UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ

FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

"ANÁLISIS Y ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA Y LAS INCIDENCIAS QUE GENERAN SUS APORTES DE AGUAS RESIDUALES AL RÍO PORTOVIEJO''

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

MODALIDAD: INVESTIGACIÓN DIAGNÓSTICA O PROPOSITIVA

AUTORES:

ESPAÑA CHICA FABRICIO MANUEL

MEZA ALARCÓN DILMER ELÍAS

TUTOR:

ING. SANTIAGO QUIROZ FERNÁNDEZ Mg. Aa

PORTOVIEJO-MANABÍ-ECUADOR

DEDICATORIA

El haber conseguido otro logro académico no es más que el resultado de la integración de enseñanzas, valores e inspiración que personas valiosas cultivaron en el transcurso de mi carrera universitaria y como han influido en la forma que he aplicado y aplicaré mis conocimientos adquiridos. Dedico el fruto de este trabajo a:

Mi papá, Fabricio. La mayoría de mis virtudes te las debo a ti, simplemente eres la parte motora de todo esto. Gracias por enseñarme con amor a sobrellevar las circunstancias de la vida, y más que todo a desempeñar mis actividades con eficiencia, honestidad y de manera sobresaliente. Mi felicidad es grande porque conseguiste unos de tus sueños más anhelados el cual es mi profesionalización, ese camino aún no ha terminado y ten por seguro que seguiré instruyéndome día a día.

Mi mamá, Pierina. Me has enseñado el gran valor de la serenidad y la paciencia, gracias mami por siempre señalarme el camino correcto con infinito amor y cariño. Me inspiraste muchas veces a seguir adelante con más fuerza a pesar de las adversidades, eres grandiosa y te admiro. Junto a ti dedico también este logro a tu compañero de vida, José María, por su preocupación y los consejos que siempre me ha dado con sabiduría y comprensión.

Mi hermana, Nadeige. Cada alcance nuevo en mi vida es pensando en ti. Tendrás mi amor, protección y cariño eternamente mi pequeña.

Paquita y Chelita, porque aparte de ser mis abuelitas han desempeñado roles de madre conmigo. Les doy gracias por todo, sus consejos me ayudan a ser más responsable en todos los aspectos de la vida. Las quiero tanto y siempre estaré con ustedes.

Mis abuelos, Manuel y Vicente. Por su apoyo incondicional y valores inculcados.

Mi madre y hermano de corazón, Viviana y Rubi. Porque estuvieron en una etapa importante de mi vida, aprendí mucho de ustedes y siempre estaré agradecido de aquello. Cuenten conmigo en cualquier momento.

Mis tías y tíos. Betania, Fernanda, Martha, Manuel, Julio y Xavier. Llevo en mi persona cualidades de cada uno de ustedes y siempre han influido positivamente.

Josselin, mi novia. Porque en poco tiempo he aprendido muchas cosas buenas contigo, me has dado tanto apoyo y aquel último empujón que necesitaba para concluir esta etapa.

Todos mis primos, a quienes considero como hermanos.

Mis compañeros/hermanos: Anthony, Cesar y Elías. ¡Lo conseguimos!, todo en base a su amistad y apoyo, virtudes que siempre voy a admirar y agradecer de su parte. Esta demás decir que mi amistad para ustedes será eterna.

Todas aquellas personas que siempre me dieron un consejo o su compañía.

Fabricio M. España Chica

DEDICATORIA

Agradezco a Dios, el creador del universo por darme las fuerzas y sabiduría necesaria para seguir adelante en mi vida en todos los sentidos con fe y positivismo.

A mis padres, Dilmer Ricaurte Meza Intriago y Lilian Amarilis Alarcón Duran, quienes siempre han sido mi base de formación ética y moral y lo más importante en mi vida para lograr mis metas y objetivos.

A mis hermanos, María Victoria Meza Alarcón y Luis Gerardo Basurto Alarcón, por todo el apoyo familiar que siempre recibo por parte de ellos.

A mis amigos Anthony Álava, César Cedeño y mi amigo y compañero de tesis, Fabricio España, ya que con la gran amistad, aprecio y confianza me han ayudado a salir de muchos tiempos de preocupación y flaqueza, dándome apoyo y buenos ánimos en mi caminar universitario y privado. Sin el apoyo de ellos esta realización importante de mi vida no hubiese sido lo mismo ni hubiese conseguido los mismos logros que hoy por hoy me caracterizan y me forman como profesional y estudiante.

A mis familiares y amigos(as), con quienes he compartido buenos y malos momentos, siempre me supieron apoyar para poder continuar adelante en mi vida.

Dilmer Meza Alarcón

AGRADECIMIENTOS

Concluido el presente trabajo de titulación no podemos dejar de agradecer a todas aquellas personas que nos guiaron y estuvieron presentes en nuestro proceso de formación tanto profesional y humanístico.

Damos gracias infinitas a nuestro tutor, ingeniero Santiago Quiroz, quien aparte de brindarnos una excelente guía y criterio profesional, nos enseñó a desarrollar nuestras actividades eficazmente buscando siempre la excelencia. Estamos orgullosos de haber culminado nuestra etapa universitaria con sus instrucciones.

A nuestro revisor, ingeniero Lenin Mendoza, por su ayuda oportuna y gran disposición el desarrollo del presente trabajo de titulación.

A todos nuestros docentes, de manera especial a los ingenieros: Xavier Valencia, Carlos Villacreces e Iván Zevallos. Siempre pondremos en práctica sus conocimientos brindados.

A nuestros compañeros de clases por la ayuda conjunta para alcanzar los objetivos que siempre nos planteamos.

A nuestra alma máter, la Universidad Técnica de Manabí y la carrera de Ingeniería Civil por su camino progresivo hacia la excelencia y formarnos con la filosofía de ser profesionales exitosos.

Fabricio España Chica

Dilmer Meza Alarcón

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Quien suscribe la presente, Ing. Santiago Quiroz Fernández, docente de la Universidad Técnica de Manabí, de la Facultad de Ciencias Matemáticas Físicas y Químicas; en mi calidad de Tutor del trabajo de titulación "**ANÁLISIS Y ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA PARROQUIA ANDRES DE VERA Y LAS INCIDENCIAS QUE GENERAN SUS APORTES DE AGUAS RESIDUALES EN EL RÍO PORTOVIEJO**" desarrollada por los señores: **España Chica Fabricio Manuel** y **Meza Alarcón Dilmer Elías**; en este contexto, tengo a bien extender la presente certificación en base a lo determinado en el Art. 8 del reglamento de titulación en vigencia, habiendo cumplido con los siguientes procesos:

- Se verificó que el trabajo desarrollado por los profesionistas cumple con el diseño metodológico y rigor científico según la modalidad de titulación aprobada.
- Se asesoró oportunamente a los estudiantes en el desarrollo del trabajo de titulación.
- Presentaron el informe del avance del trabajo de titulación a la Comisión de Titulación Especial de la Facultad.
- Se confirmó la originalidad del trabajo de titulación.
- Se entregó al revisor una certificación de haber concluido el trabajo de titulación.
- Cabe mencionar que durante el desarrollo del trabajo de titulación los profesionistas pusieron mucho interés en el desarrollo de cada una de las actividades de acuerdo al cronograma trazado.

Particular que certifico para los fines pertinentes.

_____

Ing. Santiago Quiroz Fernández

TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

INFORME DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Luego de haber revisado el trabajo de titulación, en la modalidad de investigación diagnostica o propositiva y que lleva por tema: "**ANÁLISIS Y ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA Y LAS INCIDENCIAS QUE GENERAN SUS APORTES DE AGUAS RESIDUALES EN EL RÍO PORTOVIEJO**" desarrollado por los señores: **España Chica Fabricio Manuel** con C.I. 131218429-2 y **Meza Alarcón Dilmer Elías** con C.I. 1310850720 previo a la obtención del Título de INGENIERO CIVIL, bajo la tutoría y control del **Ing. Santiago Quiroz Fernández** y cumpliendo con todos los requisitos del nuevo **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ**, aprobada por el Honorable Consejo Universitario el 09 de Junio del 2015, cumplo con informar que en la ejecución del mencionado Trabajo de Titulación su autor:

1. Ha respetado los derechos de autor correspondiente a tener menos del 10% de similitud con otros documentos existentes en el repositorio.
2. Aplicó correctamente el Manual de Estilos de la Universidad Andina Simón Bolívar del Ecuador.
3. Las conclusiones guardan estrecha relación con los objetivos planteados.
4. El trabajo posee suficiente argumentación técnica-científica, evidenciada en el contenido bibliográfico consultado, y
5. Mantiene rigor científico en las diferentes etapas de su desarrollo.

Sin más que informar suscribo este documento no vinculante para fines legales pertinentes.

_____

Ing. Lenin Mendoza Bowen

REVISOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS MATEMÁTICAS, FÍSICAS Y QUÍMICAS

DECLARACIÓN SOBRE LOS DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, estudiantes de la Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Técnica de Manabí, declaramos en forma libre y voluntaria que el presente trabajo de titulación que versa sobre**: "ANALISIS Y ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ALCANTARILLADO SANITRIO Y PLUVIAL DE LA PARROQUIA ANDRES DE VERA Y LAS INCIDENCIAS QUE GENERAN SUS APORTES DE AGUAS RESIDUALES EN EL RIO PORTOVIEJO"**, así como las expresiones vertidas en el mismo son de autoría de los comparecientes.

En consecuencia, asumimos la responsabilidad de la originalidad de la misma y el cuidado respectivo a remitirse a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto. Atentamente,

Fabricio Manuel España Chica	Dilmer Elías Meza Alarcón

ÍNDICE

DEDICATORIA ..... **I**

AGRADECIMIENTOS ..... **IV**

CERTIFICACIÓN ..... **V**

INFORME DEL TRABAJO DE TITULACIÓN ..... **VI**

DECLARACIÓN SOBRE LOS DERECHOS DE AUTOR ..... **VII**

ÍNDICE ..... **VIII**

ÍNDICE DE TABLAS ..... **XII**

ÍNDICE DE FIGURAS ..... **XIV**

RESUMEN ..... **XVI**

ABSTRACT ..... **XVII**

1. TEMA **1**

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **2**

3. INMERSIÓN INICIAL EN EL CAMPO **3**

3.1. ANTECEDENTES **3**

3.2. JUSTIFICACIÓN **4**

3.3. MARCO TEÓRICO **5**

3.3.1. SISTEMAS DE ALCANTARILLADOS **5**

3.3.1.1. Sistemas de alcantarillados convencionales 5

3.3.1.2. Sistemas de alcantarillados no convencionales 5

3.3.2. DISPOSICIÓN DE REDES Y COLECTORES **6**

3.3.2.1. Trazado en bayoneta 6

3.3.2.2. Trazado en peine 7

3.3.2.3. Trazado perpendicular 7

3.3.2.4. Trazado en forma de interceptor 8

3.3.3. ELEMENTOS GENERALES QUE CONFORMAN LOS SISTEMAS DE ALCANTARILLADOS .8
3.3.3.1. Colectores 8
3.3.3.2. Emisario final o interceptor 9
3.3.3.3. Pozos de revisión 9
3.3.4. TRABAJOS PRELIMINARES PARA LA CONSTRUCCIÓN Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO 9
3.3.5. ALCANTARILLADO SANITARIO 10
3.3.5.1. Caudales de diseño 11
3.3.5.2. Población de diseño 13
3.3.5.3. Dotación de agua potable 14
3.3.5.4. Coeficiente de retorno 15
3.3.5.5. Área de drenaje 15
3.3.5.6. Consideraciones hidráulicas: Fórmula de Manning 16
3.3.5.7. Velocidad del flujo 17
3.3.5.8. Lámina de agua 18
3.3.5.9. Esfuerzo cortante 18
3.3.5.10. Régimen de flujo 19
3.3.5.11. Unión de los colectores 19
3.3.6. ALCANTARILLADO PLUVIAL 22
3.3.6.1. Caudal de diseño: El método racional 23
3.3.6.2. Intensidad de lluvia: Registros pluviométricos y su importancia 24
3.3.6.3. Parámetros estimados para el diseño hidráulico 26
3.3.6.4. Obras complementarias: Cunetas y sumideros 26
3.3.7. VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES A CUERPOS NATURALES DE AGUA 29
4. CONCEPCIÓN DEL DISEÑO DE ESTUDIO 31
4.1. OBJETIVOS 31
4.1.1. OBJETIVO GENERAL 31
4.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 31
4.2. METODOLOGÍA 32
4.2.1. TIPO DE ESTUDIO 32
4.2.2. TÉCNICAS A UTILIZAR 32
4.2.3. RECURSOS 33
4.2.3.1. Recursos Humanos 33
4.2.3.2. Recursos Materiales 33

4.2.3.3. Recursos financieros 33
4.2.4. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS Y CÁLCULO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO 34
4.2.4.1. Características de la red 34
4.2.4.2. Determinación de población y áreas de aporte 38
4.2.4.3. Estimación del caudal 39
4.2.4.4. Características hidráulicas del sistema 41
4.2.5. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA ALCANTARILLADO PLUVIAL 42
4.2.5.1. Estimación del caudal mediante el método racional 42
4.2.5.2. Características hidráulicas del sistema 44
4.2.5.3. Capacidad hidráulica de cunetas y sumideros 44
4.2.6. DETERMINACIÓN DE CAUDALES DE VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES AL RIO PORTOVIEJO 45
4.3. RESULTADOS DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN 46
4.3.1. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO 46
4.3.2. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL 89
4.3.3. CÁLCULO DE CAPACIDAD HIDRÁULICA DE CUNETAS Y SUMIDEROS 105
4.3.4. CAUDALES DE VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL RÍO PORTOVIEJO 106
5. DEFINICIÓN DE LA MUESTRA INICIAL DE ESTUDIO Y ACCESO A ESTA 109
6. RECOLECCIÓN DE DATOS 110
6.1. RECOLECCIÓN DE DATOS A TRAVÉS DE LA ENCUESTA 110
6.2. RECOLECCIÓN DE DATOS A TRAVÉS DE LA ENTREVISTA 112
7. ANÁLISIS DE DATOS 113
7.1. ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA ENCUESTA 113
7.2. ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA ENTREVISTA 114
8. INTERPRETACIÒN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS 115
9. ELABORACIÓN DEL REPORTE DE RESULTADOS 116
9.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 116
9.1.1. CONCLUSIONES 116

9.1.2. RECOMENDACIONES 118

10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 119

11. BIBLIOGRAFÍA 121

12. ANEXOS 123

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 3.1.- DIÁMETROS DE POZOS DE REVISIÓN RECOMENDADOS 9
TABLA 3.2.- NIVELES DE SERVICIO DE ALCANTARILLADOS SANITARIOS 10
TABLA 3.3.- CAUDAL POR INFILTRACIÓN DE ACUERDO AL NIVEL FREÁTICO DEL TERRENO 13
TABLA 3.4.- DOTACIONES DE AGUA POTABLE PARA LA ZONA RURAL 14
TABLA 3.5.- DOTACIONES DE AGUA POTABLE PARA LA ZONA URBANA 14
TABLA 3.6.- COEFICIENTES DE RUGOSIDAD RECOMENDADOS EN FUNCIÓN DEL MATERIAL DE LA TUBERÍA 17
TABLA 3.7.- VELOCIDADES PERMISIBLES 17
TABLA 3.8.- COEFICIENTE K EN POZOS DE UNIÓN CON CAÍDA 21
TABLA 3.9.- NIVELES DE SERVICIO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADOS PLUVIALES 23
TABLA 3.10.- VALORES DE COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA PARA DIFERENTES TIPOS DE SUPERFICIE 24
TABLA 4.1.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO A 46
TABLA 4.1.1.- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO A 48
TABLA 4.2.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO B 50
TABLA 4.2.1.- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO B 51
TABLA 4.3.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO C 53
TABLA 4.3.1.- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO C 54
TABLA 4.4.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO D 55
TABLA 4.4.1.- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO D 56
TABLA 4.5.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO E 57
TABLA 4.5.1.- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO E 59
TABLA 4.6.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO F 61
TABLA 4.6.1.- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO F 63
TABLA 4.7.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO G 65
TABLA 4.7.1.- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO G 67
TABLA 4.8.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO H 69
TABLA 4.8.1.- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO H 70
TABLA 4.9.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO I 72
TABLA 4.9.1.- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO I 73
TABLA 4.10.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO J 74
TABLA 4.10.1.- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO J 75

TABLA 4.11.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO AA 77
TABLA 4.11.1.- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO AA 78
TABLA 4.12.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO AB.....80
TABLA 4.12.1- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO AB 81
TABLA 4.13.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO AC 82
TABLA 4.13.1.- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO AC 83
TABLA 4.14.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO BA.....86
TABLA 4.14.1.- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO BA 87
TABLA 4.15.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO A 89
TABLA 4.15.1.- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO A 90
TABLA 4.16.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO B.....92
TABLA 4.16.1.- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO B 93
TABLA 4.17.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO C 95
TABLA 4.17.1.- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO C 96
TABLA 4.18.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO D 97
TABLA 4.18.1.- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO D 98
TABLA 4.19.- ESTIMACIÓN DE CAUDAL Y ANÁLISIS DEL CIRCUITO E.....100
TABLA 4.19.1.- EVALUACIÓN DEL CIRCUITO E 102
TABLA 4.20.- CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LAS CUNETAS DE LA ZONA DE ESTUDIO 105
TABLA 4.21- CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DE LOS SUMIDEROS DE LA ZONA DE ESTUDIO.....105
TABLA 4.22.- CAUDALES DE VERTIMIENTO DE AGUAS RESIDUALES AL RÍO PORTOVIEJO .106
TABLA 6.1 RESUMEN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA ENCUESTA.....110

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 3.1.- TRAZADO EN BAYONETA 6
FIGURA 3.2.- TRAZADO EN PEINE 7
FIGURA 3.3.- TRAZADO PERPENDICULAR 7
FIGURA 3.4.- TRAZADO EN FORMA DE INTERCEPTOR 8
FIGURA 3.5.- REBOSE EN POZO DE REVISIÓN DE ALCANTARILLADO SANITARIO PRODUCTO DE CONEXIÓN ERRADA EN LA CIUDAD DE PORTOVIEJO 13
FIGURA 3.6.- ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS APORTANTES MEDIANTE EL TRAZO DE MEDIATRICES EN MANZANAS 15
FIGURA 3.7.- ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN DE ÁREAS APORTANTES EN ALCANTARILLADO SIMPLIFICADO 16
FIGURA 3.8.- LÁMINA DE AGUA 18
FIGURA 3.9.- UNIÓN DE COLECTORES POR COTA CLAVE 20
FIGURA 3.10.- UNIÓN DE COLECTORES POR LÍNEA DE ENERGÍA 20
FIGURA 3.11.- UNIÓN PARA FLUJO SUPERCRÍTICO EN ESTRUCTURA CON CAÍDA Y ENTRADA NO SUMERGIDA 21
FIGURA 3.12.- UNIÓN PARA FLUJO SUPERCRÍTICO EN ESTRUCTURA CON CAÍDA Y ENTRADA SUMERGIDA 22
FIGURA 3.13.- CURVA TÍPICA DE INTENSIDAD, DURACIÓN Y FRECUENCIA PARA PERIODOS DE RETORNO DE 5, 10 Y 25 AÑOS 26
FIGURA 3.14.- CUNETA TRIANGULAR 27
FIGURA 3.15.- SUMIDERO TIPO CUNETA 28
FIGURA 3.16.- SUMIDERO TIPO VENTANA 29
FIGURA 4.1.- DISPOSICIÓN DE COLECTORES A MANERA DE INTERCEPTOR EN LA ZONA DE ESTUDIO 34
FIGURA 4.2.- DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO EN GOOGLE EARTH 35
FIGURA 4.3.- INTERFAZ DE INICIO DE SOFTWARE GLOBAL MAPPER 35
FIGURA 4.4.- IMPORTACIÓN DEL TRAZADO A GLOBAL MAPPER 36
FIGURA 4.5.- PÁGINA WEB DE LA U.S GEOLOGICAL SURVEY 36
FIGURA 4.6.- CONFIGURACIÓN DE PRECISIÓN EN CURVAS DE NIVEL 37
FIGURA 4.7.- CONFIGURACIÓN DE FORMATO DE SALIDA DE LAS CURVAS DE NIVEL 37
FIGURA 4.8.- CURVAS DE NIVEL GENERADAS 38
FIGURA 4.9.- PLANO DE DISTRIBUCIÓN CATASTRAL EN LA ZONA DE ESTUDIO 39

FIGURA 4.11.- CURVAS DE INTENSIDAD, DURACIÓN Y FRECUENCIA DE LA ZONA DE ESTUDIO 43
FIGURA 4.12.- VISTA FRONTAL DE SUMIDERO TIPO VENTANA DE LA ZONA DE ESTUDIO 44
FIGURA 4.13.- CIRCUITO A 46
FIGURA 4.14.- CIRCUITO B 50
FIGURA 4.15.- CIRCUITO C 53
FIGURA 4.16.- CIRCUITO D 55
FIGURA 4.17.- CIRCUITO E 57
FIGURA 4.18.- CIRCUITO F 61
FIGURA 4.19.- CIRCUITO G 65
FIGURA 4.20.- CIRCUITO H 69
FIGURA 4.21.- CIRCUITO I 72
FIGURA 4.22.- CIRCUITO J 74
FIGURA 4.23.- CIRCUITO AA 76
FIGURA 4.23.1.- CIRCUITO AA 76
FIGURA 4.23.2.- CIRCUITO AA 77
FIGURA 4.24.- CIRCUITO AB 80
FIGURA 4.25.- CIRCUITO AC 82
FIGURA 4.26.- CIRCUITO BA 85
FIGURA 4.26.1.- CIRCUITO BA 85
FIGURA 4.26.2.- CIRCUITO BA 86
FIGURA 4.27.- CIRCUITO A 89
FIGURA 4.28.- CIRCUITO B 91
FIGURA 4.28.1.- CIRCUITO B 91
FIGURA 4.29.- CIRCUITO C 95
FIGURA 4.30.- CIRCUITO D 97
FIGURA 4.31.- CIRCUITO E 99
FIGURA 4.31.1.- CIRCUITO E 99
FIGURA 4.31.2.- CIRCUITO E 100
FIGURA 4.32.- ÁREA DE AFECTACIÓN DEL EMISARIO FINAL A (PUENTE CHILE) 106
FIGURA 4.33.- ÁREA DE AFECTACIÓN DEL EMISARIO FINAL B Y C (PUENTE SAN JOSÉ) 107
FIGURA 4.34.- ÁREA DE AFECTACIÓN DEL EMISARIO FINAL D (PUENTE VELASCO IBARRA) 107
FIGURA 4.35.- ÁREA DE AFECTACIÓN DEL EMISARIO FINAL E (SECTOR APOLO) 108

RESUMEN

El presente trabajo de titulación contiene el análisis del funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de la parroquia Andrés de Vera, cantón Portoviejo, con la finalidad de proponer alternativas de solución mediante la identificación de sus ventajas e insolvencias.

El estudio se basa en el cálculo da las características hidráulicas de la red a través de la determinación de parámetros tales como, las condiciones socioeconómicas de la población de aporte, topografía de la zona y especificaciones técnicas de sus elementos.

Los resultados del análisis señalan, como uno de los inconvenientes, la unión no adecuada de los colectores con los pozos de inspección en función al régimen de flujo en la fase del diseño del proyecto, principalmente en zonas con pendientes pronunciadas.

