de Salud Ocupacional del Sector de la Construcción 2014. Resolución 02400 de 1979: Artículo 616 del Estatuto de Seguridad Industrial. Resolución 2413 de 1979: Reglamento de higiene y Seguridad para la Industria de la Construcción. Resolución 1409 del 2012: Reglamento de seguridad para protección contra caídas en trabajo en alturas. NSR - 2010: Reglamento de Construcciones Sismorresistentes para estructuras temporales de construcción.

- Los estudios, análisis, cálculos y diseños presentados han sido elaborados de acuerdo con la Resolución 0330 de 2017 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009"., RAS 2017.

- La red de alcantarillado de aguas residuales se ha diseñado de forma idónea con base en los parámetros de diseño hidráulico y de diseño geométrico, de áreas y caudales de diseño reglamentado por la norma vigente. Todos los aspectos del estudio se desarrollan, de acuerdo a las **Resoluciones 0799 de 2021 y 0330 de 2017** y las resoluciones modificatorias publicadas, y demás normas aplicables al sector. El **DISEÑO DE LA RED DE ALCANTARILLADO** se elaboró con base en programaciones matemáticas (*Programaciones en Excel*) que permitieron definir los diámetros, las pendientes y los parámetros mínimos hidráulicos de los conductos del sistema. El diseño fue verificado mediante el empleo de una **MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LAS REDES DE ALCANTARILLADO**, haciendo uso del **software EPASWMM V5.2**. Con el programa se simuló entre otros el sistema existente, basado en ecuaciones de resistencia fluida, cuyos resultados obtenidos permitieron concluir que el modelo matemático representó en gran medida el modelo físico o prototipo de la red de alcantarillado. El programa de análisis hidráulico presenta la capacidad de simular condiciones de flujo uniforme, así como condiciones de

flujo no permanente mediante la solución de las ecuaciones de Saint – Venant[6], con sus correspondientes condiciones de frontera.

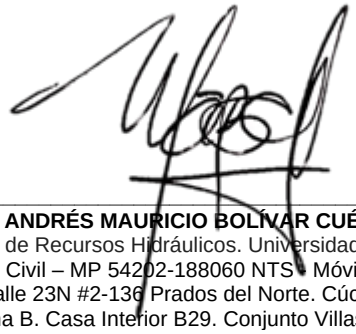
- La red de alcantarillado de aguas residuales se ha diseñado de forma idónea con base en los parámetros de diseño hidráulico y de diseño geométrico, de áreas y caudales de diseño reglamentado por la norma vigente. Todos los aspectos del estudio se desarrollan, de acuerdo a las **Resoluciones 0799 de 2021 y 0330 de 2017** y las resoluciones modificatorias publicadas, y demás normas aplicables al sector.

- El resultado de la modelación es exitoso. No se evidencian tuberías en sobrecarga. No se evidencian nodos en escenario de inundación ni sobrecarga, es decir, no se generan reboses de aguas residuales en calzadas o andenes.

- Es de extrema importancia y obligatoriedad la Identificación de interferencias superficiales y subterráneas que puedan afectar el trazado de las redes hidráulicas del proyecto. Por ende, se debe realizar, antes de la construcción del presente proyecto la identificación, la descripción, la evaluación estructural y el diagnóstico hidráulico de los sistemas existentes de abastecimiento de agua potable y de recolección y evacuación de aguas

[6] Artículo 137. Resolución 0330 de 08 de junio de 2017. Hoja 86.

residuales y lluvias en el sector objeto del proyecto, teniendo en cuenta la posible generación de interferencias con los mismos.



ANDRÉS MAURICIO BOLÍVAR CUÉLLAR
Asp. Magister Ingeniería de Recursos Hidráulicos. Universidad Francisco de Paula Santander
Ingeniero Civil – MP 54202-188060 NTS – Móvil: 3176649835 –
Calle 23N #2-136 Prados del Norte. Cúcuta NTS.
Calle 19 #3-05 Manzana B. Casa Interior B29. Conjunto Villas del Duruelo. V/Rosario NTS.
Correo electrónico: capbolivar.hydro97@gmail.com

12. BIBLIOGRAFÍA

- Arrocha R. Simón. Cloacas y Drenajes. Ediciones Vega. Primera Edición. 1983. 262 p.

- Avances en Hidrología Urbana. Pontifica Universidad Javeriana. Primera Edición. 2015. Bogotá. 233 págs.

- Barco J.; Wong K. M. and Stenstrom M. K. «Automatic Calibration of the U.S. EPA SWMM Model for a Large Urban Catchment». Journal of Hydraulic Engineering, (2008) Vol. 134, No. 4, April, pp. 466-474. ISSN 0733-9429/2008/4-466-474.

- EPA, User's Manual, SWMM 5.0. Environmental Protection Agency, EPA, USA, (2005).

- IDEAM, 2018. PROTOCOLO DE MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA, 59 páginas. Bogotá, D.C.

- López Cualla, Ricardo Alfredo. Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Segunda Edición. 2015. Bogotá. 546 págs.

- Martínez Jordán Oscar Rolando. DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO PARA EL BARRIO EL CENTRO. Universidad de San Carlos de Guatemala. 169 págs. 2011.

- Méndez Flores Santiago Andrés. Diseño del Alcantarillado Sanitario y Pluvial. 218 págs. Universidad San Francisco de Quito. 2011.

- MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. RESOLUCIÓN 0330 DE 2017. Resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009.

- Monsalve Sáenz, German. Hidrología en la Ingeniería. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Segunda Edición. 1999. Bogotá. 382 págs.

- Pérez Carmona, Rafael. Diseño y construcción de alcantarillados sanitario, pluvial y drenaje en carreteras. Ecoe Ediciones. Primera Edición. 2013. Bogotá. 592 págs.

- Rodríguez Díaz, Héctor Alfonso. Drenaje urbano. Elementos de diseño. Drenaje urbano no convencional. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Primera Edición. 2013. Bogotá. 209 págs.

- Saldarriaga Valderrama Juan Guillermo. Hidráulica de tuberías, Bogotá, Escala, 1988.

- Saldarriaga Valderrama Juan Guillermo. Torres Dueñas Luisa Fernanda. MÉTODOS DE DISEÑO EN REDES DE ALCANTARILLADO. UNIVERSIDAD DE LOS ANDES. BOGOTA D.C. 80 págs. Junio 2013

- Sánchez L. A. «Modelación integrada de sistemas de drenaje pluvial urbano en zonas predominantemente llanas». Tesis de Doctorado. Centro de Investigaciones Hidráulicas, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (Cujae). La Habana. Cuba, (2012).

- VEN TE, CHOW, Canales Abiertos. Nueva York, McGraw-Hill, 1968.

- VEN TE, CHOW, Hidráulica de Canales Abiertos. McGraw-Hill, 1988.

- Víctor M. Ponce. "Engineering Hydrology", Editorial Prentice Hall, 1989.

- Woodward, Sherman M. y Posey, Vharles J., Hydraulics of Steady Flow in Open Channels.