La investigación también indica la subestimación en el cálculo y asignación de diámetros de los colectores correspondientes al alcantarillado pluvial, producto de no haber considerado en su totalidad el caudal que aportan las áreas de drenaje aguas arriba de acuerdo a las máximas intensidades de lluvia. Asimismo, otra problemática identificada es la disposición de aguas residuales al río Portoviejo por medio de los emisarios finales de dicho sistema.

Las propuestas de solución, producto de la evaluación, acogen como referencia al código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias, junto a los estudios hidrológicos realizados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), y demás bibliografía referente a la construcción, diseño y análisis de sistemas de alcantarillados.

ABSTRACT

This thesis presents the analysis of the sanitary and storm sewer located in Andrés Vera parish, Portoviejo city, in order to propose solutions through the identification of advantages and insolvencies.

The study is based in the calculation of hydraulic characteristics of the systems, determining parameters such as, socio-economical conditions of the population, topography of the area and technical specifications of the elements.

The results of the analysis indicate, as one of the disadvantages, the not adequately connection between the collectors and the manholes depending on the regime of flow in the design phase of the project, mainly in areas with steep slopes.

The research also indicates the underestimation in the calculation and allocation of diameters of the storm sewer's pipes, product of not considering in its entirety the upstream drainage areas in function of the maximum intensities of rain. Another problem identified is the disposal of wastewater into the Portoviejo river through the emissaries of this system.

The proposed solutions, product of the assessment, take as reference the ecuadorian code for the design and construction of waterworks, hydrological studies conducted by the Instituto Nacional de Metereología e Hidrología (INAMHI), and other bibliographies about the construction, design and analysis of sewage systems.

1. TEMA

“ANÁLISIS Y ESTUDIO DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA PARROQUIA ANDRÉS DE VERA Y LAS INCIDENCIAS QUE GENERAN SUS APORTES DE AGUAS RESIDUALES AL RIO PORTOVIEJO’’

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el cantón Portoviejo el alcantarillado tiene una cobertura del 50,4%[1], dato que prevalece contemplar para llevar a cabo proyectos sanitarios de alta eficiencia para el progreso urbano de la ciudad.

En la parroquia Andrés de Vera, donde las redes de dichos sistemas han sido diseñadas y construidas por diferentes consultorías y administraciones en varias ocasiones, han dado lugar a la combinación de distintos trazados bajo diferentes conceptos de funcionamiento.

Lo anteriormente mencionado, más el asentamiento de la población fuera de la franja urbana y en puntos adyacentes al río Portoviejo permite las conexiones de tuberías que transportan aguas lluvias al alcantarillado sanitario o viceversa, contribuyendo al vertimiento de aguas residuales en varias concentraciones al afluente, cuyo cuerpo receptor es usado para el abastecimiento del líquido vital en varios cantones aguas abajo de su cauce.

3. INMERSIÓN INICIAL EN EL CAMPO

3.1. ANTECEDENTES

Andrés de Vera es una de las parroquias principales y de gran extensión territorial en la ciudad de Portoviejo, abarca aproximadamente setenta ciudadelas en las cuales se pueden referenciar como lugares estratégicos el Terminal Terrestre, la Universidad San Gregorio y la base del ejército ecuatoriano en Manabí.

Según la Secretaria Nacional del Agua (SENAGUA) los sistemas de alcantarillados sanitarios y pluviales de la parroquia han sido diseñados y construidos en tres ocasiones: 1975, 1998 y 2004, con consultorías del Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias (IEOS), la empresa Ina-Bronco y administraciones de la Corporación Reguladora del Manejo Hídrico de Manabí (CRM) y la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Portoviejo (EPMAPAP).

En la actualidad se encuentra en funcionamiento parcial el sistema construido en 1998 y el del año 2004 en su totalidad, contemplando cada uno diferentes esquemas de diseño y parámetros técnicos considerados para su construcción, como la población futura de diseño, materiales empleados en sus elementos y áreas de drenaje aportantes.

Las condiciones topográficas y la proximidad de la parroquia con el río Portoviejo ha brindado facilidad en el vertimiento de aguas de origen pluvial al mismo. Sin embargo, la falta de planificación en las zonas urbanas e incumplimiento de las normativas locales por parte de los habitantes, resulta en la conexión de tuberías en las que fluyen aguas residuales en el alcantarillado pluvial por la ausencia de cobertura del alcantarillado sanitario en ciertas zonas, descargando estos contaminantes a la corriente superficial.

3.2. JUSTIFICACIÓN

Los alcantarillados son infraestructuras básicas y necesarias para el desarrollo y saneamiento ambiental de una población. Una de las principales competencias del ingeniero civil es el diseño, construcción y mantenimiento de dichos sistemas, en los que tomando en consideración su criterio técnico, profesional y normativo dan énfasis a un correcto desarrollo del proyecto.

El presente trabajo ha sido propuesto con la finalidad de evaluar el funcionamiento de las redes de alcantarillados sanitario y pluvial de la parroquia Andrés de Vera, bajo los parámetros con los que se encuentran operando en la actualidad y las incidencias que causan la disposición de sus aguas residuales al río Portoviejo.

Se tiene como preliminares los planos catastrales proporcionados por el Departamento de Planificación Territorial del municipio de la ciudad de Portoviejo, y los planos de las especificaciones técnicas de los sistemas de alcantarillados brindados por la EPMAPAP para establecer las áreas de aporte de aguas residuales y escorrentías superficiales a los tramos de tuberías correspondientes, materiales de construcción de los colectores y pozos de inspección. Así también se cuenta con datos pluviométricos obtenidos en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI) para identificar las características de las precipitaciones en la zona como intensidad, duración y frecuencia de lluvia.

Mediante los resultados de la evaluación hidráulica con sustento en las normativas locales para el diseño y ecuaciones para el cálculo hidráulico, se puede determinar los puntos a favor y en contra sus elementos.

3.3. MARCO TEÓRICO

3.3.1. Sistemas de alcantarillados

Se conoce como sistemas de alcantarillados a la red de tuberías y obras complementarias cuya función es interceptar las aguas residuales o de escorrentía pluvial que se producen en una localidad y transportarlas desde donde se originan hasta el punto de tratamiento o de vertimiento a una escorrentía superficial según corresponda. A estos sistemas se los puede clasificar en dos tipos: convencionales y no convencionales[2].

3.3.1.1. Sistemas de alcantarillados convencionales

Los alcantarillados convencionales son sistemas que se caracterizan por su efectividad ya que han sido ampliamente estudiados y estandarizados. Deben brindar flexibilidad y facilidad en su mantenimiento por la variación de los parámetros que definen su caudal de aporte. Según el tipo de residual que conduzcan se clasifican en:

- **Alcantarillado separado. -** Es aquel sistema de alcantarillado donde se independiza la recolección, evacuación y disposición final de aguas residuales y aguas lluvias.
- **Alcantarillados combinados. -** Se denomina así al diseño del sistema que evacua las aguas residuales y lluvias de manera simultánea, es decir, en una misma tubería y/o colector.
- **Alcantarillado mixto. -** Es la combinación de los dos sistemas mencionados anteriormente.

3.3.1.2. Sistemas de alcantarillados no convencionales

Los alcantarillados no convencionales son utilizados en poblaciones cuyos niveles socioeconómicos son limitados y requieren de un mantenimiento con mayor frecuencia. Los alcantarillados simplificados y condominiales son ejemplos de este tipo de sistemas,

los cuales se usan para la recolección de aguas residuales en áreas con reducido número de habitantes.

3.3.2. Disposición de redes y colectores

La disposición de redes y colectores se realiza delimitando su trazado sobre vías principales y secundarias, esquematizándolos con una flecha para indicar la dirección de la corriente en función de la pendiente de la superficie del terreno. Los trazados más comunes de acuerdo a las características topográficas del terreno son: en bayoneta, en peine, perpendicular y en forma de interceptor[3].

3.3.2.1. Trazado en bayoneta

Se denomina de esta manera al trazo que sigue una dirección en zigzag o escalera, son recomendados en terrenos de topografía plana donde puedan presentarse bajas velocidades.

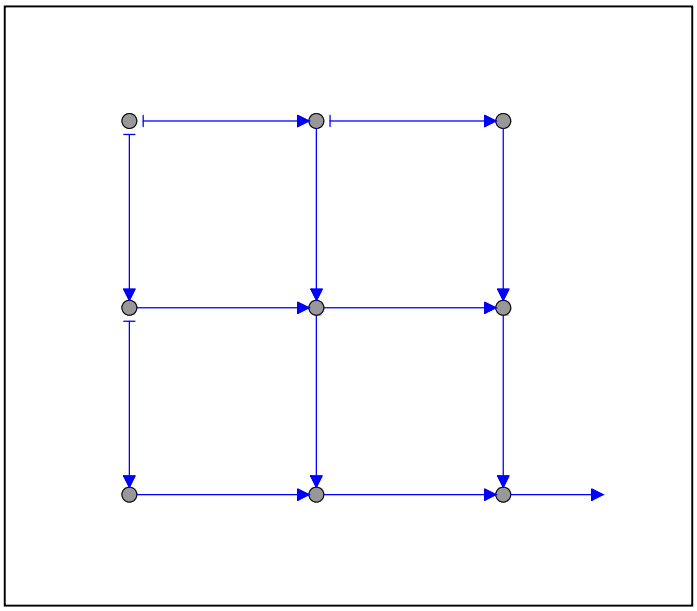


Figura 3.1.- Trazado en bayoneta
Fuente: Alcantarillado, Jorge Luis Lara González
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

3.3.2.2. Trazado en peine

Este trazo se utiliza generalmente cuando hay varios colectores con predisposiciones de paralelismo y descargan en un interceptor perpendicular a los mismos.

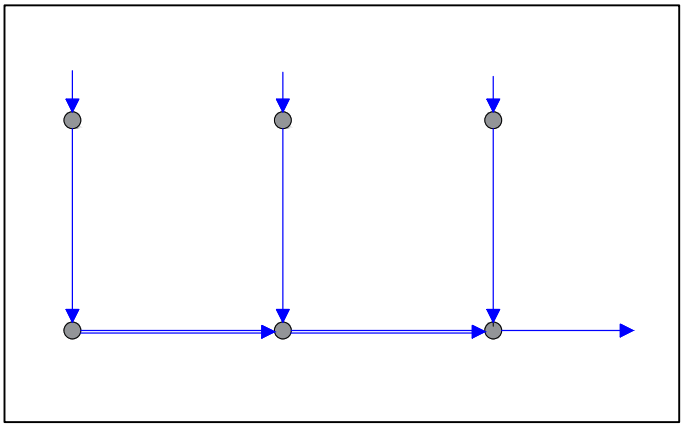


Figura 3.2.- Trazado en peine
Fuente: Alcantarillado, Jorge Luis Lara González
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

3.3.2.3. Trazado perpendicular

El trazo perpendicular se plantea cuando una zona está localizada a lo largo de una corriente y la pendiente del terreno tiende hacia ella, ubicando los colectores de forma perpendicular a la misma.

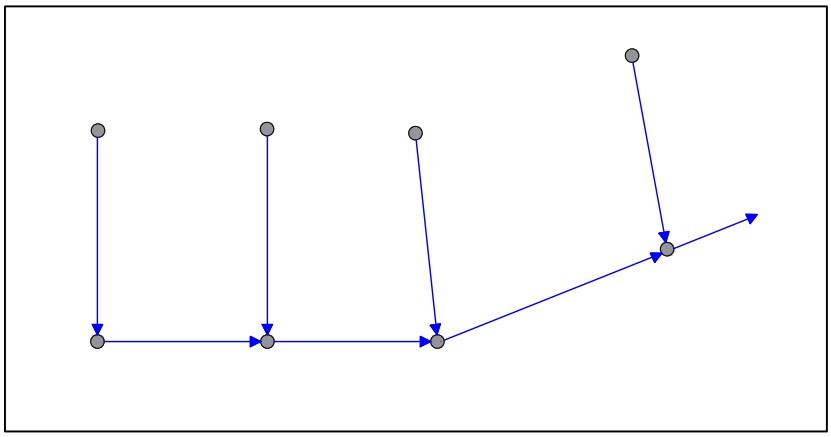


Figura 3.3.- Trazado perpendicular
Fuente: Alcantarillado, Jorge Luis Lara González
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

3.3.2.4. Trazado en forma de interceptor

El trazo en forma de interceptor se lo lleva a cabo cuando la topografía del terreno no presente grandes desniveles y los colectores se conectan a un interceptor que conduce el agua a una planta de tratamiento.

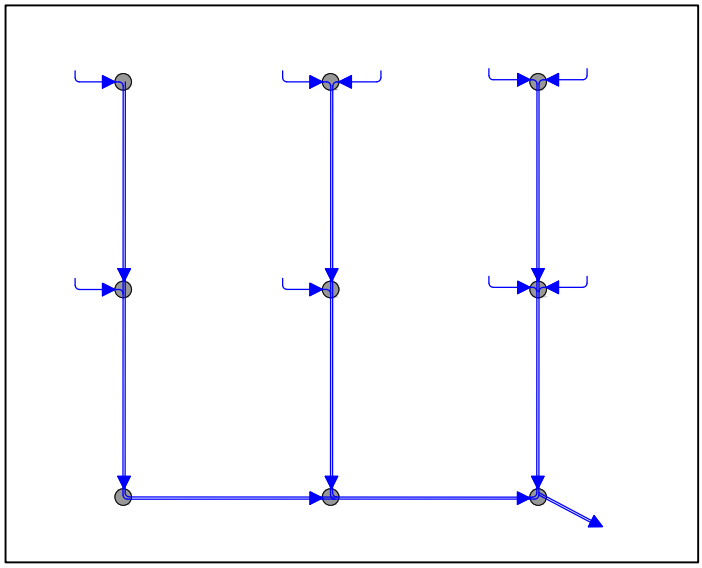


Figura 3.4.- Trazado en forma de interceptor
Fuente: Alcantarillado, Jorge Luis Lara González
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

3.3.3. Elementos generales que conforman los sistemas de alcantarillados

Cada uno de los componentes de la red de alcantarillado cumplen una función distinta y de manera integral para la conducción y remoción de aguas residuales. Entre ellos los más importantes son: colectores, emisarios finales o interceptores y los pozos de revisión.

3.3.3.1. Colectores

Se denomina colector a la tubería en la que varios ramales concurrentes al mismo vierten sus aguas residuales. Por el orden y tipo de recolección los colectores se dividen en principales, secundarios y terciarios[4]:

- **Colector terciario. -** Recibe el caudal proveniente de los domicilios.
- **Colector secundario. -** Recibe el desagüe de los colectores terciarios.
- **Colector principal. -** Recoge el caudal de dos o más colectores secundarios.

3.3.3.2. Emisario final o interceptor

Es un colector de diámetro mayor al de sus aferentes que se encarga de conducir las aguas de origen residual o pluvial hacia una planta de tratamiento o cuerpo receptor respectivamente.

3.3.3.3. Pozos de revisión

Los pozos de revisión son estructuras cilíndricas construidas típicamente de hormigón. Su función principal es permitir el mantenimiento de los sistemas de alcantarillado, sea este manual o mecánico, ubicándolos en los cambios de pendiente y dirección de la red. Los diámetros recomendados de pozos de revisión son los siguientes:

Tabla 3.1.- Diámetros de pozos de revisión recomendados

Diámetro de la tubería (mm)	Diámetro del pozo (m)
Menor o igual a 550	0,90
Mayor a 550	Diseño especial

Fuente: Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias.
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

La distancia máxima entre pozos de revisión es de 100 m en colectores con diámetros menores a 350 mm; 150 m para diámetros entre 400 y 800 mm y 200 m para diámetros mayores a 800 mm[5].

3.3.4. Trabajos preliminares para la construcción y diseño de un sistema de alcantarillado

El diseño y construcción conlleva el conocimiento de ciertas características de la población a atender. Se debe realizar investigaciones para estimar la cantidad de aguas

residuales que probablemente se producirán y el sitio donde se las podrá evacuar, determinar; suministros de materiales, precios de transporte, mano de obra, condición del subsuelo, presencia de las redes que estén en servicio, situación de las cimentaciones y nivel freático, factores que permitirán definir el capital necesario de inversión en el proyecto[6].

Para el diseño se necesita realizar el trabajo topográfico en fin de obtener la siguiente información: tipo de pavimento, distribución catastral de la zona y perfiles de calles principales y secundarias. Las curvas de nivel dependerán de la topografía del terreno, siendo recomendable entre 1,50 a 3,00 metros[6].

3.3.5. Alcantarillado sanitario

El sistema de alcantarillado sanitario es aquella red de colectores e interceptores que se encarga recibir, conducir y evacuar las aguas residuales de una localidad cuyos componentes se encuentran afectados de manera negativa por actividades antropogénicas. Según el código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias, los sistemas de alcantarillado sanitario se clasifican en los siguientes niveles de servicio de acuerdo al tipo de población a atender:

Tabla 3.2.- Niveles de servicio de alcantarillados sanitarios

Nivel 1	- Se emplean tanques sépticos o fosas húmedas. - No se utilizan cajas y pozos de revisión convencionales. - El diámetro mínimo de las tuberías es de 75mm.
Nivel 2	- Sistemas con tuberías de hormigón simple de diámetro mínimo de 100 mm. - Se utilizan cajas de mampostería de poca profundidad.

	- Solo se hace uso de alcantarillado convencional para las líneas matrices o emisarios finales.
Nivel 3	- El trazado comprende red de tuberías y colectores. - En ciertas zonas se puede utilizar el diseño del nivel 2 pero con diámetro mínimo de 150 mm, especialmente en presencia de topografía plana.

Fuente: Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias.
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

3.3.5.1. Caudales de diseño

El caudal de diseño comprende la suma del caudal máximo horario, caudal producido por infiltración y por conexiones erradas[5]. El caudal máximo horario corresponde al mayor gasto originado en el transcurso de un día, resulta de la mayorización del caudal medio el cual es la integración del caudal de aguas residuales; domésticas, industriales, institucionales y comerciales.

- **Aguas residuales domésticas. -** Las aguas residuales domésticas son aquellas procedentes de regaderas, lavadores, inodoros, y demás elementos pertenecientes a residencias. Este residual está constituido por sólidos suspendidos, nutrientes (nitrógeno y fosforo), sólidos sedimentables y organismos patógenos. Se puede expresar de la siguiente manera:

$$Q_{dom} = \frac{c * Dot * D * A}{86400} \quad (3.1)$$

Donde:

c = coeficiente de retorno

Dot = dotación de agua potable

D = densidad poblacional

A = área de drenaje

- **Aguas residuales de origen industrial. -** Son las aguas residuales que provienen de actividades que involucran fabricación o transformación de materias primas haciendo uso de procesos físicos y/o químicos, presentan características particulares de acuerdo al tipo de industria. El aporte promedio es de 0,4 a 1,5 l/s*ha, dependiendo del tamaño de la población[4].
- **Aguas residuales de origen comercial. -** Son los residuales provenientes de zonas comerciales. Aportan en su mayoría fluidos grasos y, en ciertos casos, residuos químicos. De acuerdo a las actividades económicas que se desarrollan en el área el caudal producido es de 0,4 a 0,5 l/s*ha[4].
- **Aguas residuales de origen institucional. –** Concierne a los líquidos residuales producidos en entidades institucionales. El aporte de aguas residuales de esta clase está en función del tipo de organismo, como; escuelas, colegios, hoteles, hospitales, etc. y el tamaño de la misma. Puede adoptarse un aporte medio diario entre 0,4 y 0,5 l/s*ha[4].

Para efecto de mayorización del caudal medio en las poblaciones menores a 1000 habitantes se puede usar la ecuación empírica de Babbitt[7]:

$$Q_{max\,h} = Q_{med}\frac{5}{p^{0,2}} \tag{3.2}$$

Poblaciones que comprenden mil a un millón de habitantes se emplea la ecuación de Harmon[4]

$$Q_{max\,h} = Q_{med}\frac{18+\sqrt{p}}{4+\sqrt{p}} \tag{3.3}$$

Donde p se expresa en miles de habitantes.

Para caudales comprendidos entre 2,8 l/s y 28 m^3/s el factor pico se puede determinar mediante la ecuación de Los Ángeles[4]:

$$Q_{max\,h} = Q_{med}\frac{3,53}{Q_{med}^{0,0914}} \tag{3.4}$$

- **Caudal por infiltración. -** Es el volumen de agua procedente del nivel freático del suelo que se infiltra en la red[4], las tasas de infiltración recomendadas son:

Tabla 3.3.- Caudal por infiltración de acuerdo al nivel freático del terreno

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

Fuente: RAS 2000
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

- **Caudal por conexiones erradas. -** Aporte de caudal estimado que proviene de las conexiones de las aguas lluvias domiciliarias y conexiones clandestinas, puede variar de 0,1 a 0,2 l/s*ha[4].

Figura 3.5.- Rebose en pozo de revisión de alcantarillado sanitario producto de conexión errada en la ciudad de Portoviejo
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

3.3.5.2. Población de diseño

La población contemplada para el diseño y cálculo de una red de alcantarillado sanitario corresponde a la proyectada para el término del periodo de diseño, establecidos por los métodos de crecimiento poblacional correspondientes. La densidad poblacional (número de habitantes en una determinada área), es:

$$D = \frac{\text{Pob}}{\text{A}} \tag{3.5}$$

Donde:

D = densidad poblacional

Pob = número de habitantes

A = área de la zona

3.3.5.3. Dotación de agua potable

Las dotaciones recomendadas, en función al tipo de clima y número de habitantes para zonas rurales y urbanas son las siguientes:

Tabla 3.4.- Dotaciones de agua potable para la zona rural

Nivel de servicio	Clima frio (l*hab*día)	Clima cálido (l*hab*día)
Ia	25	30
Ib	50	65
IIa	60	85
IIb	75	100

Fuente: Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

Tabla 3.5.- Dotaciones de agua potable para la zona urbana

Población (número de habitantes)	Clima	Dotación (l*hab*día)
Hasta 5000	Frío	120-150
	Templado	130-160
	Cálido	170-200
5000 a 50000	Frío	80-200
	Templado	190-220
	Cálido	200-230
más de 50000	Frío	>200
	Templado	>220
	Cálido	>230

Fuente: Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

3.3.5.4. Coeficiente de retorno

Se entiende como coeficiente de retorno a la relación entre volumen de agua consumida per cápita y la dotación de diseño de agua potable, esta se encuentra entre el 60 y 85% aproximadamente [8].

$$c = \frac{V_c}{Dot} \tag{3.6}$$

Donde:

Vc = volumen de agua consumida (l*hab*día)

3.3.5.5. Área de drenaje

Las áreas que tributan agua residual a cada colector son las adyacentes a cada uno de ellos, se determinan mediante el trazo de mediatrices en cada manzana o regiones de la misma que tienen alcance a la red *(Figura 3.6)*. Para alcantarillados sanitarios simplificados se consideran las áreas que tienen alcance a las cajas de revisión que posteriormente se conectan a un colector *(Figura 3.7)*[4].

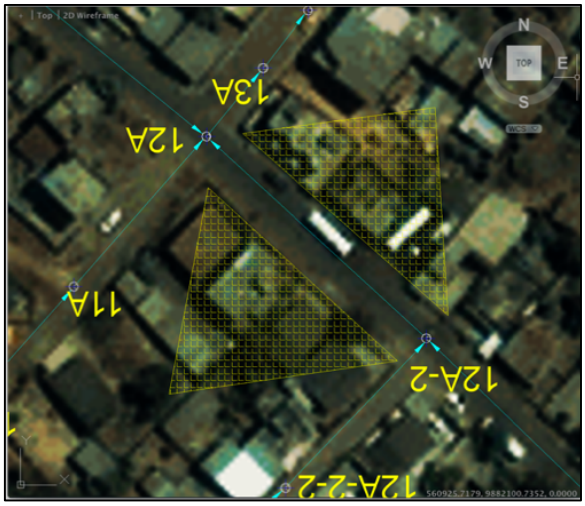


Figura 3.6.- Esquema de distribución de áreas aportantes mediante el trazo de mediatrices en manzanas

Fuente: Autores del trabajo de titulación

Elaboración propia

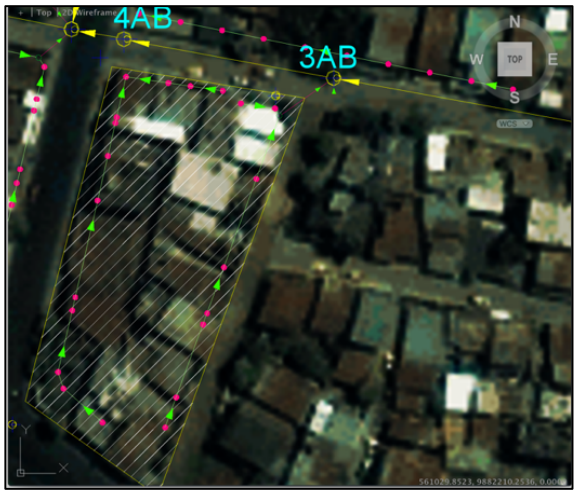


Figura 3.7.- Esquema de distribución de áreas aportantes en alcantarillado simplificado
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

3.3.5.6. Consideraciones hidráulicas: Fórmula de Manning

Los colectores trabajan como canales y no como tuberías a presión, a excepción de los sifones invertidos y tuberías de impulsión en estaciones de bombeo. Para el dimensionamiento de tuberías en alcantarillados se estima que el cambio en la profundidad del flujo con respecto al tiempo y al espacio es constante, es decir, este es uniforme y permanente.

La ecuación convencional utilizada para el cálculo hidráulico de un sistema de alcantarillado es la fórmula de Manning[4], enunciada por el ingeniero irlandés Robert Manning en 1889, y establece lo siguiente:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \tag{3.7}$$

si se expresa en función del caudal:

$$Q = 0{,}312 \left(\frac{D^{8/3} S^{1/2}}{n} \right) \tag{3.7.1}$$

y en función del diámetro:

$$D = 1{,}548 \left(\frac{nQ}{S^{1/2}} \right)^{3/8} \tag{3.7.2}$$

Donde:

V = velocidad media en la sección (m/s)

R = radio hidráulico para la sección a tubo lleno (m)

S = pendiente de la línea de energía (m/s)

n = coeficiente de rugosidad de Manning

Q = caudal (m3/s)

D = diámetro calculado del colector (m)

- **Coeficiente de rugosidad. -** La rugosidad presente en los colectores de un sistema de alcantarillado depende del acabado del material con que están construidos sus colectores y el tiempo de uso. La selección de un valor erróneo del mismo puede resultar en un sobredimensionamiento o incapacidad de la tubería. Con el transcurso del tiempo, el transporte de aguas residuales produce el crecimiento de capas de biomasa en las paredes de la tuberia, lo que permite la definición de un coeficiente de rugosidad específico[4].

Tabla 3.6.- Coeficientes de rugosidad recomendados en función del material de la tubería

Material	Coeficiente de rugosidad
Hormigón Simple	0,013
Asbesto Cemento	0,011
Plástico	0,011

Fuente: Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

3.3.5.7. Velocidad del flujo

La velocidad del debe ser la apropiada para evitar la sedimentación de sólidos que componen el agua residual, así como también impedir la erosión de los colectores causado por velocidades altas. Los rangos permisibles se muestran a continuación:

Tabla 3.7.- Velocidades permisibles

Material	Rango de Velocidades (m/s)
Hormigón simple con unión de mortero	0,45 - 4
Hormigón simple con unión de neopreno para nivel freático alto.	0,45 - 4

Asbesto cemento	0,45 - 5
PVC	0,45 - 4,5

Fuente: Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias
Elaboración: Autores del trabajo de titulación.

3.3.5.8. Lámina de agua

Se recomienda que en los sistemas de alcantarillado sanitario la altura de lámina de agua no sea mayor al 80% con respecto al diámetro de la tubería, esto es debido a la corrosión que se puede originar en la corona producida por la presencia de acido sulfúrico, producto de la poca ventilación en el sistema[9].

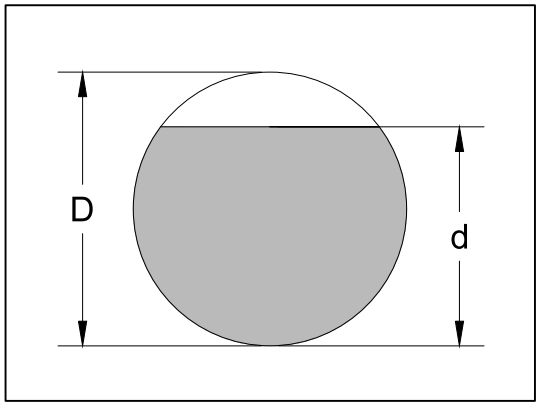


Figura 3.8.- Lámina de agua
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

3.3.5.9. Esfuerzo cortante

El esfuerzo cortante representa la fuerza tangencial del sedimento sobre la superficie de contacto. El cálculo de este parámetro en un sistema de alcantarillado es elemental para verificar la condición de auto limpieza de los colectores[10]. Se calcula mediante la ecuación:

$$\tau = \delta * R * S \qquad (3.8)$$

Donde:

τ = esfuerzo cortante (kg/m2)

δ = peso específico del agua residual

3.3.5.10. Régimen de flujo

Considerando que los alcantarillados funcionan como canales, el régimen de flujo está determinado por la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas de gravedad[11]. Esta relación se puede representar con el número adimensional de Froude, propuesto por el arquitecto naval William Froude y representado en la siguiente fórmula:

$$\mathrm{NF} = \frac{\mathrm{Vr}}{\sqrt{\mathrm{gH}}} \tag{3.9}$$

Donde:
Vr = velocidad media del flujo (m/s)
H = profundidad hidráulica
g = fuerza de la gravedad (9,8 m/s^2)

El número de Froude indica tres estados de flujo:

- **Régimen supercrítico. -** Se presenta cuando es mayor a la unidad, donde las fuerzas inerciales se vuelven dominantes y el flujo tiene una alta velocidad.
- **Régimen subcrítico. -** Si el número de Froude es menor que la unidad el flujo es subcrítico, por lo tanto, las fuerzas de gravitacionales tendrán mayor incidencia.
- **Régimen crítico. -** Cuando el número de Froude es igual a la unidad, indicando un equilibrio entre las fuerzas de gravedad y las fuerzas de inercia.

3.3.5.11. Unión de los colectores

Los criterios utilizados para la unión de colectores son: unión por cota clave y unión por la línea de energía[12], presentando cada uno limitaciones detalladas a continuación:

- **Unión por cota clave. -** Consiste en alinear las cotas claves de la tubería entrante y saliente, es recomendado en unión de colectores cuyos diámetros son menores a 500 mm y su régimen de flujo subcrítico. Para evitar el remanso aguas arribas

de la unión es recomendable dejar una caída con respecto a la clave, la cual será igual a la mitad de las diferencias de los diámetros (ΔHc).

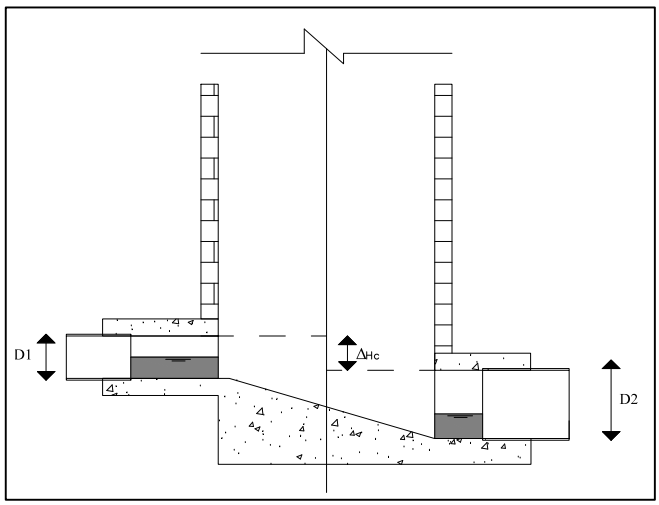


Figura 3.9.- Unión de colectores por cota clave
Fuente: López Ricardo, Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

- **Unión por línea de energía. -** Este tipo de unión se basa en igualar la cota energía del colector de entrada y de salida. La caída en el pozo resulta de la diferencia de la energía especifica entre la tubería entrante y saliente.

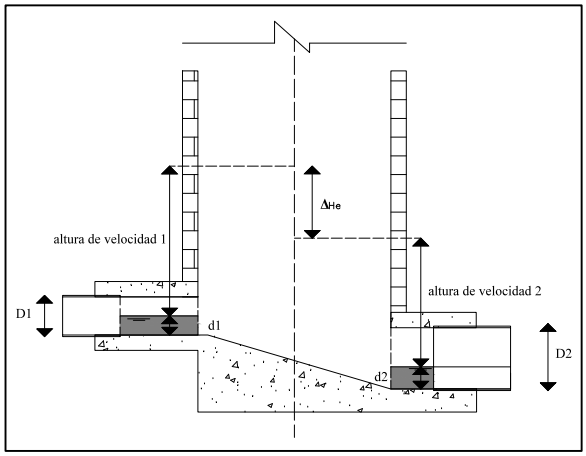


Figura 3.10.- Unión de colectores por línea de energía
Fuente: López Ricardo, Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

- **Unión en estructuras con caída -** En este tipo de unión se busca disipar la energía cinética del flujo en el pozo, dejando una altura de caída Hw como se muestra a continuación.

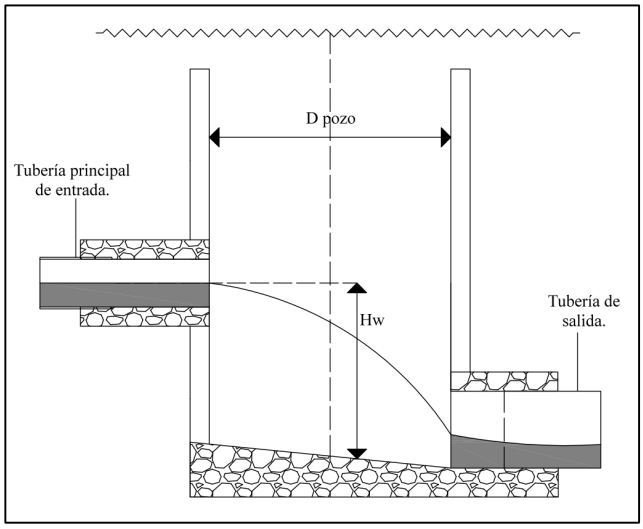


Figura 3.11.- Unión para flujo supercrítico en estructura con caída y entrada no sumergida
Fuente: López Ricardo, Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

La caída en el pozo Hw, se determina en la ecuación:

$$\frac{Hw}{D_s} = K * \left(\frac{E}{D_s} + \frac{He}{D_s}\right) \tag{3.10}$$

$$E = d + \frac{Vr^2}{2g} \tag{3.11}$$

$$He = 0.589 D_s \left(\frac{Q}{D_s\sqrt{gD_s}}\right)^{2.67} \tag{3.12}$$

Donde:

E = energía específica para las condiciones de flujo crítico (m)

He = incremento de altura debido a las perdidas (m)

K = coeficiente que depende de la relación del diámetro del pozo (Dp) con el diámetro de la tubería saliente (Ds)

Tabla 3.8.- Coeficiente K en pozos de unión con caída

Dp/Ds	K
> 2,0	1,2
1,6 - 2,0	1,3

1,3 - 1,6	1,4
< 1,3	1,5

Fuente: López Ricardo, Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

La entrada a la tubería es sumergida si se cumple la siguiente condición:

$$\frac{0.319Q}{D_s^{2.5}} > 0.62 \tag{3.13}$$

La caída del pozo se determina a partir de:

$$\frac{Hw}{D_s} = K * \left[0.70 + 1.91\left(\frac{Q}{D_s^2\sqrt{gD_s}}\right)^2\right] \tag{3.14}$$

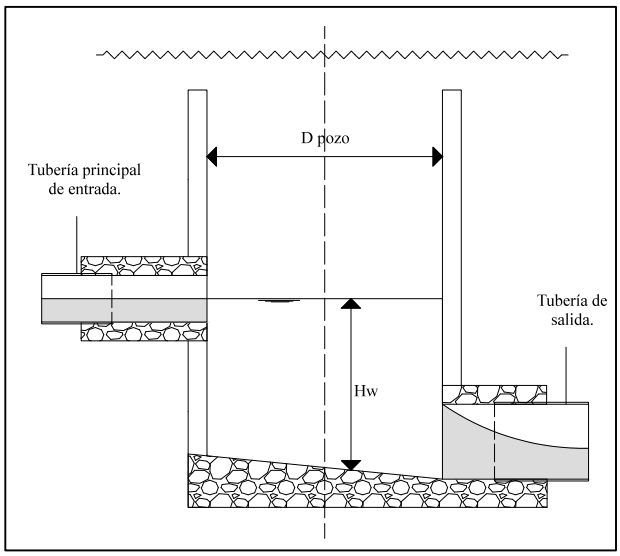


Figura 3.12.- Unión para flujo supercrítico en estructura con caída y entrada sumergida
Fuente: López Ricardo, Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

3.3.6. Alcantarillado Pluvial

El alcantarillado pluvial es aquella red de colectores y obras complementarias, como sumideros y cunetas, que permite la captación y evacuación de las aguas producidas por precipitaciones dadas en un evento de lluvia sobre una determinada área. Los niveles de servicio de alcantarillados pluviales son los siguientes:

Tabla 3.9.- Niveles de servicio de sistemas de alcantarillados pluviales

Nivel 1	- Se diseñan las calles con cunetas para acarrear la escorrentía superficial. - No se diseña ningún sistema de tuberías especiales. - La escorrentía superficial drena directamente al curso receptor.
Nivel 2	- Sistema conformado por canales laterales, en uno o ambos lados de la calzada cuya pendiente mínima debe ser la necesaria para obtener su auto limpieza.
Nivel 3	- Red de tuberías y colectores. Este sistema podrá cambiarse con el nivel 2 en ciertas zonas de la ciudad si así se considera necesario en el diseño.

Fuente: Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias
Elaboración: Autores del trabajo de titulación.

3.3.6.1. Caudal de diseño: El método racional

El método comúnmente usado para el cálculo del caudal de diseño en un proyecto de alcantarillado pluvial en cuencas menores a 300 ha es el método racional que establece[13]:

$$Q = c * I * A \quad (3.15)$$

Donde:

c = coeficiente de escorrentía

I = intensidad promedio de lluvia (l/s*ha)

A = área de drenaje (ha)

Q = caudal superficial (l/s)

- **Área de drenaje. -** El área de drenaje aportante se determina planimetrando las áreas adyacentes a cada colector, acogiendo el sistema de drenaje natural como la calzada de la vía, áreas verdes y cuencas que aporten volúmenes considerables de escorrentía superficial de acuerdo a la topografía.
- **Coeficiente de escorrentía (*c*) . -** El agua lluvia precipitada en una zona no drena en su totalidad al alcantarillado pluvial por diversos factores como son: intercepción vegetal, evaporización e infiltración. Se denomina coeficiente de retorno al porcentaje de precipitación efectiva que fluye hacia los sumideros.

  Cabe recalcar que el conocimiento absoluto de este coeficiente no es sencillo por las numerosas variables que intervienen y el cambio de las mismas a través del tiempo. En la siguiente tabla se muestran algunos valores de *c* en función del tipo de superficie, que de acuerdo a la normativa[5] sirven como guía:

Tabla 3.10.- Valores de coeficiente de escorrentía para diferentes tipos de superficie

Tipo de superficie	*c*
Cubierta metálica o teja vidriada	0,95
Cubierta con teja ordinaria o impermeabilizada	0,9
Pavimentos asfalticos en buenas condiciones	0,85 - 0,9
Pavimentos de hormigón	0,8 - 0,85
Empedrados (juntas pequeñas)	0,75 - 0,8
Empedrados (juntas ordinarias)	0,4 - 0,5
Pavimentos de macadam	0,25 - 0,6
Superficies no pavimentadas	0,1 - 0,3
Parques y jardines	0,05 - 0,25

Fuente: Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias.
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

3.3.6.2. Intensidad de lluvia: Registros pluviométricos y su importancia

Para conocer la distribución de las precipitaciones y su intensidad se debe acudir a los datos registrados en estaciones pluviográficas o las cantidades de lluvia medidas por pluviómetros en determinados intervalos de tiempo. La intensidad de la lluvia expresa el

promedio de la cantidad de lluvia en mm/h, la misma se selecciona en base a la duración de la lluvia de diseño y un periodo de retorno determinado. El valor de la intensidad de la lluvia se puede obtener de las curvas de intensidad, duración y frecuencia[14].

- **Duración de la lluvia. -** El tiempo de duración de la lluvia es inversamente proporcional a la intensidad de la misma, el caudal máximo producido será si la duración es igual al tiempo de concentración, al que se lo puede clasificar en tiempo de concentración inicial y tiempo de concentración en el colector.

    - **Tiempo de concentración inicial. -** Se define como tiempo de concentración inicial al tiempo que emplea una gota de agua en recorrer desde el punto más alejado de la cuenca hasta el colector. De acuerdo al modelo establecido por Administración Federal de Aviación[4] se expresa de la siguiente manera:

$$\mathrm{Tc} = \frac{0{,}707(1{,}1 - c)\mathrm{L}^{1/2}}{\mathrm{S}^{1/3}} \qquad (3.16)$$

      Donde:
      T_c = tiempo de concentración (min)
      L = distancia de recorrido

    - **Tiempo de concentración en el colector. -** Se establece mediante la determinación de la velocidad media real en el colector y la distancia entre pozos de revisión del tramo. Cabe recalcar que el código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias recomienda un tiempo de concentración de entre 10 a 30 minutos [5].

- **Frecuencia de la lluvia. -** Para la consideración del periodo de diseño no solo compete conocer las máximas intensidades a través del tiempo, sino también aquellas que pueden ocurrir con determinada frecuencia o periodo de retorno. La selección de este parámetro está en función de la importancia de la zona y los prejuicios que pueden resultar de una inundación en la misma[4].

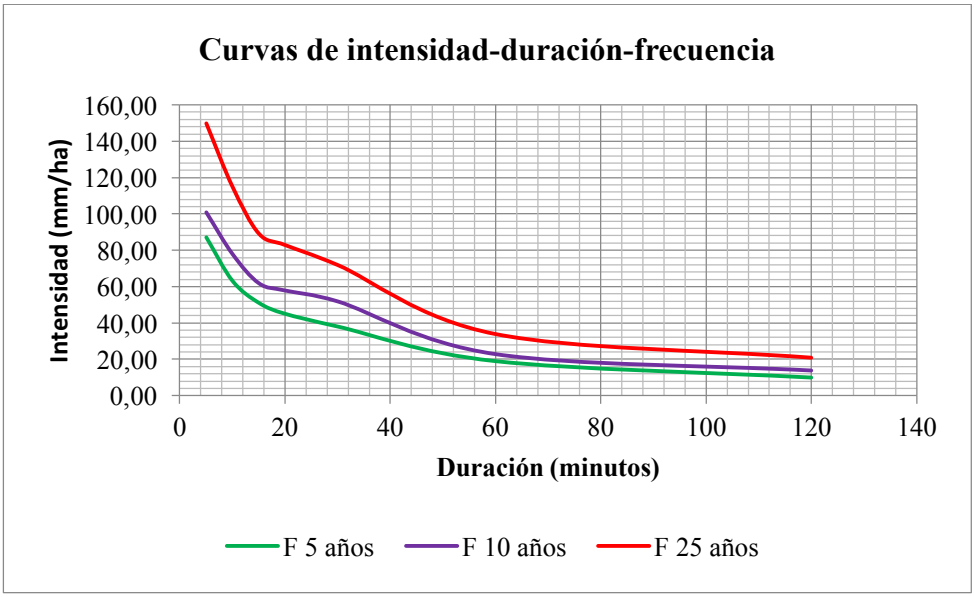


Figura 3.13.- Curva típica de intensidad, duración y frecuencia para periodos de retorno de 5, 10 y 25 años
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

3.3.6.3. Parámetros estimados para el diseño hidráulico

La velocidad mínima permisible en los sistemas de alcantarillado pluviales es de 0,9 m/s y la máxima 6 m/s, en cuanto al diámetro el mínimo recomendado es de 0,250m[5].

3.3.6.4. Obras complementarias: Cunetas y sumideros

La conducción y captación del agua producida por la escorrentía superficial previa a la disposición en los colectores se lleva a cabo por estructuras llamadas cunetas y sumideros, definidas a continuación.

- **Cunetas. -** Son canales de dimensiones pequeñas y de sección rectangular o triangular, su función es conducir el caudal producido por una precipitación hacia los sumideros. Las cunetas deben ser diseñadas con la capacidad suficiente para la demanda de caudal de diseño considerando la pendiente transversal y

longitudinal de la vía, su capacidad se calcula usando la fórmula de Manning modificada por Izzard[5]:

$$Q = 0{,}375\frac{Z}{n}Y^{8/3}S_0^{1/2} \qquad (3.17)$$

Donde:

Q = caudal en la cuneta (m^3/s)

Y = profundidad máxima de aproximación

S_0 = pendiente longitudinal de la vía

Z = inverso de la pendiente transversal de la vía

Cabe recalcar que la *ecuación 3.17* está establecida para cunetas de sección triangular *(Figura 3.14)*.

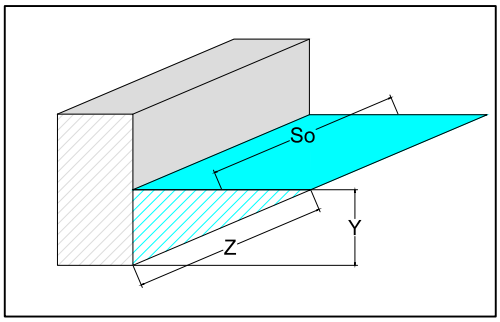


Figura 3.14.- Cuneta triangular
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Sumideros. -** Son estructuras hidráulicas que se encargan de receptar la escorrentía producida por la lluvia e introducirla al sistema de alcantarillado, según la pendiente longitudinal de la vía se pueden plantear de las siguientes maneras:

  - **Sumidero tipo cuneta. -** Consiste fundamentalmente en una captación basada en rejillas con orientación paralelas a la dirección del flujo, es usada en tramos de vía con pendientes pronunciadas (mayores al 3%) por la acumulación de

desechos, disminuyendo la captación inicial. El caudal de captación se expresa en la siguiente ecuación[4]:

$$Q = 2{,}96 A_0 (Y + a)^{1/2} \quad (3.18)$$

Donde:

A_0 = área de flujo de la rejilla (m^2)

a = depresión de la cuneta (m)

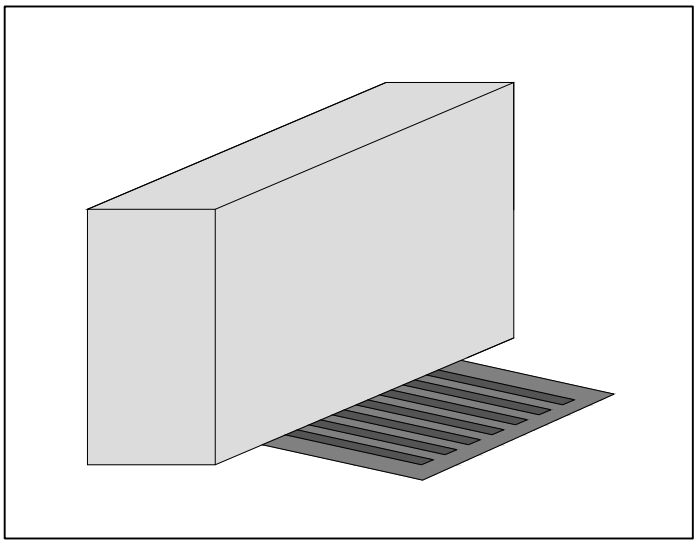


Figura 3.15.- Sumidero tipo cuneta
Fuente: Instituto Boliviano de Normalización y Calidad, Reglamento técnico de diseño de cunetas y sumideros
Elaboración propia

- **Sumidero tipo ventana. -** Es una estructura hidráulica de captación dispuesta lateralmente con una abertura vertical sobre el borde de la acera, pudiendo coincidir con la pendiente de la rasante o estar deprimida, siendo esta última es más eficiente. Este tipo de estructuras es más viable para vías con pendientes hasta del 3%[4]. Conlleva una captación alta de sedimentos y desechos que pueden obstruir la captación, por lo cual se recomienda una rejilla. Su longitud se determina mediante la siguiente formula:

$$\frac{Q}{L} = \frac{0{,}39}{Y}\left[(Y + a)^{5/2} - a^{5/2}\right] \quad (3.19)$$

Donde L es la longitud de la ventana en metros.

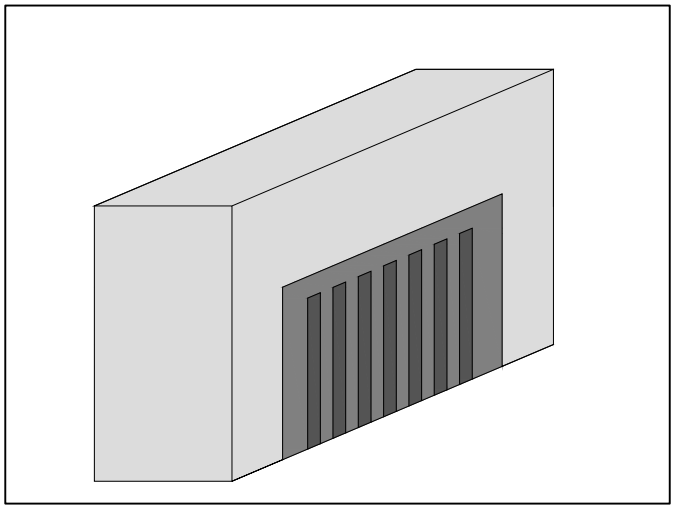


Figura 3.16.- Sumidero tipo ventana
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Sumidero mixto. -** El sumidero mixto es el resultado de la combinación de sumidero tipo ventana y tipo cuneta. Su uso es recomendado cuando la eficiencia de captación de un sumidero tipo ventana es inferior al 70%[4].

3.3.7. Vertimiento de aguas residuales a cuerpos naturales de agua

Cuando en una corriente se vierten aguas residuales se presentan los siguientes fenómenos:

- Decantación de los sólidos, donde los mismos se depositan en el fondo debido a la diferencia de su densidad respecto a la del agua.
- Suspensión de la materia orgánica e inorgánica en la masa del agua y elementos que llegan a la superficie como grasas, detergentes y flotantes.
- Presencia de microorganismos anaerobios, aerobios y facultativos que pueden colaborar a la degradación de la materia orgánica y otros pudiendo ser patógenos para el hombre en dirección aguas abajo[16].

La evacuación por dilución ha sido afectada en el transcurso del tiempo por factores como: la industrialización, el crecimiento demográfico urbano y la falta de construcción de sistemas de pre-tratamiento de residuales industriales[6]. La autodepuración es un proceso en el que los contaminantes vertidos en un cuerpo natural de agua son diluidos y descompuestos bioquímicamente aumentando la estabilidad del mismo. Presenta las fases que se señalan a continuación:

- **Fase de degradación. -** Se produce cuando se vierte el agua residual a la corriente presentando grandes concentraciones de contaminantes. Las formas de vida acuática que necesitan cantidades considerables de oxigeno desaparecen[16].
- **Fase de descomposición activa. -** Los niveles de oxígeno son mínimos y los organismos presentes se encargan de la descomposición orgánica. Se caracteriza por la presencia de gases (metano, hidrogeno, nitrógeno, ácido sulfhídrico)[16].
- **Fase de recuperación. -** En esta zona el agua posee una mejor apariencia y reaparece la vida acuática microscópica y peces. Se pueden encontrar nitratos, sulfatos, fosfatos y carbonatos[16].
- **Fase de agua limpia. -** La corriente vuelve a sus condiciones naturales, con oxígeno disuelto cerca de la saturación. Los peces presentes en esta zona son comestibles y aptos para el hombre, aunque pueden quedar compuestos metálicos y microorganismos patógenos resistentes[16].

4. CONCEPCIÓN DEL DISEÑO DE ESTUDIO

4.1. OBJETIVOS

4.1.1. Objetivo general

Determinar el funcionamiento del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de la parroquia Andrés de Vera e identificar la incidencia de sus aportes de aguas residuales al río Portoviejo.

4.1.2. Objetivos específicos

- Evaluar el funcionamiento hidráulico del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial.
- Identificar la variación del caudal en función al coeficiente de retorno real y normativo para el sistema de alcantarillado sanitario.
- Analizar las incidencias que causan los caudales de aguas residuales generados por el sistema de alcantarillado sanitario al río Portoviejo.
- Proponer alternativas de soluciones que permitan que el sistema de alcantarillado sanitario y pluvial sea más eficiente y funcional.

4.2. METODOLOGÍA

4.2.1. Tipo de estudio

- **Exploratorio. -** Se recopila todos los antecedentes y datos al alcance referente a los parámetros de diseño y funcionamiento de los sistemas, concedidos por la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Portoviejo (EPMAPAP), Departamento de Planificación Territorial del GAD Municipal de Portoviejo y el personal involucrado en el diseño, construcción, operación y mantenimiento del mismo.
- **Analítico. -** Se realiza un análisis crítico de los elementos de los sistemas de alcantarillados.
- **Descriptivo. -** Demuestra mediante el cálculo respectivo el comportamiento hidráulico de los sistemas de alcantarillado sanitario y pluvial y las incidencias que causan los aportes de aguas residuales al río Portoviejo.
- **Correlacional. -** En función a las características de la población de estudio se busca determinar el funcionamiento de los sistemas de alcantarillado.
- **De campo. -** Se visita la zona de estudio para verificar las especificaciones técnicas de los sistemas.
- **De oficina. -** Porque mediante los datos recopilados se realiza el cálculo hidráulico de las redes de alcantarillado sanitario y pluvial.

4.2.2. Técnicas a utilizar

- **Observación. -** Mediante la observación de los componentes técnicos y sociedad involucrada de la zona delimitada a investigar se tiene un registro visual de lo que ocurre en el medio.
- **Entrevista. -** Se realiza una entrevista al Ing. Jorge Solís, quien desempeñó el cargo de jefe de supervisión de obra del plan maestro de alcantarillado llevado a cabo en la ciudad en años anteriores, para recopilar información de la fase diseño y construcción de los sistemas alcantarillado.

- **Encuesta. -** Se emplea una serie de preguntas a los habitantes del área de estudio con el fin de conocer sus características socioeconómicas.

4.2.3. Recursos

En el desarrollo del presente proyecto se utilizan distintos recursos que permiten su elaboración.

4.2.3.1. Recursos Humanos

- Habitantes del sector objeto de estudio.
- Profesionales y personal técnico.
- Tutor del trabajo de titulación.
- Revisor del trabajo de titulación.
- Autores del trabajo de titulación.

4.2.3.2. Recursos Materiales

- Planos de especificaciones técnicas de los sistemas de alcantarillados sanitario y pluvial.
- Cámara fotográfica.
- Cinta métrica.
- Libreta de apuntes.
- Computador.
- Software's: Microsoft Excel, Autodesk AutoCAD, Global Mapper y Google Earth.

4.2.3.3. Recursos financieros

Los costos que conlleva la elaboración de este proyecto de tesis ascienden a $225,00, los cuales son asumidos en su totalidad por los autores del proyecto de titulación.

4.2.4. Procedimiento de análisis y cálculo del sistema de alcantarillado sanitario

La evaluación del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial se lleva a cabo tomando en consideración al código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias[5] como referencia para el correcto funcionamiento del sistema.

Con el propósito de brindar mejor discernimiento de los resultados de análisis, se procede a dividir el sistema en varios circuitos.

4.2.4.1. Características de la red

- **Trazado. -** La disposición de la red de alcantarillado de la zona corresponde a los trazados en forma perpendicular, en peine y a manera de interceptor.

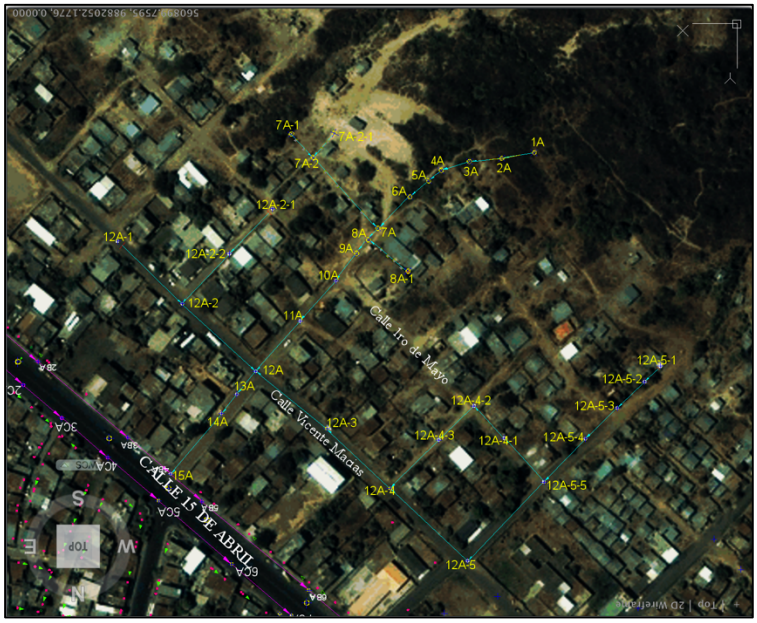


Figura 4.1.- Disposición de colectores a manera de interceptor en la zona de estudio
Fuente: EPMAPAP
Elaboración propia

- **Topografía. -** La topografía presenta condiciones montañosas y semiplanas. Para la generación de curvas de nivel se emplea el software *Global Mapper* aplicando el siguiente procedimiento:

1.- Usando el software *Google Earth* se traza la zona de estudio utilizando la función agregar polígono y definiendo el tipo de coordenadas a UTM (universal de transversal de mercator). Guardar el archivo con extensión .kms.

Figura 4.2.- Delimitación del área de estudio en Google Earth
Fuente: Captura de pantalla
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

2.- Realizado el paso anterior, se ingresa al programa *Global Mapper*. En la pestaña Display-Settings apartado Projection configurar las coordenadas a la zona geográfica perteneciente. Para Manabí, Ecuador usar la zona -17 (84ºW-78ºW- SOUTHERN HEMISPHERE).

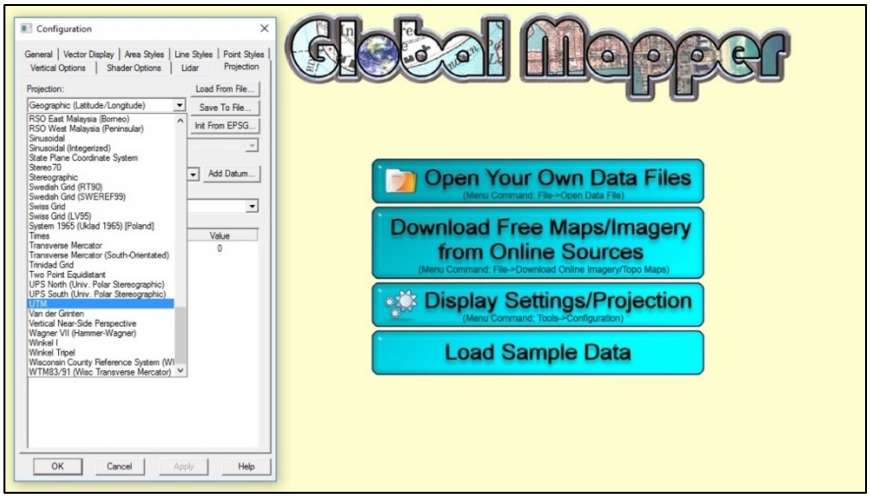


Figura 4.3.- Interfaz de inicio de software Global Mapper
Fuente: Captura de pantalla
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

3.- Abrir el archivo guardado anteriormente con extensión .kms.

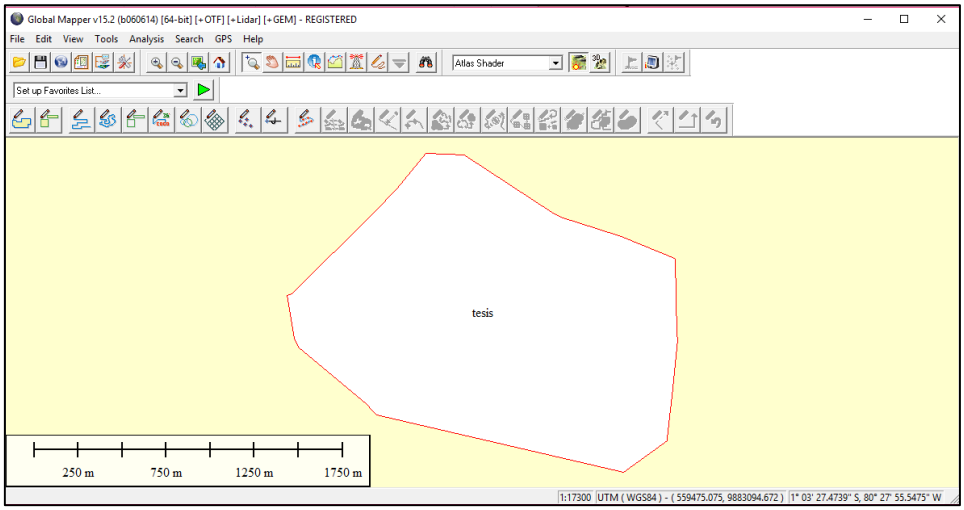


Figura 4.4.- Importación del trazado a Global Mapper
Fuente: Captura de pantalla
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

4.- Después, abrir el archivo Aster Gdem Worldwide Elevation Data con la extensión .tiff la cual se obtiene recogiendo un fragmento correspondiente a la zona Ecuador-Manabí mediante la web http://gdex.cr.usgs.gov/gdex/.

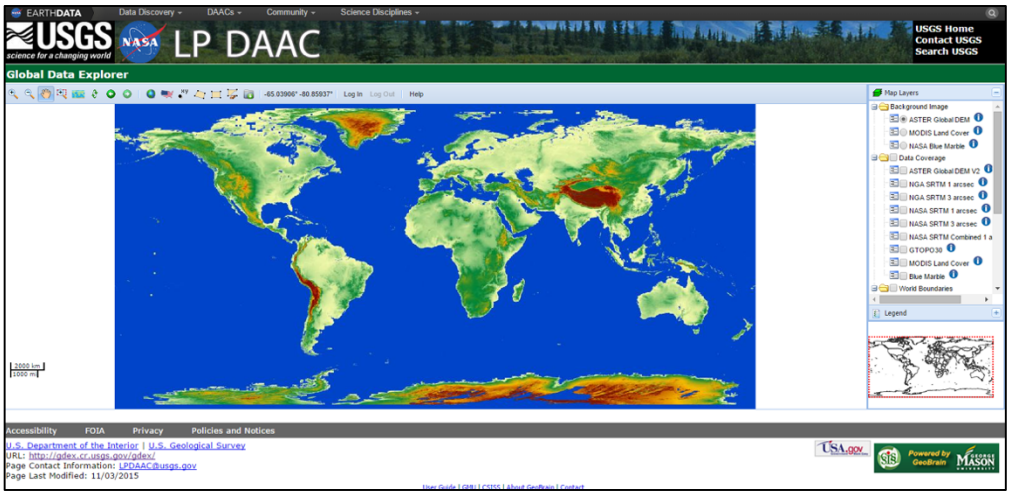


Figura 4.5.- Página web de la U.S Geological Survey
Fuente: Captura de pantalla
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

5.- Volviendo al Software *Global Mapper*, una vez abierto el archivo .tiff con los datos geográficos, dar clic en la barra de herramientas en Analysis -

Generate Contours donde en Contour Interval se fija, en metros, la distancia entre cada curva de nivel (en el caso de la presente evaluación se configura a 1 metro para mayor precisión).

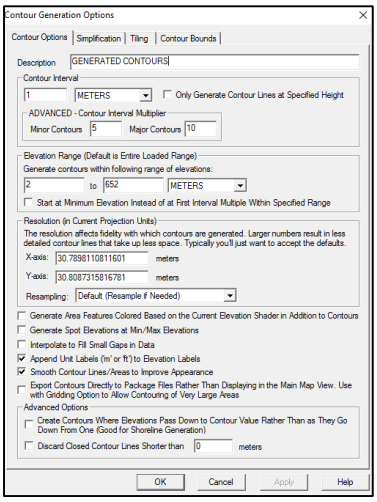


Figura 4.6.- Configuración de precisión en curvas de nivel
Fuente: Captura de pantalla
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

6.- Una vez que se generan las cotas de nivel, se selecciona la zona de estudio y en File-Export-Export Elevation Lidar Format, configurar la salida del archivo a .dwg (formato **AutoCAD**).

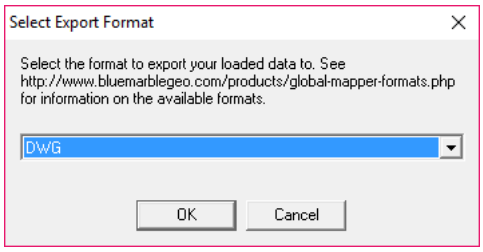


Figura 4.7.- Configuración de formato de salida de las curvas de nivel
Fuente: Captura de pantalla
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

7.- En la solapa Export Bound seleccionar Crop To Selected Area Features (permite recoger las cotas que comprenden el área seleccionada), dar clic en aceptar y automáticamente se genera un archivo .dwg con la altimetría para trabajar sobre el trazado del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial.

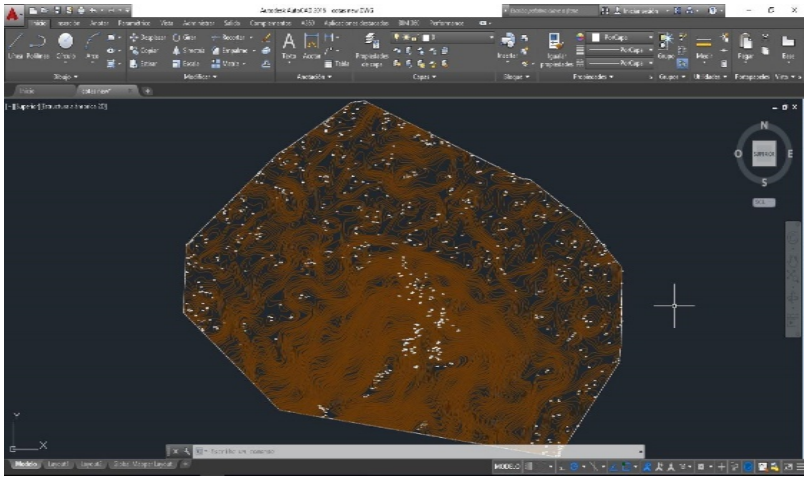


Figura 4.8.- Curvas de nivel generadas
Fuente: Captura de pantalla
Elaboración: Autores del trabajo de titulación

4.2.4.2. Determinación de población y áreas de aporte

La población de estudio que aporta aguas residuales a la red de se contabiliza contemplando 5 habitantes por predio, que es el número promedio de integrantes de personas por vivienda de acuerdo a la encuesta realizada *(Tabla 6.1)*. La distribución de predios está basada en el plano catastral suministrado por el Departamento de Planificación y Ordenamiento Territorial del GAD Municipal del cantón Portoviejo *(Figura 4.9)*. Se excluyen las viviendas que evacuan sus residuales a fosas sépticas.

La zona tiene un área aportante de aguas residuales equivalente 48,93 ha. Para el sistema construido en 1998 las áreas que tributan aguas residuales a cada colector son los adyacentes a cada uno de ellos mediante el trazo de mediatrices las manzanas que tienen alcance a la red *(Figura 3.6)*. La red construida en 2004 pertenece a un sistema de alcantarillado convencional, por lo tanto, las áreas aportantes se trazan como lo indica la **sección 3.3.5.5**.

Figura 4.9.- Plano de distribución catastral en la zona de estudio
Fuente: GAD Municipal de Portoviejo, Departamento de Planificación y Ordenamiento Territorial.
Elaboración propia.

- **Área parcial. -** Área aferente al colector.
- **Área total. -** Suma del área acumulada aguas arriba al colector más el área parcial.
- **Densidad poblacional. -** La densidad poblacional se determina mediante la relación entre la población y el área de aporte, para la zona de estudio corresponde a 160 hab/ha.

4.2.4.3. Estimación del caudal

- **Dotación de agua potable de la zona. -** La dotación de agua potable para la parroquia Andrés de Vera corresponde a 200 l*hab*día, según lo indicado por el departamento de operaciones y mantenimiento de la EPMAPAP y de acuerdo con las dotaciones de la normativa *(Tabla 3.5)*.
- **Coeficiente de retorno. -** El coeficiente de retorno que se estimó en la fase de diseño de los sistemas de alcantarillado sanitario es 85% según la EPMAPAP. La intención de la presente evaluación es determinar la cantidad, la más cercana a la realidad, del agua consumida que regresa al sistema de alcantarillado mediante el aforo del consumo de agua potable y la medición del volumen de agua residual

almacenado en un día en la caja de revisión de una vivienda derivando en un coeficiente de retorno de 95% aproximadamente.

- **Caudal medio. -** Para el cálculo del caudal medio se considera las aportaciones de aguas residuales domésticas *(ecuación 3.1)*, comerciales, institucionales e industriales acorde con las actividades socio económicas de la zona, para la cual se asignaron los siguientes valores:
    - Caudal de aguas residuales comerciales: 0,5 l/s*ha.
    - Caudal de aguas residuales institucionales: 0,5 l/s*ha.
    - Caudal de aguas residuales industriales: 1,0 l/s*ha.
- **Caudal máximo horario. -** Mayorización del caudal medio por el factor determinado por la ecuación de Harmon *(ecuación 3.3)*, empleada en poblaciones de mil a un millón de habitantes.
- **Caudal producido por infiltración. -** Para la presente evaluación se considera los caudales de infiltración correspondientes a nivel freático alto de 0,4 l/s*ha *(Tabla 3.3)* para el sistema de alcantarillado sanitario construido en 1998 y 2004 respectivamente.
- **Caudal producido por conexiones clandestinas. -** Se estipula un caudal producido por conexiones erradas de 0,2 l/s*ha.
- **Caudal total. -** Suma del caudal máximo horario, caudal producido por infiltración y conexiones erradas.
- **Longitud. -** Corresponde a la distancia en metros de cada colector, especificado en el plano de especificaciones técnicas del sistema.
- **Cota de terreno. –** Cota de la rasante donde se ubica el pozo de revisión, determinado por las curvas de nivel generadas en el software *Global Mapper* **(sección 4.2.4.1)**.
- **Pendiente promedio. –** Para la construcción de los sistemas de alcantarillado objeto de estudio la pendiente mínima asignada es del 2 por ciento. En casos donde esta no puede ser paralela a la del terreno, se adoptó considerando que las velocidades se encuentren bajo los parámetros permisibles.
- **Diámetro. -** Diámetro interno de la tubería que se encuentra en funcionamiento, señalado en el plano de especificaciones técnicas del sistema. Para la fase evaluativa se determina:

- **Diámetro calculado. -** Diámetro del colector en función de la demanda, empleando la ecuación de Manning *(ecuación 3.7.2)*, El factor de conversión a pulgadas es 39,37.
- **Diámetro comercial. -** Es el diámetro comercial inmediato superior con respecto al diámetro calculado. El diámetro mínimo permisible para sistemas de alcantarillados sanitarios es 0,200m[4].
- **Coeficiente de rugosidad. -** Se estima un coeficiente de rugosidad de 0,015 y 0,011 para los colectores cuyo material constructivo es hormigón y poli cloruro de vinilo (PVC) respectivamente como lo indica la *Tabla 3.6*.

4.2.4.4. Características hidráulicas del sistema

- **Caudal a tubo lleno. -** Es el caudal de la tubería en su capacidad máxima *(ecuación 3.7.1)*.
- **Velocidad a tubo lleno. -** Velocidad determinada por el principio de la continuidad expuesto por Bernoulli:

$$V_o = \frac{Q_o}{A} \tag{4.1}$$

Donde:

Vo = velocidad a tubo lleno (m/s)

Qo = caudal a tubo lleno (m3/s)

A = área de la sección (m2)

- **Relación entre el caudal de diseño y el caudal a tubo lleno. -** Se determina mediante la relación Q/Qo para establecer las relaciones hidráulicas *(Anexo D)* que indican; velocidad real y la velocidad a tubo lleno (V/Vo), lámina de agua y diámetro interno de la tubería (d/D), radio hidráulico de la sección de flujo y radio hidráulico a tubo lleno (R/Ro), profundidad hidráulica de la sección de flujo y diámetro interno de la tubería (H/D).
- **Velocidad real (Vr). -** Producto de la velocidad a tubo lleno por el coeficiente de la relación hidráulica V/Vo.

$$\frac{Vr^2}{2g} \qquad (4.2)$$

- **Altura de velocidad. -** Carga de velocidad del fluido en metros, esta expresado por la relación de la velocidad real sobre el doble de las fuerzas gravitatorias.
- Radio hidráulico para la sección de flujo. - Producto del radio hidráulico a sección llena por la relación hidráulica (R/Ro).
- **Esfuerzo cortante medio (τ).-** El esfuerzo cortante medio *(ecuación 3.8)* debe ser, en la medida de lo posible, no menor a 0,10 kg/m2 para asegurar la auto limpieza en el colector.
- **Altura de lámina de agua (d). -** Producto entre el diámetro comercial del colector y el coeficiente de la relación hidráulica (d/D).
- **Energía específica (E). -** Es la energía por peso del agua respecto al fondo de la misma *(ecuación 3.11)*.
- **Profundidad hidráulica en la sección de flujo (H). -** Producto del diámetro por la relación entre profundidad hidráulica de la sección de flujo y diámetro interno de la tubería (H/D).
- **Número de Fraude (NF). -** Determina el régimen de flujo mediante relación entre las fuerzas inerciales y gravitacionales *(ecuación 3.9)*.

4.2.5. Análisis y evaluación del sistema alcantarillado pluvial

4.2.5.1. Estimación del caudal mediante el método racional

Para el cálculo del caudal de diseño se emplea el método racional *(sección 3.3.6.1)*.

- **Área de drenaje. -** El área de drenaje para cada colector corresponde a las áreas adyacentes a los mismos de similar manera como se lo realiza alcantarillado sanitario, tomando en cuenta el sistema de drenaje natural de acuerdo a la topografía del terreno.

- **Tiempo de concentración inicial. -** Se define usando el modelo establecido por la FAA *(ecuación 3.16)*. El tiempo de concentración en el colector es igual a lo estipulado en la **sección 3.3.6.2.**
- **Intensidad de lluvia. -** La intensidad de la lluvia se determina mediante las ecuaciones establecidas por el estudio de intensidades de la INAMHI[15] la cual cuenta con registro de precipitaciones máximas para 5, 10, 15, 30, 60, 120, 360 y 1440 minutos. La ecuación representativa de la zona de estudio (estación pluviográfica M-005 Portoviejo) es, para lluvias de 5 a 47 minutos,

$$I_{TR} = 54{,}079 * t^{-0{,}3989} * Id_{TR} \quad (4.3)$$

y para lluvias de 48 a 1339 minutos,

$$I_{TR} = 180{,}58 * t^{-0{,}712} * Id_{TR} \quad (4.4)$$

Donde:

I_{TR} = intensidad de precipitación para cualquier periodo de retorno (mm/h)

Id_{TR} = intensidad diaria para un periodo de retorno dado en mm/h

t = tiempo de duración de la lluvia en minutos[14]

La intensidad diaria es de 5 mm/h para un periodo de retorno de 25 años, el cual se considera para el presente análisis. La curva de intensidad, duración y frecuencia para el área de análisis se demuestra a continuación.

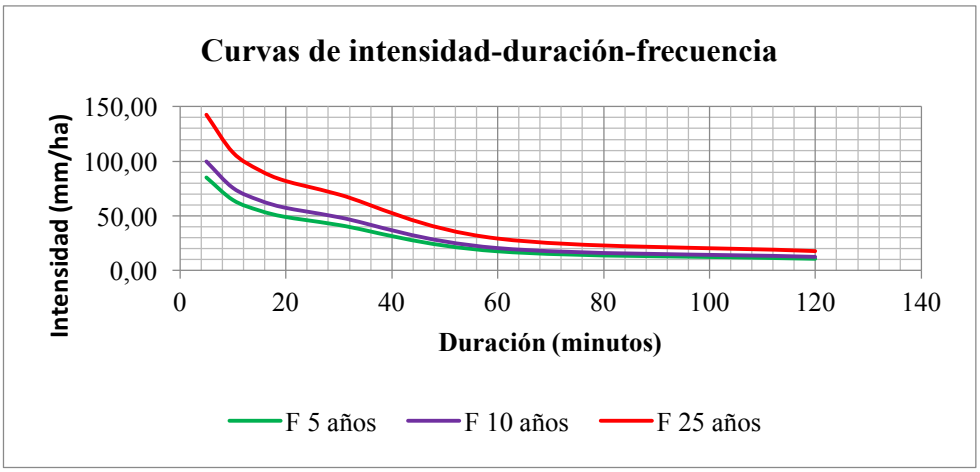


Figura 4.11.- Curvas de intensidad, duración y frecuencia de la zona de estudio
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Coeficiente de escorrentía. -** El coeficiente de escorrentía está en función al tipo del terreno *(Tabla 3.10)*, determinando un valor ponderado del mismo en áreas con distintos valores de *c*.

4.2.5.2. Características hidráulicas del sistema

La evaluación de las características hidráulicas de los colectores se lleva a cabo de la misma manera que en el alcantarillado sanitario **(sección 4.2.4.3 y 4.2.4.4)**, considerando las velocidades y diámetros permisibles para alcantarillado pluvial **(sección 3.3.6.3).**

4.2.5.3. Capacidad hidráulica de cunetas y sumideros

Las cunetas dentro en la zona de estudio presentan relativamente geometría triangular *(Figura 3.14),* y sumideros tipo ventana. Para establecer el caudal transportado por la cuneta se emplea la ecuación de Manning modificada por Izzard *(ecuación 3.17)*, y para el cálculo del caudal de captación por el sumidero de acuerdo a su longitud se acoge la *ecuación 3.19*.

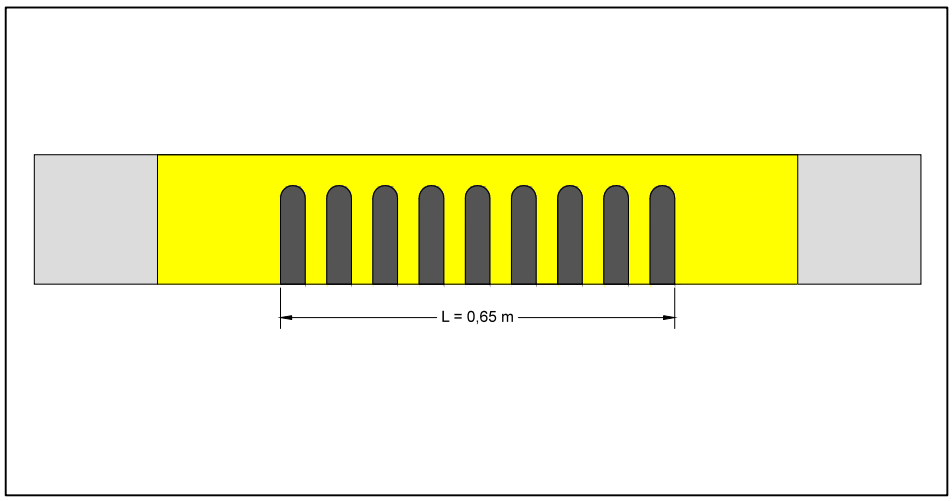


Figura 4.12.- Vista frontal de sumidero tipo ventana de la zona de estudio
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

4.2.6. Determinación de caudales de vertimiento de aguas residuales al rio Portoviejo

Con el objetivo de verificar la cantidad aproximada de aguas residuales evacuadas al río Portoviejo en épocas secas, se procede a aplicar los métodos volumétrico y velocidad-superficie para determinar el caudal de vertimiento a la corriente a través de los emisarios finales correspondientes a la zona delimitada de estudio. Los resultados se muestran en la **sección 4.3.4.**

4.3. RESULTADOS DE ANÁLISIS Y EVALUACIÓN

4.3.1. Análisis y evaluación del sistema de alcantarillado sanitario

- **Circuito A**

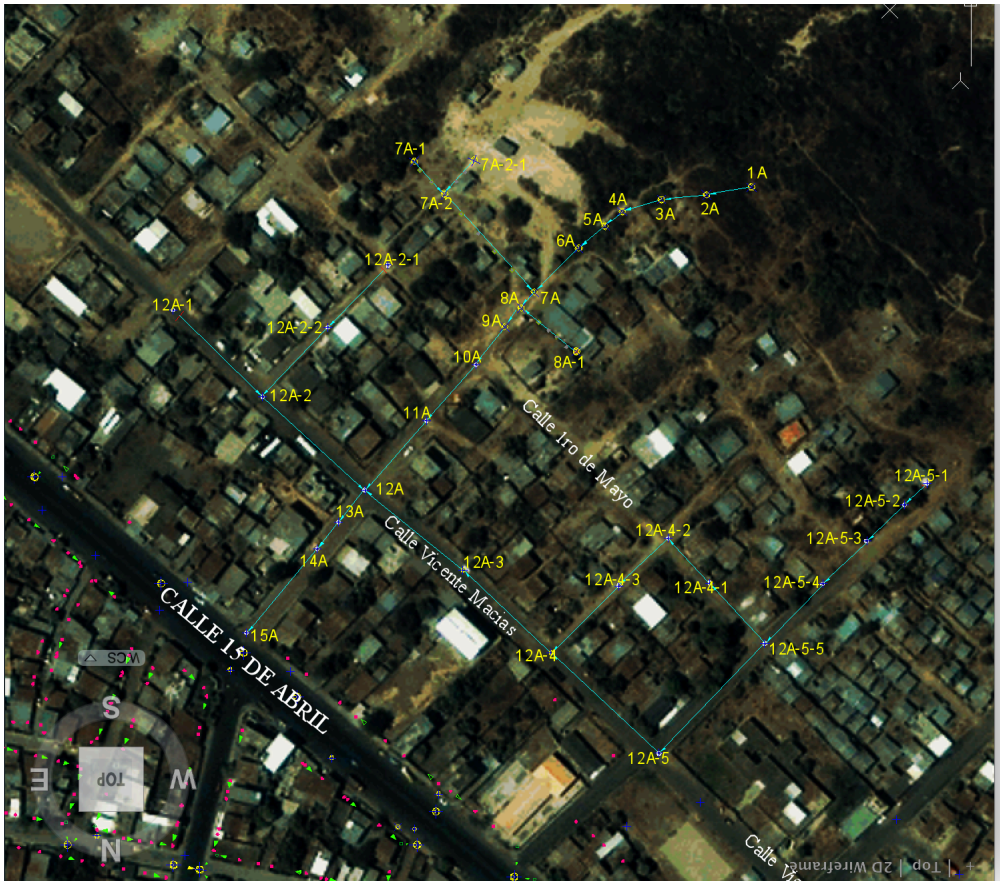


Figura 4.13.- Circuito A
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.1.- Estimación de caudal y análisis del circuito A

Tramo	Área	CAUDAL				Longitud	Cota Terreno		ANÁLISIS									
		Máx. hor.	Inf.	Con. err.	Total				S	Diámetro	d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m)	De-A			m			m/s		kg/m2			
1A - 2A	0,11	0,15	0,04	0,02	1,50	17,00	90,00	85,97	0,237	0,200	0,09	Menor a 80%	1,29	Velocidad permisible	2,78	Aceptable	4,55	Régimen supercrítico
2A - 3A	0,12	0,32	0,09	0,05	1,50	17,00	85,97	80,10	0,345	0,200	0,09	Menor a 80%	1,55	Velocidad permisible	4,05	Aceptable	5,47	Régimen supercrítico

3A - 4A	0,08	0,43	0,13	0,06	**1,50**	15,00	80,10	77,50	0,173	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	1,10	**Velocidad permisible**	2,03	**Aceptable**	3,88	**Régimen supercrítico**
4A - 5A	0,02	0,45	0,13	0,07	**1,50**	7,00	77,50	73,20	0,614	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	2,07	**Velocidad permisible**	7,20	**Aceptable**	7,30	**Régimen supercrítico**
5A - 6A	0,03	0,49	0,15	0,07	**1,50**	12,00	73,20	70,05	0,263	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	1,36	**Velocidad permisible**	3,08	**Aceptable**	4,80	**Régimen supercrítico**
6A - 7A	0,12	0,66	0,20	0,10	**1,50**	25,00	70,05	68,50	0,062	**0,200**	0,12	**Menor a 80%**	0,82	**Velocidad permisible**	0,96	**Aceptable**	2,26	**Régimen supercrítico**
7A-2-1 - 7A-2	0,51	0,68	0,20	0,10	**1,50**	17,00	63,90	61,00	0,171	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	1,09	**Velocidad permisible**	2,00	**Aceptable**	3,84	**Régimen supercrítico**
7A-1 - 7A-2	0,16	0,22	0,06	0,03	**1,50**	17,00	60,20	61,00	0,014	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,46	**Velocidad permisible**	0,28	**Aceptable**	1,03	**Régimen supercrítico**
7A-2 - 7A	0,15	0,89	0,27	0,13	**1,50**	56,00	61,00	68,50	0,014	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,46	**Velocidad permisible**	0,28	**Aceptable**	1,03	**Régimen supercrítico**
7A - 8A	0,00	1,51	0,46	0,23	**2,21**	7,00	68,50	62,00	0,929	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	2,55	**Velocidad permisible**	10,89	**Aceptable**	8,99	**Régimen supercrítico**
8A-1 - 8A	0,24	0,33	0,10	0,05	**1,50**	7,00	63,70	62,00	0,243	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	1,30	**Velocidad permisible**	2,85	**Aceptable**	4,58	**Régimen supercrítico**
8A - 9A	0,01	1,83	0,56	0,28	**2,67**	7,00	62,00	59,17	0,404	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	1,68	**Velocidad permisible**	4,74	**Aceptable**	5,92	**Régimen supercrítico**
9A - 10A	0,03	1,86	0,57	0,29	**2,72**	19,00	59,17	53,85	0,280	**0,200**	0,12	**Menor a 80%**	1,73	**Velocidad permisible**	4,33	**Aceptable**	4,77	**Régimen supercrítico**
10A - 11A	0,21	2,12	0,66	0,33	**3,10**	31,00	53,85	49,30	0,147	**0,200**	0,15	**Menor a 80%**	1,39	**Velocidad permisible**	2,66	**Aceptable**	3,38	**Régimen supercrítico**
11A - 12A	0,18	2,34	0,73	0,36	**3,43**	39,00	49,30	48,00	0,033	**0,200**	0,21	**Menor a 80%**	0,81	**Velocidad permisible**	0,83	**Aceptable**	1,55	**Régimen supercrítico**
12A-2-1 - 12A-2-2	0,23	0,31	0,09	0,05	**1,50**	36,00	55,00	49,00	0,167	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	1,08	**Velocidad permisible**	1,95	**Aceptable**	3,81	**Régimen supercrítico**
12A-2-2 - 12A-2	0,08	0,42	0,12	0,06	**1,50**	40,00	49,00	45,00	0,100	**0,200**	0,12	**Menor a 80%**	1,04	**Velocidad permisible**	1,55	**Aceptable**	2,87	**Régimen supercrítico**
12A-1 - 12A-2	0,13	0,19	0,05	0,03	**1,50**	53,00	46,00	45,00	0,019	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,53	**Velocidad permisible**	0,38	**Aceptable**	1,18	**Régimen supercrítico**
12A-2 - 12A	0,09	0,75	0,21	0,11	**1,50**	59,00	45,00	48,00	0,014	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,46	**Velocidad permisible**	0,28	**Aceptable**	1,03	**Régimen supercrítico**
12A-5-1 - 12A-5-2	0,09	0,12	0,04	0,02	**1,50**	12,00	77,00	71,00	0,500	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	1,87	**Velocidad permisible**	5,86	**Aceptable**	6,59	**Régimen supercrítico**
12A-5-2 - 12A-5-3	0,09	0,25	0,07	0,04	**1,50**	22,00	71,00	66,00	0,227	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	1,26	**Velocidad permisible**	2,66	**Aceptable**	4,44	**Régimen supercrítico**
12A-5-3 - 12A-5-4	0,08	0,36	0,11	0,05	**1,50**	25,00	66,00	68,00	0,015	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	1,05	**Régimen supercrítico**
12A-5-4 - 12A-5-5	0,06	0,43	0,13	0,06	**1,50**	35,00	68,00	55,00	0,371	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	1,61	**Velocidad permisible**	4,35	**Aceptable**	5,68	**Régimen supercrítico**
12A-5-5 - 12A-5	0,18	0,67	0,20	0,10	**1,50**	63,00	55,00	43,00	0,190	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	1,15	**Velocidad permisible**	2,23	**Aceptable**	4,05	**Régimen supercrítico**
12A-5 - 12A-4	0,08	0,82	0,23	0,12	**1,50**	66,00	43,00	47,00	0,015	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	1,05	**Régimen supercrítico**
12A-5-5 - 12A-4-1	0,07	0,09	0,03	0,01	**1,50**	40,00	55,00	54,00	0,025	**0,200**	0,15	**Menor a 80%**	0,57	**Velocidad permisible**	0,45	**Aceptable**	1,39	**Régimen supercrítico**
12A-4-1 - 12A-4-2	0,07	0,19	0,05	0,03	**1,50**	25,00	54,00	53,60	0,016	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,49	**Velocidad permisible**	0,32	**Aceptable**	1,10	**Régimen supercrítico**
12A-4-2 - 12A-4-3	0,48	0,82	0,25	0,12	**1,50**	30,00	53,60	49,00	0,153	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	1,04	**Velocidad permisible**	1,80	**Aceptable**	3,67	**Régimen supercrítico**
12A-4-3 - 12A-4	0,14	1,00	0,30	0,15	**1,50**	40,00	49,00	47,00	0,050	**0,200**	0,12	**Menor a 80%**	0,73	**Velocidad permisible**	0,77	**Aceptable**	2,01	**Régimen supercrítico**
12A-4 - 12A-3	0,07	1,93	0,56	0,28	**2,78**	52,00	47,00	46,60	0,008	**0,200**	0,26	**Menor a 80%**	0,44	**Velocidad baja**	0,23	**Aceptable**	0,74	**Régimen subcrítico**
12A-3 - 12A	0,05	2,00	0,58	0,29	**2,87**	54,00	46,60	48,00	0,015	**0,200**	0,22	**Menor a 80%**	0,56	**Velocidad permisible**	0,39	**Aceptable**	1,03	**Régimen supercrítico**
12A - 13A	0,00	4,98	1,52	0,76	**7,26**	16,00	48,00	47,66	0,021	**0,200**	0,32	**Menor a 80%**	0,82	**Velocidad permisible**	0,75	**Aceptable**	1,22	**Régimen supercrítico**
13A - 14A	0,15	5,16	1,58	0,79	**7,53**	13,00	47,66	46,00	0,128	**0,200**	0,21	**Menor a 80%**	1,59	**Velocidad permisible**	3,19	**Aceptable**	3,03	**Régimen supercrítico**

14A - 15A	0,00	5,16	1,58	0,79	**7,53**	46,00	46,00	45,30	0,015	**0,200**	0,35	Menor a 80%	0,74	Velocidad permisible	0,58	Aceptable	1,04	Régimen supercrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.1.1.- Evaluación del circuito A

Tramo	EVALUACIÓN													
	S	Diámetro calculado		Diámetro comercial		d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A		m	"	nom. (")	int.(m)			m/s		kg/m2			
1A - 2A	0,237	0,037	1,44	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,29	Velocidad permisible	2,78	Aceptable	4,55	Régimen supercrítico
2A - 3A	0,345	0,034	1,34	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,55	Velocidad permisible	4,05	Aceptable	5,47	Régimen supercrítico
3A - 4A	0,173	0,039	1,53	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,10	Velocidad permisible	2,03	Aceptable	3,88	Régimen supercrítico
4A - 5A	0,614	0,031	1,21	8	0,200	0,09	Menor a 80%	2,07	Velocidad permisible	7,20	Aceptable	7,30	Régimen supercrítico
5A - 6A	0,263	0,036	1,42	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,36	Velocidad permisible	3,08	Aceptable	4,80	Régimen supercrítico
6A - 7A	0,062	0,047	1,86	8	0,200	0,12	Menor a 80%	0,82	Velocidad permisible	0,96	Aceptable	2,26	Régimen supercrítico
7A-2-1 - 7A-2	0,171	0,039	1,53	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,09	Velocidad permisible	2,00	Aceptable	3,84	Régimen supercrítico
7A-1 - 7A-2	0,014	0,062	2,45	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,46	Velocidad permisible	0,28	Aceptable	1,03	Régimen supercrítico
7A-2 - 7A	0,014	0,062	2,45	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,46	Velocidad permisible	0,28	Aceptable	1,03	Régimen supercrítico
7A - 8A	0,929	0,033	1,29	8	0,200	0,09	Menor a 80%	2,55	Velocidad permisible	10,89	Aceptable	8,99	Régimen supercrítico
8A-1 - 8A	0,243	0,036	1,44	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,30	Velocidad permisible	2,85	Aceptable	4,58	Régimen supercrítico
8A - 9A	0,404	0,041	1,62	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,68	Velocidad permisible	4,74	Aceptable	5,92	Régimen supercrítico
9A - 10A	0,280	0,044	1,75	8	0,200	0,12	Menor a 80%	1,73	Velocidad permisible	4,33	Aceptable	4,77	Régimen supercrítico
10A - 11A	0,147	0,053	2,07	8	0,200	0,15	Menor a 80%	1,39	Velocidad permisible	2,66	Aceptable	3,38	Régimen supercrítico
11A - 12A	0,033	0,072	2,84	8	0,200	0,21	Menor a 80%	0,81	Velocidad permisible	0,83	Aceptable	1,55	Régimen supercrítico
12A-2-1 - 12A-2-2	0,167	0,039	1,54	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,08	Velocidad permisible	1,95	Aceptable	3,81	Régimen supercrítico
12A-2-2 - 12A-2	0,100	0,043	1,70	8	0,200	0,12	Menor a 80%	1,04	Velocidad permisible	1,55	Aceptable	2,87	Régimen supercrítico
12A-1 - 12A-2	0,019	0,059	2,32	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,53	Velocidad permisible	0,38	Aceptable	1,18	Régimen supercrítico
12A-2 - 12A	0,014	0,062	2,45	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,46	Velocidad permisible	0,28	Aceptable	1,03	Régimen supercrítico
12A-5-1 - 12A-5-2	0,500	0,032	1,25	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,87	Velocidad permisible	5,86	Aceptable	6,59	Régimen supercrítico
12A-5-2 - 12A-5-3	0,227	0,037	1,45	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,26	Velocidad permisible	2,66	Aceptable	4,44	Régimen supercrítico
12A-5-3 - 12A-5-4	0,015	0,061	2,42	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico

12A-5-4 - 12A-5-5	0,371	0,034	1,33	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,61	Velocidad permisible	4,35	Aceptable	5,68	Régimen supercrítico
12A-5-5 - 12A-5	0,190	0,038	1,50	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,15	Velocidad permisible	2,23	Aceptable	4,05	Régimen supercrítico
12A-5 - 12A-4	0,015	0,061	2,42	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
12A-5-5 - 12A-4-1	0,025	0,056	2,20	8	0,200	0,15	Menor a 80%	0,57	Velocidad permisible	0,45	Aceptable	1,39	Régimen supercrítico
12A-4-1 - 12A-4-2	0,016	0,061	2,39	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,49	Velocidad permisible	0,32	Aceptable	1,10	Régimen supercrítico
12A-4-2 - 12A-4-3	0,153	0,040	1,57	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,04	Velocidad permisible	1,80	Aceptable	3,67	Régimen supercrítico
12A-4-3 - 12A-4	0,050	0,049	1,93	8	0,200	0,12	Menor a 80%	0,73	Velocidad permisible	0,77	Aceptable	2,01	Régimen supercrítico
12A-4 - 12A-3	0,015	0,077	3,05	8	0,200	0,22	Menor a 80%	0,56	Velocidad permisible	0,39	Aceptable	1,03	Régimen supercrítico
12A-3 - 12A	0,015	0,078	3,09	8	0,200	0,22	Menor a 80%	0,56	Velocidad permisible	0,39	Aceptable	1,03	Régimen supercrítico
12A - 13A	0,021	0,104	4,10	8	0,200	0,32	Menor a 80%	0,82	Velocidad permisible	0,75	Aceptable	1,22	Régimen supercrítico
13A - 14A	0,128	0,075	2,97	8	0,200	0,21	Menor a 80%	1,59	Velocidad permisible	3,19	Aceptable	3,03	Régimen supercrítico
14A - 15A	0,015	0,112	4,42	8	0,200	0,35	Menor a 80%	0,74	Velocidad permisible	0,58	Aceptable	1,04	Régimen supercrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Circuito B**

Figura 4.14.- Circuito B
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.2.- Estimación de caudal y análisis del circuito B

Tramo	Área	CAUDAL				Longitud	Cota Terreno		ANÁLISIS									
		Máx. hor.	Inf.	Con. err.	Total				S	Diámetro	d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m)	De-A			m			m/s		kg/m2			
1B - 2B	0,08	0,12	0,03	0,02	**1,50**	51,50	102,00	93,10	0,173	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,10	Velocidad permisible	2,03	Aceptable	3,88	Régimen supercrítico
2B - 3B	0,16	0,25	0,06	0,03	**1,50**	32,00	93,10	82,20	0,341	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,54	Velocidad permisible	3,99	Aceptable	5,43	Régimen supercrítico
3B - 4B	0,28	0,43	0,11	0,06	**1,50**	75,00	82,20	68,00	0,189	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,15	Velocidad permisible	2,22	Aceptable	4,05	Régimen supercrítico
4B - 5B	0,46	0,69	0,18	0,09	**1,50**	61,00	68,00	55,40	0,207	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,20	Velocidad permisible	2,42	Aceptable	4,23	Régimen supercrítico
5B-1-1 - 5B-1-2	0,13	0,20	0,05	0,03	**1,50**	34,00	73,10	64,20	0,262	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,35	Velocidad permisible	3,07	Aceptable	4,76	Régimen supercrítico
5B-1-2 - 5B-1	0,26	0,40	0,10	0,05	**1,50**	57,00	64,20	57,10	0,125	**0,200**	0,09	Menor a 80%	0,93	Velocidad permisible	1,46	Aceptable	3,28	Régimen supercrítico

5B-2 - 5B-1	0,12	0,19	0,05	0,02	**1,50**	35,00	58,30	57,10	0,034	**0,200**	0,15	Menor a 80%	0,67	Velocidad permisible	0,62	Aceptable	1,63	Régimen supercrítico
5B-1 - 5B	0,42	0,63	0,17	0,08	**1,50**	35,00	57,10	55,40	0,049	**0,200**	0,12	Menor a 80%	0,72	Velocidad permisible	0,75	Aceptable	1,99	Régimen supercrítico
5B - 6B	1,02	1,50	0,41	0,20	**2,11**	54,00	55,40	47,80	0,141	**0,200**	0,12	Menor a 80%	1,23	Velocidad permisible	2,17	Aceptable	3,39	Régimen supercrítico
6B-2 - 6B	0,25	0,41	0,10	0,05	**1,50**	85,00	51,40	47,80	0,042	**0,200**	0,15	Menor a 80%	0,75	Velocidad permisible	0,77	Aceptable	1,83	Régimen supercrítico
6B-1 - 6B	0,18	0,29	0,07	0,04	**1,50**	85,00	46,20	47,80	0,015	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
6B - 7B	1,45	2,24	0,58	0,29	**3,11**	70,00	47,80	43,85	0,056	**0,200**	0,18	Menor a 80%	0,97	Velocidad permisible	1,24	Aceptable	2,03	Régimen supercrítico
7B-1 - 7B	0,07	0,12	0,03	0,01	**1,50**	75,00	43,07	43,85	0,015	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
7B - 8B	1,52	2,34	0,61	0,30	**3,25**	70,00	43,85	43,20	0,009	**0,200**	0,27	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,29	Aceptable	0,82	Régimen subcrítico
8B - 9B	1,52	2,34	0,61	0,30	**3,25**	70,00	43,85	43,20	0,009	**0,200**	0,27	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,29	Aceptable	0,82	Régimen subcrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.2.1.- Evaluación del circuito B

Tramo	EVALUACIÓN												
	S	Diámetro calculado		Diámetro comercial		d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A		m	"	nom. (")	int.(m)			m/s		kg/m2			
1B - 2B	0,173	0,039	1,53	8	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,10	Velocidad permisible	2,03	Aceptable	3,88	Régimen supercrítico
2B - 3B	0,341	0,034	1,35	8	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,54	Velocidad permisible	3,99	Aceptable	5,43	Régimen supercrítico
3B - 4B	0,189	0,038	1,50	8	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,15	Velocidad permisible	2,22	Aceptable	4,05	Régimen supercrítico
4B - 5B	0,207	0,038	1,48	8	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,20	Velocidad permisible	2,42	Aceptable	4,23	Régimen supercrítico
5B-1-1 - 5B-1-2	0,262	0,036	1,42	8	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,35	Velocidad permisible	3,07	Aceptable	4,76	Régimen supercrítico
5B-1-2 - 5B-1	0,125	0,041	1,63	8	**0,200**	0,09	Menor a 80%	0,93	Velocidad permisible	1,46	Aceptable	3,28	Régimen supercrítico
5B-2 - 5B-1	0,034	0,053	2,07	8	**0,200**	0,15	Menor a 80%	0,67	Velocidad permisible	0,62	Aceptable	1,63	Régimen supercrítico
5B-1 - 5B	0,049	0,049	1,94	8	**0,200**	0,12	Menor a 80%	0,72	Velocidad permisible	0,75	Aceptable	1,99	Régimen supercrítico
5B - 6B	0,141	0,046	1,81	8	**0,200**	0,12	Menor a 80%	1,23	Velocidad permisible	2,17	Aceptable	3,39	Régimen supercrítico
6B-2 - 6B	0,042	0,051	1,99	8	**0,200**	0,15	Menor a 80%	0,75	Velocidad permisible	0,77	Aceptable	1,83	Régimen supercrítico
6B-1 - 6B	0,015	0,061	2,42	8	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
6B - 7B	0,056	0,063	2,48	8	**0,200**	0,18	Menor a 80%	0,97	Velocidad permisible	1,24	Aceptable	2,03	Régimen supercrítico
7B-1 - 7B	0,015	0,061	2,42	8	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
7B - 8B	0,009	0,090	3,54	8	**0,200**	0,27	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,29	Aceptable	0,82	Régimen subcrítico

8B - 9B	0,009	0,090	3,54	8	0,200	0,27	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,29	Aceptable	0,82	Régimen subcrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Circuito C**

En el tramo 9C - 10 C se integra el área acumulada del tramo 8B - 9B del circuito B.

Figura 4.15.- Circuito C
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.3.- Estimación de caudal y análisis del circuito C

Tramo	Área	CAUDAL				Longitud	Cota Terreno		ANÁLISIS									
		Máx. hor.	Inf.	Con. err.	Total				S	Diámetro	d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m)	De-A			m			m/s		kg/m2			
1C-2C	0,13	0,20	0,05	0,03	**1,50**	30,00	91,80	86,20	0,187	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,14	Velocidad permisible	2,19	Aceptable	4,02	Régimen supercrítico
2C-3C	0,38	0,57	0,15	0,08	**1,50**	36,00	86,20	80,90	0,147	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,01	Velocidad permisible	1,73	Aceptable	3,56	Régimen supercrítico
3C-4C	0,54	0,81	0,22	0,11	**1,50**	30,00	80,90	69,90	0,367	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,60	Velocidad permisible	4,30	Aceptable	5,64	Régimen supercrítico

4C-5C	0,63	0,94	0,25	0,13	**1,50**	25,00	69,90	66,40	0,140	**0,200**	0,09	Menor a 80%	0,99	Velocidad permisible	1,64	Aceptable	3,49	Régimen supercrítico
5C-6C	0,65	0,97	0,26	0,13	**1,50**	6,00	66,40	66,00	0,067	**0,200**	0,12	Menor a 80%	0,85	Velocidad permisible	1,03	Aceptable	2,34	Régimen supercrítico
6C-7C	0,84	1,24	0,34	0,17	**1,75**	50,00	66,00	54,10	0,238	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,29	Velocidad permisible	2,79	Aceptable	4,55	Régimen supercrítico
7C-8C	0,99	1,46	0,40	0,20	**2,05**	55,00	54,10	48,70	0,098	**0,200**	0,12	Menor a 80%	1,03	Velocidad permisible	1,52	Aceptable	2,84	Régimen supercrítico
8C-9C	0,99	1,54	0,40	0,20	**2,13**	70,00	48,70	43,20	0,079	**0,200**	0,15	Menor a 80%	1,02	Velocidad permisible	1,43	Aceptable	2,48	Régimen supercrítico
9C-10C	2,51	3,75	1,00	0,50	**5,25**	46,00	43,20	43,04	0,006	**0,200**	0,38	Menor a 80%	0,48	Velocidad permisible	0,24	Aceptable	0,65	Régimen subcrítico
10C-11C	2,51	3,75	1,00	0,50	**5,25**	75,00	43,04	43,14	0,006	**0,200**	0,38	Menor a 80%	0,48	Velocidad permisible	0,24	Aceptable	0,65	Régimen subcrítico
11C-12C	2,51	3,75	1,00	0,50	**5,25**	75,00	43,14	43,02	0,006	**0,200**	0,38	Menor a 80%	0,48	Velocidad permisible	0,24	Aceptable	0,65	Régimen subcrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.3.1.- Evaluación del circuito C

Tramo	EVALUACIÓN													
	S	Diámetro calculado		Diámetro comercial		d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A		m	"	nom. (")	int.(m)			m/s		kg/m2			
1C-2C	0,187	0,038	1,51	8	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,14	Velocidad permisible	2,19	Aceptable	4,02	Régimen supercrítico
2C-3C	0,147	0,040	1,58	8	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,01	Velocidad permisible	1,73	Aceptable	3,56	Régimen supercrítico
3C-4C	0,367	0,034	1,33	8	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,60	Velocidad permisible	4,30	Aceptable	5,64	Régimen supercrítico
4C-5C	0,140	0,040	1,59	8	**0,200**	0,09	Menor a 80%	0,99	Velocidad permisible	1,64	Aceptable	3,49	Régimen supercrítico
5C-6C	0,067	0,046	1,83	8	**0,200**	0,12	Menor a 80%	0,85	Velocidad permisible	1,03	Aceptable	2,34	Régimen supercrítico
6C-7C	0,238	0,039	1,53	8	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,29	Velocidad permisible	2,79	Aceptable	4,55	Régimen supercrítico
7C-8C	0,098	0,049	1,91	8	**0,200**	0,12	Menor a 80%	1,03	Velocidad permisible	1,52	Aceptable	2,84	Régimen supercrítico
8C-9C	0,079	0,051	2,02	8	**0,200**	0,15	Menor a 80%	1,02	Velocidad permisible	1,43	Aceptable	2,48	Régimen supercrítico
9C-10C	0,006	0,117	4,60	8	**0,200**	0,38	Menor a 80%	0,48	Velocidad permisible	0,24	Aceptable	0,65	Régimen subcrítico
10C-11C	0,006	0,117	4,60	8	**0,200**	0,38	Menor a 80%	0,48	Velocidad permisible	0,24	Aceptable	0,65	Régimen subcrítico
11C-12C	0,006	0,117	4,60	8	**0,200**	0,38	Menor a 80%	0,48	Velocidad permisible	0,24	Aceptable	0,65	Régimen subcrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Circuito D**

En el tramo 4D - 5D se integra el área acumulada del tramo 11C - 12C del circuito C.

Figura 4.16.- Circuito D
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.4.- Estimación de caudal y análisis del circuito D

Tramo	Área	CAUDAL				Longitud	Cota Terreno		ANÁLISIS									
		Máx. hor.	Inf.	Con. err.	Total				S	Diámetro	d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m)	De-A			m			m/s		kg/m2			
1C-2C	0,13	0,20	0,05	0,03	1,50	30,00	91,80	86,20	0,187	0,200	0,09	Menor a 80%	1,14	Velocidad permisible	2,19	Aceptable	4,02	Régimen supercrítico
2C-3C	0,38	0,57	0,15	0,08	1,50	36,00	86,20	80,90	0,147	0,200	0,09	Menor a 80%	1,01	Velocidad permisible	1,73	Aceptable	3,56	Régimen supercrítico
3C-4C	0,54	0,81	0,22	0,11	1,50	30,00	80,90	69,90	0,367	0,200	0,09	Menor a 80%	1,60	Velocidad permisible	4,30	Aceptable	5,64	Régimen supercrítico

4C-5C	0,63	0,94	0,25	0,13	**1,50**	25,00	69,90	66,40	0,140	**0,200**	0,09	Menor a 80%	0,99	Velocidad permisible	1,64	Aceptable	3,49	Régimen supercrítico
5C-6C	0,65	0,97	0,26	0,13	**1,50**	6,00	66,40	66,00	0,067	**0,200**	0,12	Menor a 80%	0,85	Velocidad permisible	1,03	Aceptable	2,34	Régimen supercrítico
6C-7C	0,84	1,24	0,34	0,17	**1,75**	50,00	66,00	54,10	0,238	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,29	Velocidad permisible	2,79	Aceptable	4,55	Régimen supercrítico
7C-8C	0,99	1,46	0,40	0,20	**2,05**	55,00	54,10	48,70	0,098	**0,200**	0,12	Menor a 80%	1,03	Velocidad permisible	1,52	Aceptable	2,84	Régimen supercrítico
8C-9C	0,99	1,54	0,40	0,20	**2,13**	70,00	48,70	43,20	0,079	**0,200**	0,15	Menor a 80%	1,02	Velocidad permisible	1,43	Aceptable	2,48	Régimen supercrítico
9C-10C	2,51	3,75	1,00	0,50	**5,25**	46,00	43,20	43,04	0,006	**0,200**	0,38	Menor a 80%	0,48	Velocidad permisible	0,24	Aceptable	0,65	Régimen subcrítico
10C-11C	2,51	3,75	1,00	0,50	**5,25**	75,00	43,04	43,14	0,006	**0,200**	0,38	Menor a 80%	0,48	Velocidad permisible	0,24	Aceptable	0,65	Régimen subcrítico
11C-12C	2,51	3,75	1,00	0,50	**5,25**	75,00	43,14	43,02	0,006	**0,200**	0,38	Menor a 80%	0,48	Velocidad permisible	0,24	Aceptable	0,65	Régimen subcrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.4.1.- Evaluación del circuito D

Tramo	EVALUACIÓN													
	S	Diámetro calculado		Diámetro comercial		d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A		m	"	nom. (")	int.(m)			m/s		kg/m2			
1C-2C	0,187	0,038	1,51	8	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,14	Velocidad permisible	2,19	Aceptable	4,02	Régimen supercrítico
2C-3C	0,147	0,040	1,58	8	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,01	Velocidad permisible	1,73	Aceptable	3,56	Régimen supercrítico
3C-4C	0,367	0,034	1,33	8	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,60	Velocidad permisible	4,30	Aceptable	5,64	Régimen supercrítico
4C-5C	0,140	0,040	1,59	8	**0,200**	0,09	Menor a 80%	0,99	Velocidad permisible	1,64	Aceptable	3,49	Régimen supercrítico
5C-6C	0,067	0,046	1,83	8	**0,200**	0,12	Menor a 80%	0,85	Velocidad permisible	1,03	Aceptable	2,34	Régimen supercrítico
6C-7C	0,238	0,039	1,53	8	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,29	Velocidad permisible	2,79	Aceptable	4,55	Régimen supercrítico
7C-8C	0,098	0,049	1,91	8	**0,200**	0,12	Menor a 80%	1,03	Velocidad permisible	1,52	Aceptable	2,84	Régimen supercrítico
8C-9C	0,079	0,051	2,02	8	**0,200**	0,15	Menor a 80%	1,02	Velocidad permisible	1,43	Aceptable	2,48	Régimen supercrítico
9C-10C	0,006	0,117	4,60	8	**0,200**	0,38	Menor a 80%	0,48	Velocidad permisible	0,24	Aceptable	0,65	Régimen subcrítico
10C-11C	0,006	0,117	4,60	8	**0,200**	0,38	Menor a 80%	0,48	Velocidad permisible	0,24	Aceptable	0,65	Régimen subcrítico
11C-12C	0,006	0,117	4,60	8	**0,200**	0,38	Menor a 80%	0,48	Velocidad permisible	0,24	Aceptable	0,65	Régimen subcrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Circuito E**

En el tramo 9E - 10E se integra el área acumulada del tramo 4D - 5D del circuito D.

Figura 4.17.- Circuito E
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.5.- Estimación de caudal y análisis del circuito E

Tramo	Área	CAUDAL				Longitud	Cota Terreno		ANÁLISIS									
		Máx. hor.	Inf.	Con. err.	Total				S	Diámetro	d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m)	De-A			m			m/s		kg/m2			
1E - 2E	0,13	0,19	0,05	0,03	**1,50**	15,00	72,20	69,80	0,160	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,06	Velocidad permisible	1,88	Aceptable	3,74	Régimen supercrítico
2E - 3E	0,17	0,26	0,07	0,03	**1,50**	15,00	69,80	65,05	0,317	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,49	Velocidad permisible	3,71	Aceptable	5,25	Régimen supercrítico
3E - 4E	0,30	0,46	0,12	0,06	**1,50**	15,00	65,05	62,80	0,150	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,02	Velocidad permisible	1,76	Aceptable	3,60	Régimen supercrítico
4E - 5E	0,33	0,49	0,13	0,07	**1,50**	15,00	62,80	60,00	0,187	**0,200**	0,09	Menor a 80%	1,14	Velocidad permisible	2,19	Aceptable	4,02	Régimen supercrítico

5E-1 - 5E	0,16	0,25	0,07	0,03	**1,50**	20,00	61,30	59,70	0,080	**0,200**	0,12	**Menor a 80%**	0,93	**Velocidad permisible**	1,24	**Aceptable**	2,57	**Régimen supercrítico**
5E-2 - 5E-3	0,17	0,26	0,07	0,03	**1,50**	15,00	60,00	58,00	0,133	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	0,97	**Velocidad permisible**	1,56	**Aceptable**	3,42	**Régimen supercrítico**
5E-3 - 5E	0,23	0,35	0,09	0,05	**1,50**	21,00	58,00	59,70	0,015	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	1,05	**Régimen supercrítico**
5E - 6E	0,72	1,07	0,29	0,14	**1,50**	3,00	59,70	56,82	0,960	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	2,59	**Velocidad permisible**	11,25	**Aceptable**	9,13	**Régimen supercrítico**
6E - 7E	0,81	1,19	0,32	0,16	**1,68**	53,00	56,82	50,20	0,125	**0,200**	0,12	**Menor a 80%**	1,16	**Velocidad permisible**	1,93	**Aceptable**	3,20	**Régimen supercrítico**
7E-1 - 7E	0,26	0,40	0,10	0,05	**1,50**	108,00	49,90	50,20	0,015	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	1,05	**Régimen supercrítico**
8E-1 - 8E	0,26	0,43	0,11	0,05	**1,50**	78,00	48,85	49,20	0,015	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	1,05	**Régimen supercrítico**
7E - 8E	1,07	1,57	0,43	0,21	**2,21**	113,00	50,20	49,20	0,010	**0,200**	0,22	**Menor a 80%**	0,46	**Velocidad permisible**	0,26	**Aceptable**	0,85	**Régimen subcrítico**
8E - 9E	1,33	2,10	0,53	0,27	**2,90**	41,00	49,20	43,95	0,128	**0,200**	0,15	**Menor a 80%**	1,30	**Velocidad permisible**	2,32	**Aceptable**	3,16	**Régimen supercrítico**
10E-1-1 - 10E-1-2	0,39	0,64	0,16	0,08	**1,50**	74,00	49,00	48,00	0,014	**0,200**	0,18	**Menor a 80%**	0,48	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	1,01	**Régimen supercrítico**
10E-1-2 - 10E-1	0,39	0,64	0,16	0,08	**1,50**	46,00	48,00	44,00	0,087	**0,200**	0,12	**Menor a 80%**	0,97	**Velocidad permisible**	1,34	**Aceptable**	2,68	**Régimen supercrítico**
10E-1-3 - 10E-1	0,00	0,00	0,00	0,00	**1,50**	95,00	40,80	44,00	0,015	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	1,05	**Régimen supercrítico**
10E-1 - 10E-2	0,39	0,64	0,16	0,08	**1,50**	73,00	44,00	45,00	0,015	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	1,05	**Régimen supercrítico**
10E-2 - 10E-3	0,39	0,64	0,16	0,08	**1,50**	14,00	45,00	44,90	0,015	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	1,05	**Régimen supercrítico**
10E-3 - 10E-4	0,39	0,64	0,16	0,08	**1,50**	112,00	44,00	45,00	0,015	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	1,05	**Régimen supercrítico**
10E-4 - 10E	0,39	0,64	0,16	0,08	**1,50**	92,00	45,00	47,90	0,015	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	1,05	**Régimen supercrítico**
9E - 10E	5,27	7,73	2,11	1,05	**10,90**	19,00	43,95	43,50	0,006	**0,200**	0,56	**Menor a 80%**	0,59	**Velocidad permisible**	0,32	**Aceptable**	0,63	**Régimen subcrítico**
10E - 11E	5,66	8,27	2,27	1,13	**11,66**	21,00	43,50	42,05	0,006	**0,200**	0,58	**Menor a 80%**	0,61	**Velocidad permisible**	0,32	**Aceptable**	0,63	**Régimen subcrítico**
11E - 12E	5,86	8,54	2,35	1,17	**12,06**	36,20	42,05	41,87	0,006	**0,200**	0,59	**Menor a 80%**	0,61	**Velocidad permisible**	0,33	**Aceptable**	0,62	**Régimen subcrítico**
12E - 13E	6,01	8,74	2,41	1,20	**12,35**	40,70	41,87	41,20	0,006	**0,200**	0,60	**Menor a 80%**	0,62	**Velocidad permisible**	0,33	**Aceptable**	0,62	**Régimen subcrítico**
13E-1 - 13E	0,19	0,32	0,08	0,04	**1,50**	48,90	41,20	40,92	0,012	**0,200**	0,18	**Menor a 80%**	0,45	**Velocidad permisible**	0,26	**Aceptable**	0,94	**Régimen subcrítico**
13E - 14E	6,29	9,29	2,52	1,26	**13,07**	62,90	40,92	40,00	0,006	**0,200**	0,62	**Menor a 80%**	0,63	**Velocidad permisible**	0,33	**Aceptable**	0,62	**Régimen subcrítico**

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.5.1.- Evaluación del circuito E

Tramo	EVALUACIÓN												
	S	Diámetro calculado		Diámetro comercial		d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A		m	"	nom. (")	int.(m)			m/s		kg/m2			
1E - 2E	0,160	0,039	1,55	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,06	Velocidad permisible	1,88	Aceptable	3,74	Régimen supercrítico
2E - 3E	0,317	0,035	1,37	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,49	Velocidad permisible	3,71	Aceptable	5,25	Régimen supercrítico
3E - 4E	0,150	0,040	1,57	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,02	Velocidad permisible	1,76	Aceptable	3,60	Régimen supercrítico
4E - 5E	0,187	0,038	1,51	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,14	Velocidad permisible	2,19	Aceptable	4,02	Régimen supercrítico
5E-1 - 5E	0,080	0,045	1,77	8	0,200	0,12	Menor a 80%	0,93	Velocidad permisible	1,24	Aceptable	2,57	Régimen supercrítico
5E-2 - 5E-3	0,133	0,041	1,61	8	0,200	0,09	Menor a 80%	0,97	Velocidad permisible	1,56	Aceptable	3,42	Régimen supercrítico
5E-3 - 5E	0,015	0,061	2,42	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
5E - 6E	0,960	0,028	1,11	8	0,200	0,09	Menor a 80%	2,59	Velocidad permisible	11,25	Aceptable	9,13	Régimen supercrítico
6E - 7E	0,125	0,043	1,70	8	0,200	0,12	Menor a 80%	1,16	Velocidad permisible	1,93	Aceptable	3,20	Régimen supercrítico
7E-1 - 7E	0,015	0,061	2,42	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
8E-1 - 8E	0,015	0,061	2,42	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
7E - 8E	0,010	0,077	3,02	8	0,200	0,22	Menor a 80%	0,46	Velocidad permisible	0,26	Aceptable	0,85	Régimen subcrítico
8E - 9E	0,128	0,053	2,07	8	0,200	0,15	Menor a 80%	1,30	Velocidad permisible	2,32	Aceptable	3,16	Régimen supercrítico
10E-1-1 - 10E-1-2	0,014	0,063	2,47	8	0,200	0,18	Menor a 80%	0,48	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,01	Régimen supercrítico
10E-1-2 - 10E-1	0,087	0,044	1,74	8	0,200	0,12	Menor a 80%	0,97	Velocidad permisible	1,34	Aceptable	2,68	Régimen supercrítico
10E-1-3 - 10E-1	0,015	0,061	2,42	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
10E-1 - 10E-2	0,015	0,061	2,42	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
10E-2 - 10E-3	0,015	0,061	2,42	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
10E-3 - 10E-4	0,015	0,061	2,42	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
10E-4 - 10E	0,015	0,061	2,42	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
9E - 10E	0,006	0,154	6,05	8	0,200	0,56	Menor a 80%	0,59	Velocidad permisible	0,32	Aceptable	0,63	Régimen subcrítico
10E - 11E	0,006	0,158	6,20	8	0,200	0,58	Menor a 80%	0,61	Velocidad permisible	0,32	Aceptable	0,63	Régimen subcrítico
11E - 12E	0,006	0,160	6,28	8	0,200	0,59	Menor a 80%	0,61	Velocidad permisible	0,33	Aceptable	0,62	Régimen subcrítico
12E - 13E	0,006	0,161	6,34	8	0,200	0,60	Menor a 80%	0,62	Velocidad permisible	0,33	Aceptable	0,62	Régimen subcrítico

13E-1 - 13E	0,012	0,064	2,52	8	0,200	0,18	Menor a 80%	0,45	Velocidad permisible	0,26	Aceptable	0,94	Régimen subcrítico
13E - 14E	0,006	0,164	6,47	8	0,200	0,62	Menor a 80%	0,63	Velocidad permisible	0,33	Aceptable	0,62	Régimen subcrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Circuito F**

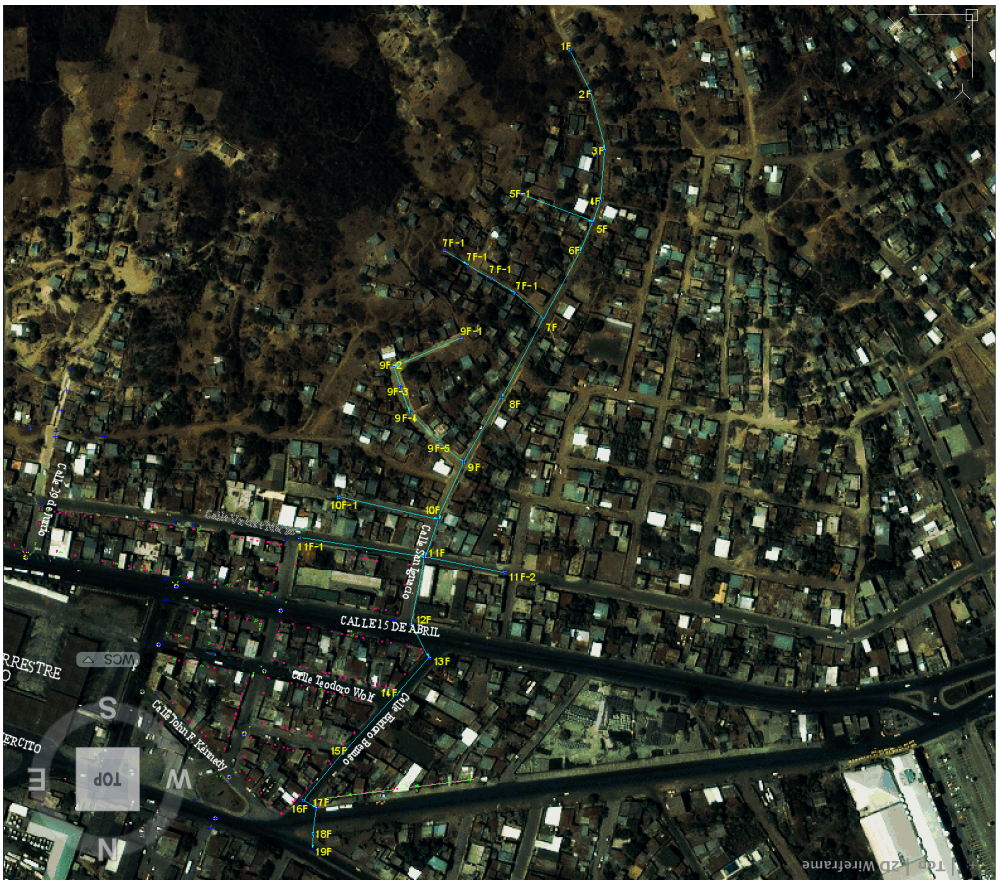


Figura 4.18.- Circuito F
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.6.- Estimación de caudal y análisis del circuito F

Tramo	Área	CAUDAL				Longitud	Cota Terreno		ANÁLISIS									
		Máx. hor.	Inf.	Con. err.	Total				S	Diámetro	d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m)	De-A			m			m/s		kg/m2			
1F - 2F	0,56	0,84	0,22	0,11	1,50	35,00	97,00	86,00	0,314	0,200	0,09	Menor a 80%	1,48	Velocidad permisible	3,68	Aceptable	5,22	Régimen supercrítico
2F - 3F	1,17	1,71	0,47	0,23	2,41	47,00	86,00	79,00	0,149	0,200	0,12	Menor a 80%	1,27	Velocidad permisible	2,30	Aceptable	3,50	Régimen supercrítico
3F - 4F	1,48	2,15	0,59	0,30	3,03	40,00	79,00	73,00	0,150	0,200	0,15	Menor a 80%	1,40	Velocidad permisible	2,72	Aceptable	3,41	Régimen supercrítico
4F - 5F	1,52	2,20	0,61	0,30	3,11	18,00	73,00	69,00	0,222	0,200	0,12	Menor a 80%	1,55	Velocidad permisible	3,43	Aceptable	4,28	Régimen supercrítico
5F-1 - 5F	0,56	0,83	0,22	0,11	1,50	60,00	77,00	69,00	0,133	0,200	0,09	Menor a 80%	0,97	Velocidad permisible	1,56	Aceptable	3,42	Régimen supercrítico
5F - 6F	2,18	3,11	0,87	0,44	4,41	40,00	69,00	67,00	0,050	0,200	0,21	Menor a 80%	1,00	Velocidad permisible	1,25	Aceptable	1,91	Régimen supercrítico

6F - 7F	2,39	3,39	0,96	0,48	**4,83**	50,00	67,00	63,00	0,080	**0,200**	0,20	**Menor a 80%**	1,21	**Velocidad permisible**	1,89	**Aceptable**	2,41	**Régimen supercrítico**
7F-1 - 7F-2	0,05	0,07	0,02	0,01	**1,50**	20,00	82,00	76,00	0,300	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	1,45	**Velocidad permisible**	3,52	**Aceptable**	5,11	**Régimen supercrítico**
7F-2 - 7F-3	0,12	0,18	0,05	0,02	**1,50**	20,00	76,00	69,00	0,350	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	1,56	**Velocidad permisible**	4,10	**Aceptable**	5,50	**Régimen supercrítico**
7F-3 - 7F-4	0,22	0,34	0,09	0,04	**1,50**	20,00	69,00	67,00	0,100	**0,200**	0,12	**Menor a 80%**	1,04	**Velocidad permisible**	1,55	**Aceptable**	2,87	**Régimen supercrítico**
7F-4 - 7F	0,32	0,49	0,13	0,06	**1,50**	30,00	67,00	62,00	0,167	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	1,08	**Velocidad permisible**	1,95	**Aceptable**	3,81	**Régimen supercrítico**
7F - 8F	3,03	4,25	1,21	0,61	**6,06**	68,00	62,00	56,00	0,088	**0,200**	0,21	**Menor a 80%**	1,32	**Velocidad permisible**	2,21	**Aceptable**	2,52	**Régimen supercrítico**
8F - 9F	3,32	4,63	1,33	0,66	**6,63**	58,00	56,00	51,00	0,086	**0,200**	0,22	**Menor a 80%**	1,34	**Velocidad permisible**	2,24	**Aceptable**	2,46	**Régimen supercrítico**
9F-1 - 9F-2	0,33	0,50	0,13	0,07	**1,50**	62,00	68,00	69,00	0,015	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	1,05	**Régimen supercrítico**
9F-2 - 9F-3	0,38	0,58	0,15	0,08	**1,50**	24,00	69,00	62,00	0,292	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	1,43	**Velocidad permisible**	3,42	**Aceptable**	5,04	**Régimen supercrítico**
9F-3 - 9F-4	0,49	0,74	0,20	0,10	**1,50**	20,00	62,00	59,00	0,150	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	1,02	**Velocidad permisible**	1,76	**Aceptable**	3,60	**Régimen supercrítico**
9F-4 - 9F-5	0,61	0,91	0,24	0,12	**1,50**	30,00	59,00	54,00	0,167	**0,200**	0,09	**Menor a 80%**	1,08	**Velocidad permisible**	1,95	**Aceptable**	3,81	**Régimen supercrítico**
9F-5 - 9F	0,67	1,01	0,27	0,13	**1,50**	25,00	54,00	51,00	0,120	**0,200**	0,12	**Menor a 80%**	1,14	**Velocidad permisible**	1,85	**Aceptable**	3,14	**Régimen supercrítico**
9F - 10F	4,04	5,57	1,62	0,81	**7,99**	52,00	51,00	47,00	0,077	**0,200**	0,25	**Menor a 80%**	1,36	**Velocidad permisible**	2,21	**Aceptable**	2,35	**Régimen supercrítico**
10F-1 - 10F	0,25	0,38	0,10	0,05	**1,50**	80,00	50,50	47,00	0,044	**0,200**	0,15	**Menor a 80%**	0,76	**Velocidad permisible**	0,79	**Aceptable**	1,85	**Régimen supercrítico**
10F - 11F	4,42	6,05	1,77	0,88	**8,71**	33,00	47,00	44,00	0,091	**0,200**	0,25	**Menor a 80%**	1,47	**Velocidad permisible**	2,61	**Aceptable**	2,55	**Régimen supercrítico**
11F-1 - 11F	0,17	0,27	0,07	0,03	**1,50**	100,00	48,00	44,00	0,040	**0,200**	0,15	**Menor a 80%**	0,72	**Velocidad permisible**	0,73	**Aceptable**	1,75	**Régimen supercrítico**
11F-2 - 11F	0,08	0,14	0,03	0,02	**1,50**	81,00	43,00	44,00	0,015	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	1,05	**Régimen supercrítico**
11F - 12F	4,78	6,79	1,91	0,96	**9,66**	53,00	44,00	41,00	0,057	**0,200**	0,29	**Menor a 80%**	1,27	**Velocidad permisible**	1,85	**Aceptable**	2,00	**Régimen supercrítico**
12F - 13F	4,78	7,89	1,91	0,96	**10,75**	30,00	41,00	39,00	0,067	**0,200**	0,30	**Menor a 80%**	1,40	**Velocidad permisible**	2,24	**Aceptable**	2,17	**Régimen supercrítico**
13F - 14F	4,94	8,13	1,98	0,99	**11,10**	38,00	39,00	39,20	0,004	**0,200**	0,64	**Menor a 80%**	0,52	**Velocidad permisible**	0,22	**Aceptable**	0,50	**Régimen subcrítico**
14F - 15F	5,15	8,45	2,06	1,03	**11,54**	62,00	39,20	39,50	0,004	**0,200**	0,65	**Menor a 80%**	0,53	**Velocidad permisible**	0,23	**Aceptable**	0,50	**Régimen subcrítico**
15F - 16F	5,27	8,64	2,11	1,05	**11,80**	48,00	39,50	40,20	0,004	**0,200**	0,67	**Menor a 80%**	0,53	**Velocidad permisible**	0,23	**Aceptable**	0,49	**Régimen subcrítico**
16F - 17F	5,27	8,64	2,11	1,05	**11,80**	10,56	40,20	40,50	0,004	**0,200**	0,67	**Menor a 80%**	0,53	**Velocidad permisible**	0,23	**Aceptable**	0,49	**Régimen subcrítico**
17F - 18F	5,27	8,64	2,11	1,05	**11,80**	19,00	40,50	41,10	0,004	**0,200**	0,67	**Menor a 80%**	0,53	**Velocidad permisible**	0,23	**Aceptable**	0,49	**Régimen subcrítico**
18F - 19F	5,27	8,64	2,11	1,05	**11,80**	10,50	41,10	41,85	0,004	**0,200**	0,67	**Menor a 80%**	0,53	**Velocidad permisible**	0,23	**Aceptable**	0,49	**Régimen subcrítico**

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.6.1.- Evaluación del circuito F

Tramo	EVALUACIÓN												
	S	Diámetro calculado		Diámetro comercial		d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A		m	"	nom. (")	int.(m)			m/s		kg/m2			
1F - 2F	0,314	0,035	1,37	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,48	Velocidad permisible	3,68	Aceptable	5,22	Régimen supercrítico
2F - 3F	0,149	0,048	1,88	8	0,200	0,12	Menor a 80%	1,27	Velocidad permisible	2,30	Aceptable	3,50	Régimen supercrítico
3F - 4F	0,150	0,052	2,05	8	0,200	0,15	Menor a 80%	1,40	Velocidad permisible	2,72	Aceptable	3,41	Régimen supercrítico
4F - 5F	0,222	0,049	1,92	8	0,200	0,12	Menor a 80%	1,55	Velocidad permisible	3,43	Aceptable	4,28	Régimen supercrítico
5F-1 - 5F	0,133	0,041	1,61	8	0,200	0,09	Menor a 80%	0,97	Velocidad permisible	1,56	Aceptable	3,42	Régimen supercrítico
5F - 6F	0,050	0,074	2,90	8	0,200	0,21	Menor a 80%	1,00	Velocidad permisible	1,25	Aceptable	1,91	Régimen supercrítico
6F - 7F	0,080	0,070	2,74	8	0,200	0,20	Menor a 80%	1,21	Velocidad permisible	1,89	Aceptable	2,41	Régimen supercrítico
7F-1 - 7F-2	0,300	0,035	1,38	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,45	Velocidad permisible	3,52	Aceptable	5,11	Régimen supercrítico
7F-2 - 7F-3	0,350	0,034	1,34	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,56	Velocidad permisible	4,10	Aceptable	5,50	Régimen supercrítico
7F-3 - 7F-4	0,100	0,043	1,70	8	0,200	0,12	Menor a 80%	1,04	Velocidad permisible	1,55	Aceptable	2,87	Régimen supercrítico
7F-4 - 7F	0,167	0,039	1,54	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,08	Velocidad permisible	1,95	Aceptable	3,81	Régimen supercrítico
7F - 8F	0,088	0,074	2,93	8	0,200	0,21	Menor a 80%	1,32	Velocidad permisible	2,21	Aceptable	2,52	Régimen supercrítico
8F - 9F	0,086	0,077	3,04	8	0,200	0,22	Menor a 80%	1,34	Velocidad permisible	2,24	Aceptable	2,46	Régimen supercrítico
9F-1 - 9F-2	0,015	0,061	2,42	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
9F-2 - 9F-3	0,292	0,035	1,39	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,43	Velocidad permisible	3,42	Aceptable	5,04	Régimen supercrítico
9F-3 - 9F-4	0,150	0,040	1,57	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,02	Velocidad permisible	1,76	Aceptable	3,60	Régimen supercrítico
9F-4 - 9F-5	0,167	0,039	1,54	8	0,200	0,09	Menor a 80%	1,08	Velocidad permisible	1,95	Aceptable	3,81	Régimen supercrítico
9F-5 - 9F	0,120	0,042	1,64	8	0,200	0,12	Menor a 80%	1,14	Velocidad permisible	1,85	Aceptable	3,14	Régimen supercrítico
9F - 10F	0,077	0,085	3,34	8	0,200	0,25	Menor a 80%	1,36	Velocidad permisible	2,21	Aceptable	2,35	Régimen supercrítico
10F-1 - 10F	0,044	0,050	1,98	8	0,200	0,15	Menor a 80%	0,76	Velocidad permisible	0,79	Aceptable	1,85	Régimen supercrítico
10F - 11F	0,091	0,085	3,34	8	0,200	0,25	Menor a 80%	1,47	Velocidad permisible	2,61	Aceptable	2,55	Régimen supercrítico
11F-1 - 11F	0,040	0,051	2,01	8	0,200	0,15	Menor a 80%	0,72	Velocidad permisible	0,73	Aceptable	1,75	Régimen supercrítico
11F-2 - 11F	0,015	0,061	2,42	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
11F - 12F	0,057	0,096	3,79	8	0,200	0,29	Menor a 80%	1,27	Velocidad permisible	1,85	Aceptable	2,00	Régimen supercrítico
12F - 13F	0,067	0,097	3,83	8	0,200	0,30	Menor a 80%	1,40	Velocidad permisible	2,24	Aceptable	2,17	Régimen supercrítico

13F - 14F	0,004	0,167	6,57	8	0,200	0,64	Menor a 80%	0,52	Velocidad permisible	0,22	Aceptable	0,50	Régimen subcrítico
14F - 15F	0,004	0,169	6,67	8	0,200	0,65	Menor a 80%	0,53	Velocidad permisible	0,23	Aceptable	0,50	Régimen subcrítico
15F - 16F	0,004	0,171	6,72	8	0,200	0,67	Menor a 80%	0,53	Velocidad permisible	0,23	Aceptable	0,49	Régimen subcrítico
16F - 17F	0,004	0,171	6,72	8	0,200	0,67	Menor a 80%	0,53	Velocidad permisible	0,23	Aceptable	0,49	Régimen subcrítico
17F - 18F	0,004	0,171	6,72	8	0,200	0,67	Menor a 80%	0,53	Velocidad permisible	0,23	Aceptable	0,49	Régimen subcrítico
18F - 19F	0,004	0,171	6,72	8	0,200	0,67	Menor a 80%	0,53	Velocidad permisible	0,23	Aceptable	0,49	Régimen subcrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Circuito G**

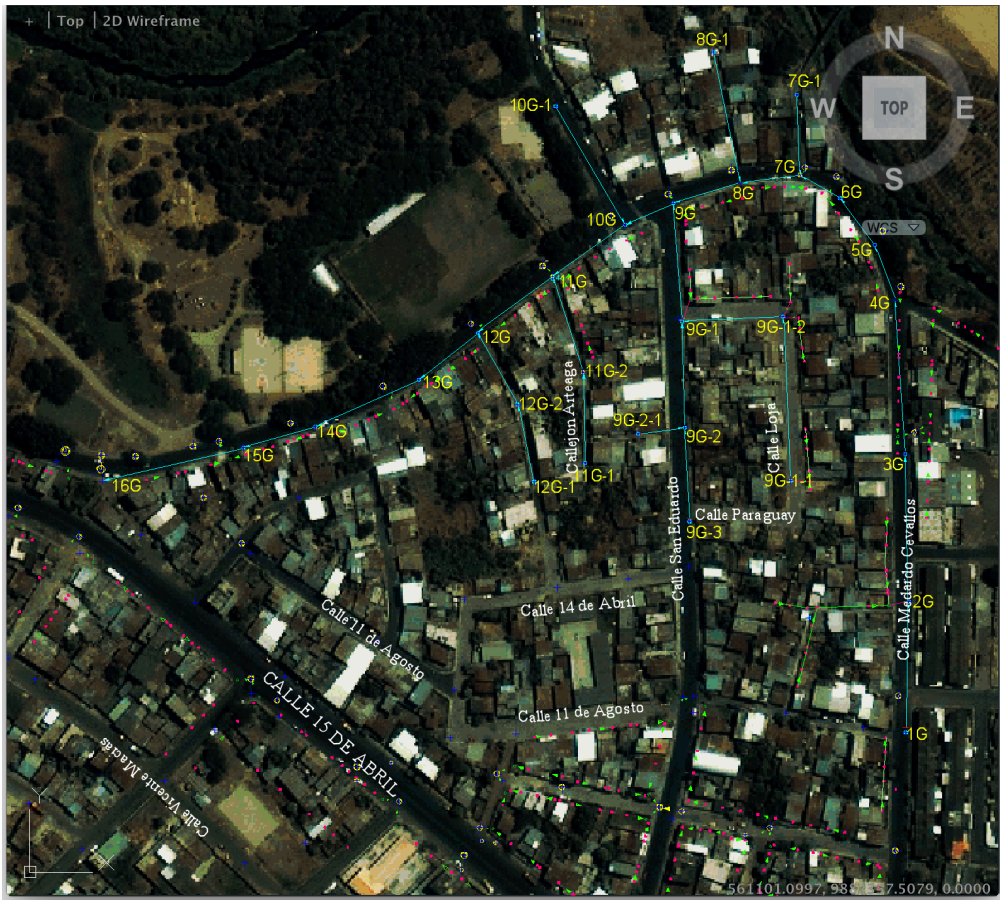


Figura 4.19.- Circuito G
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.7.- Estimación de caudal y análisis del circuito G

Tramo	Área	CAUDAL				Longitud	Cota Terreno		ANÁLISIS									
		Máx. hor.	Inf.	Con. err.	Total				S	Diámetro	d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m)	De-A			m			m/s		kg/m2			
1G - 2G	0,19	0,33	0,08	0,04	1,50	67,00	43,20	39,85	0,050	0,200	0,12	Menor a 80%	0,73	Velocidad permisible	0,77	Aceptable	2,01	Régimen supercrítico
2G - 3G	0,54	0,93	0,22	0,11	1,50	76,00	39,85	38,00	0,024	0,200	0,15	Menor a 80%	0,57	Velocidad permisible	0,44	Aceptable	1,39	Régimen supercrítico
3G - 4G	0,72	1,23	0,29	0,14	1,66	80,00	38,00	38,90	0,012	0,200	0,18	Menor a 80%	0,45	Velocidad permisible	0,26	Aceptable	0,94	Régimen subcrítico
4G - 5G	0,72	1,23	0,29	0,14	1,66	29,00	38,90	39,20	0,012	0,200	0,18	Menor a 80%	0,45	Velocidad permisible	0,26	Aceptable	0,94	Régimen subcrítico
5G - 6G	0,72	1,23	0,29	0,14	1,66	29,17	39,20	39,00	0,012	0,200	0,18	Menor a 80%	0,45	Velocidad permisible	0,26	Aceptable	0,94	Régimen subcrítico
6G - 7G	0,74	1,26	0,30	0,15	1,71	22,00	39,00	38,30	0,032	0,200	0,15	Menor a 80%	0,65	Velocidad permisible	0,58	Aceptable	1,58	Régimen supercrítico

7G-1 - 7G	0,21	0,37	0,08	0,04	**1,50**	40,00	37,00	38,30	0,012	**0,200**	0,18	**Menor a 80%**	0,45	**Velocidad permisible**	0,26	**Aceptable**	0,94	**Régimen subcrítico**
7G - 8G	0,97	1,64	0,39	0,19	**2,22**	32,00	38,30	36,80	0,047	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,84	**Velocidad permisible**	0,94	**Aceptable**	1,88	**Régimen supercrítico**
8G-1 - 8G	0,18	0,31	0,07	0,04	**1,50**	69,00	38,00	36,80	0,017	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,51	**Velocidad permisible**	0,35	**Aceptable**	1,14	**Régimen supercrítico**
8G - 9G	1,30	2,18	0,52	0,26	**2,96**	59,00	36,80	36,88	0,009	**0,200**	0,26	**Menor a 80%**	0,48	**Velocidad permisible**	0,27	**Aceptable**	0,81	**Régimen subcrítico**
9G-3 - 9G-2	0,26	0,45	0,10	0,05	**1,50**	50,00	39,00	38,00	0,020	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,55	**Velocidad permisible**	0,40	**Aceptable**	1,23	**Régimen supercrítico**
9G-2-1 - 9G-2	0,09	0,17	0,04	0,02	**1,50**	23,00	38,10	38,00	0,012	**0,200**	0,18	**Menor a 80%**	0,45	**Velocidad permisible**	0,26	**Aceptable**	0,94	**Régimen subcrítico**
9G-2 - 9G-1	0,60	1,03	0,24	0,12	**1,50**	52,00	38,00	37,50	0,012	**0,200**	0,18	**Menor a 80%**	0,45	**Velocidad permisible**	0,26	**Aceptable**	0,94	**Régimen subcrítico**
9G-1-1 - 9G-1-2	0,74	1,25	0,29	0,15	**1,70**	85,00	39,00	38,00	0,012	**0,200**	0,18	**Menor a 80%**	0,45	**Velocidad permisible**	0,26	**Aceptable**	0,94	**Régimen subcrítico**
9G-1-2 - 9G-1	0,95	1,61	0,38	0,19	**2,18**	58,00	38,00	37,50	0,012	**0,200**	0,21	**Menor a 80%**	0,49	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	0,93	**Régimen subcrítico**
9G-1 - 9G	1,79	2,95	0,71	0,36	**4,02**	61,00	37,50	36,88	0,010	**0,200**	0,29	**Menor a 80%**	0,54	**Velocidad permisible**	0,33	**Aceptable**	0,85	**Régimen subcrítico**
9G - 10G	3,18	5,09	1,27	0,64	**7,00**	26,00	36,88	36,00	0,034	**0,200**	0,28	**Menor a 80%**	0,97	**Velocidad permisible**	1,08	**Aceptable**	1,56	**Régimen supercrítico**
10G-1 - 10G	0,14	0,24	0,05	0,03	**1,50**	69,30	37,00	36,00	0,014	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,46	**Velocidad permisible**	0,29	**Aceptable**	1,03	**Régimen supercrítico**
10G - 11G	3,31	5,30	1,33	0,66	**7,28**	45,00	36,00	36,20	0,004	**0,200**	0,50	**Menor a 80%**	0,46	**Velocidad permisible**	0,20	**Aceptable**	0,53	**Régimen subcrítico**
11G-1 - 11G-2	0,25	0,44	0,10	0,05	**1,50**	50,00	39,00	37,00	0,015	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	1,05	**Régimen supercrítico**
11G-2 - 11G	0,32	0,55	0,13	0,06	**1,50**	55,00	37,00	36,20	0,015	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,29	**Aceptable**	1,05	**Régimen supercrítico**
11G - 12G	3,63	5,77	1,45	0,73	**7,95**	45,00	36,20	37,90	0,006	**0,200**	0,47	**Menor a 80%**	0,54	**Velocidad permisible**	0,28	**Aceptable**	0,64	**Régimen subcrítico**
12G-1 - 12G-2	0,61	1,04	0,24	0,12	**1,50**	40,00	39,00	37,00	0,050	**0,200**	0,12	**Menor a 80%**	0,73	**Velocidad permisible**	0,77	**Aceptable**	2,01	**Régimen supercrítico**
12G-2 - 12G	0,64	1,10	0,26	0,13	**1,50**	42,00	37,00	36,20	0,019	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,53	**Velocidad permisible**	0,38	**Aceptable**	1,18	**Régimen supercrítico**
12G - 13G	4,27	6,72	1,71	0,85	**9,28**	37,00	36,20	37,90	0,004	**0,200**	0,58	**Menor a 80%**	0,49	**Velocidad permisible**	0,21	**Aceptable**	0,51	**Régimen subcrítico**
13G - 14G	4,27	6,72	1,71	0,85	**9,28**	58,00	37,90	38,00	0,004	**0,200**	0,58	**Menor a 80%**	0,49	**Velocidad permisible**	0,21	**Aceptable**	0,51	**Régimen subcrítico**
14G - 15G	4,27	6,72	1,71	0,85	**9,28**	37,30	38,00	39,00	0,004	**0,200**	0,58	**Menor a 80%**	0,49	**Velocidad permisible**	0,21	**Aceptable**	0,51	**Régimen subcrítico**
15G - 16G	4,27	6,72	1,71	0,85	**9,28**	73,50	39,00	41,75	0,004	**0,200**	0,58	**Menor a 80%**	0,49	**Velocidad permisible**	0,21	**Aceptable**	0,51	**Régimen subcrítico**

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.7.1.- Evaluación del circuito G

Tramo	EVALUACIÓN												
	S	Diámetro calculado		Diámetro comercial		d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A		m	"	nom. (")	int.(m)			m/s		kg/m2			
1G - 2G	0,050	0,049	1,93	8	0,200	0,12	Menor a 80%	0,73	Velocidad permisible	0,77	Aceptable	2,01	Régimen supercrítico
2G - 3G	0,024	0,056	2,21	8	0,200	0,15	Menor a 80%	0,57	Velocidad permisible	0,44	Aceptable	1,39	Régimen supercrítico
3G - 4G	0,012	0,067	2,62	8	0,200	0,18	Menor a 80%	0,45	Velocidad permisible	0,26	Aceptable	0,94	Régimen subcrítico
4G - 5G	0,012	0,067	2,62	8	0,200	0,18	Menor a 80%	0,45	Velocidad permisible	0,26	Aceptable	0,94	Régimen subcrítico
5G - 6G	0,012	0,067	2,62	8	0,200	0,18	Menor a 80%	0,45	Velocidad permisible	0,26	Aceptable	0,94	Régimen subcrítico
6G - 7G	0,032	0,056	2,21	8	0,200	0,15	Menor a 80%	0,65	Velocidad permisible	0,58	Aceptable	1,58	Régimen supercrítico
7G-1 - 7G	0,012	0,064	2,52	8	0,200	0,18	Menor a 80%	0,45	Velocidad permisible	0,26	Aceptable	0,94	Régimen subcrítico
7G - 8G	0,047	0,058	2,27	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,84	Velocidad permisible	0,94	Aceptable	1,88	Régimen supercrítico
8G-1 - 8G	0,017	0,060	2,35	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,51	Velocidad permisible	0,35	Aceptable	1,14	Régimen supercrítico
8G - 9G	0,009	0,087	3,44	8	0,200	0,26	Menor a 80%	0,48	Velocidad permisible	0,27	Aceptable	0,81	Régimen subcrítico
9G-3 - 9G-2	0,020	0,058	2,29	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,55	Velocidad permisible	0,40	Aceptable	1,23	Régimen supercrítico
9G-2-1 - 9G-2	0,012	0,064	2,52	8	0,200	0,18	Menor a 80%	0,45	Velocidad permisible	0,26	Aceptable	0,94	Régimen subcrítico
9G-2 - 9G-1	0,012	0,064	2,52	8	0,200	0,18	Menor a 80%	0,45	Velocidad permisible	0,26	Aceptable	0,94	Régimen subcrítico
9G-1-1 - 9G-1-2	0,012	0,067	2,65	8	0,200	0,18	Menor a 80%	0,45	Velocidad permisible	0,26	Aceptable	0,94	Régimen subcrítico
9G-1-2 - 9G-1	0,012	0,074	2,90	8	0,200	0,21	Menor a 80%	0,49	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	0,93	Régimen subcrítico
9G-1 - 9G	0,010	0,096	3,77	8	0,200	0,29	Menor a 80%	0,54	Velocidad permisible	0,33	Aceptable	0,85	Régimen subcrítico
9G - 10G	0,034	0,094	3,70	8	0,200	0,28	Menor a 80%	0,97	Velocidad permisible	1,08	Aceptable	1,56	Régimen supercrítico
10G-1 - 10G	0,014	0,062	2,44	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,46	Velocidad permisible	0,29	Aceptable	1,03	Régimen supercrítico
10G - 11G	0,004	0,143	5,61	8	0,200	0,50	Menor a 80%	0,46	Velocidad permisible	0,20	Aceptable	0,53	Régimen subcrítico
11G-1 - 11G-2	0,015	0,061	2,42	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
11G-2 - 11G	0,015	0,062	2,43	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,29	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
11G - 12G	0,006	0,136	5,37	8	0,200	0,47	Menor a 80%	0,54	Velocidad permisible	0,28	Aceptable	0,64	Régimen subcrítico

12G-1 - 12G-2	0,050	0,049	1,93	8	0,200	0,12	Menor a 80%	0,73	Velocidad permisible	0,77	Aceptable	2,01	Régimen supercrítico
12G-2 - 12G	0,019	0,059	2,31	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,53	Velocidad permisible	0,38	Aceptable	1,18	Régimen supercrítico
12G - 13G	0,004	0,156	6,14	8	0,200	0,58	Menor a 80%	0,49	Velocidad permisible	0,21	Aceptable	0,51	Régimen subcrítico
13G - 14G	0,004	0,156	6,14	8	0,200	0,58	Menor a 80%	0,49	Velocidad permisible	0,21	Aceptable	0,51	Régimen subcrítico
14G - 15G	0,010	0,131	5,17	8	0,200	0,45	Menor a 80%	0,68	Velocidad permisible	0,46	Aceptable	0,83	Régimen subcrítico
15G - 16G	0,004	0,156	6,14	8	0,200	0,58	Menor a 80%	0,49	Velocidad permisible	0,21	Aceptable	0,51	Régimen subcrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Circuito H**

Figura 4.20.- Circuito H
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.8.- Estimación de caudal y análisis del circuito H

Tramo	Área	CAUDAL				Longitud	Cota Terreno		ANÁLISIS										
		Máx. hor.	Inf.	Con. err.	Total				S	Diámetro	d/D		Vr		τ		Número de Froude		
De-A	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m)	De-A			m			m/s		kg/m2				
1H - 2H	0,18	0,33	0,07	0,04	1,50	36,00	40,50	40,00	0,014	0,200	0,17	Menor a 80%	0,46	Velocidad permisible	0,28	Aceptable	1,03	Régimen supercrítico
2H - 3H	0,32	0,58	0,13	0,06	1,50	48,00	40,00	39,30	0,015	0,200	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,29	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
3H - 4H	0,43	0,76	0,17	0,09	1,50	46,00	39,30	40,90	0,012	0,200	0,18	Menor a 80%	0,45	Velocidad permisible	0,26	Aceptable	0,94	Régimen subcrítico
4H-1 - 4H-2	0,28	0,51	0,11	0,06	1,50	85,00	40,20	40,10	0,015	0,200	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
4H-2 - 4H	0,48	0,86	0,19	0,10	1,50	46,00	40,10	40,90	0,012	0,200	0,18	Menor a 80%	0,45	Velocidad permisible	0,26	Aceptable	0,94	Régimen subcrítico
4H - 5H	0,96	1,69	0,39	0,19	2,27	24,00	40,90	42,00	0,010	0,200	0,22	Menor a 80%	0,46	Velocidad permisible	0,26	Aceptable	0,85	Régimen subcrítico

5H - 6H	1,08	1,88	0,43	0,22	**2,53**	33,00	42,00	41,80	0,010	**0,200**	0,23	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,27	Aceptable	0,84	Régimen subcrítico
6H - 7H	1,09	1,90	0,44	0,22	**2,55**	25,00	41,80	42,00	0,010	**0,200**	0,23	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,27	Aceptable	0,84	Régimen subcrítico
12H - 7H	0,01	0,02	0,00	0,00	**1,50**	90,00	43,90	42,00	0,021	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,56	Velocidad permisible	0,42	Aceptable	1,25	Régimen supercrítico
7H - 8H	1,10	1,92	0,44	0,22	**2,58**	30,00	42,00	42,20	0,010	**0,200**	0,23	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,27	Aceptable	0,84	Régimen subcrítico
9H - 10H	0,28	0,51	0,11	0,06	**1,50**	67,00	40,30	41,75	0,015	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
10H-1 - 10H-2	0,21	0,38	0,08	0,04	**1,50**	40,00	42,90	42,07	0,021	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,56	Velocidad permisible	0,42	Aceptable	1,25	Régimen supercrítico
10H-2-1 - 10H-2	0,10	0,19	0,04	0,02	**1,50**	50,00	41,20	42,07	0,015	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
10H-2 - 10H	0,41	0,73	0,16	0,08	**1,50**	50,00	42,07	40,80	0,025	**0,200**	0,15	Menor a 80%	0,58	Velocidad permisible	0,46	Aceptable	1,41	Régimen supercrítico
10H - 11H	0,41	0,73	0,16	0,08	**1,50**	6,00	40,80	42,10	0,015	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
11H - 12H	0,41	0,73	0,16	0,08	**1,50**	56,00	42,10	43,90	0,015	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
12H-1 - 12H	0,01	0,02	0,00	0,00	**1,50**	38,00	44,10	43,90	0,005	**0,200**	0,21	Menor a 80%	0,32	Velocidad baja	0,13	Aceptable	0,61	Régimen subcrítico
12H - 13H	0,41	0,73	0,16	0,08	**1,50**	82,00	43,90	44,90	0,015	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.8.1.- Evaluación del circuito H

Tramo	EVALUACIÓN												
	S	Diámetro calculado		Diámetro comercial		d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A		m	"	nom. (")	int.(m)			m/s		kg/m2			
1H - 2H	0,014	0,062	2,46	8	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,46	Velocidad permisible	0,28	Aceptable	1,03	Régimen supercrítico
2H - 3H	0,015	0,062	2,43	8	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,29	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
3H - 4H	0,012	0,064	2,52	8	**0,200**	0,18	Menor a 80%	0,45	Velocidad permisible	0,26	Aceptable	0,94	Régimen subcrítico
4H-1 - 4H-2	0,015	0,061	2,42	8	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico
4H-2 - 4H	0,012	0,064	2,52	8	**0,200**	0,18	Menor a 80%	0,45	Velocidad permisible	0,26	Aceptable	0,94	Régimen subcrítico
4H - 5H	0,010	0,077	3,05	8	**0,200**	0,22	Menor a 80%	0,46	Velocidad permisible	0,26	Aceptable	0,85	Régimen subcrítico
5H - 6H	0,010	0,081	3,18	8	**0,200**	0,23	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,27	Aceptable	0,84	Régimen subcrítico
6H - 7H	0,010	0,081	3,19	8	**0,200**	0,23	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,27	Aceptable	0,84	Régimen subcrítico
12H - 7H	0,021	0,058	2,27	8	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,56	Velocidad permisible	0,42	Aceptable	1,25	Régimen supercrítico
7H - 8H	0,010	0,081	3,20	8	**0,200**	0,23	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,27	Aceptable	0,84	Régimen subcrítico
9H - 10H	0,015	0,061	2,42	8	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,30	Aceptable	1,05	Régimen supercrítico

10H-1 - 10H-2	0,021	0,058	2,28	8	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,56	**Velocidad permisible**	0,42	**Aceptable**	1,25	**Régimen supercrítico**
10H-2-1 - 10H-2	0,015	0,061	2,42	8	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	1,05	**Régimen supercrítico**
10H-2 - 10H	0,025	0,056	2,19	8	**0,200**	0,15	**Menor a 80%**	0,58	**Velocidad permisible**	0,46	**Aceptable**	1,41	**Régimen supercrítico**
10H - 11H	0,015	0,061	2,42	8	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	1,05	**Régimen supercrítico**
11H - 12H	0,015	0,061	2,42	8	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	1,05	**Régimen supercrítico**
12H-1 - 12H	0,015	0,061	2,42	8	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	1,05	**Régimen supercrítico**
12H - 13H	0,015	0,061	2,42	8	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,30	**Aceptable**	1,05	**Régimen supercrítico**

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Circuito I**

Figura 4.21.- Circuito I
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.9.- Estimación de caudal y análisis del circuito I

Tramo	Área	CAUDAL				Longitud	Cota Terreno		ANÁLISIS									
		Máx. hor.	Inf.	Con. err.	Total				S	Diámetro	d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m)	De-A			m			m/s		kg/m2			
1I - 2I	0,93	1,67	0,37	0,19	2,23	106,00	36,00	37,90	0,020	0,200	0,20	Menor a 80%	0,61	Velocidad permisible	0,47	Aceptable	1,22	Régimen supercrítico
2I - 3I	1,14	2,02	0,45	0,23	2,70	82,00	37,90	37,10	0,020	0,200	0,21	Menor a 80%	0,63	Velocidad permisible	0,50	Aceptable	1,20	Régimen supercrítico
3I-1 - 3I	0,04	0,08	0,02	0,01	1,50	11,00	37,10	37,20	0,020	0,200	0,17	Menor a 80%	0,55	Velocidad permisible	0,40	Aceptable	1,23	Régimen supercrítico
3I - 4I	1,29	2,27	0,51	0,26	3,04	57,00	37,20	38,05	0,020	0,200	0,22	Menor a 80%	0,65	Velocidad permisible	0,52	Aceptable	1,19	Régimen supercrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.9.1.- Evaluación del circuito I

Tramo	EVALUACIÓN												
	S	Diámetro calculado		Diámetro comercial		d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A		m	"	nom. (")	int.(m)			m/s		kg/m2			
1I - 2I	0,020	0,068	2,66	8	0,200	0,20	Menor a 80%	0,61	Velocidad permisible	0,47	Aceptable	1,22	Régimen supercrítico
2I - 3I	0,020	0,073	2,86	8	0,200	0,21	Menor a 80%	0,63	Velocidad permisible	0,50	Aceptable	1,20	Régimen supercrítico
3I-1 - 3I	0,020	0,058	2,29	8	0,200	0,17	Menor a 80%	0,55	Velocidad permisible	0,40	Aceptable	1,23	Régimen supercrítico
3I - 4I	0,020	0,076	2,99	8	0,200	0,22	Menor a 80%	0,65	Velocidad permisible	0,52	Aceptable	1,19	Régimen supercrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Circuito J**

Figura 4.22.- Circuito J
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.10.- Estimación de caudal y análisis del circuito J

Tramo	Área	CAUDAL				Longitud	Cota Terreno		ANÁLISIS									
		Máx. hor.	Inf.	Con. err.	Total				S	Diámetro	d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m)	De-A			m			m/s		kg/m2			
1J-2J	0,68	1,45	0,27	0,14	1,86	198,00	46,90	44,20	0,014	0,600	0,09	Menor a 80%	0,64	Velocidad permisible	0,48	Aceptable	1,30	Régimen supercrítico
2J-3J	1,47	3,02	0,59	0,29	3,91	146,00	44,20	41,00	0,022	0,600	0,09	Menor a 80%	0,81	Velocidad permisible	0,77	Aceptable	1,65	Régimen supercrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.10.1.- Evaluación del circuito J

Tramo	EVALUACIÓN													
	S	Diámetro calculado		Diámetro comercial		d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A		m	"	nom. (")	int.(m)			m/s		kg/m2			
1J-2J	0,014	0,068	2,67	8	0,200	0,20	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,32	Aceptable	1,00	Régimen subcrítico
2J-3J	0,022	0,082	3,23	8	0,200	0,23	Menor a 80%	0,70	Velocidad permisible	0,60	Aceptable	1,25	Régimen supercrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Circuito AA**

En el tramo 1AA - 2AA se integra el área acumulada de aquellas no incluidas en la zona delimitada de estudio, la cual es equivalente a 100,57 ha.

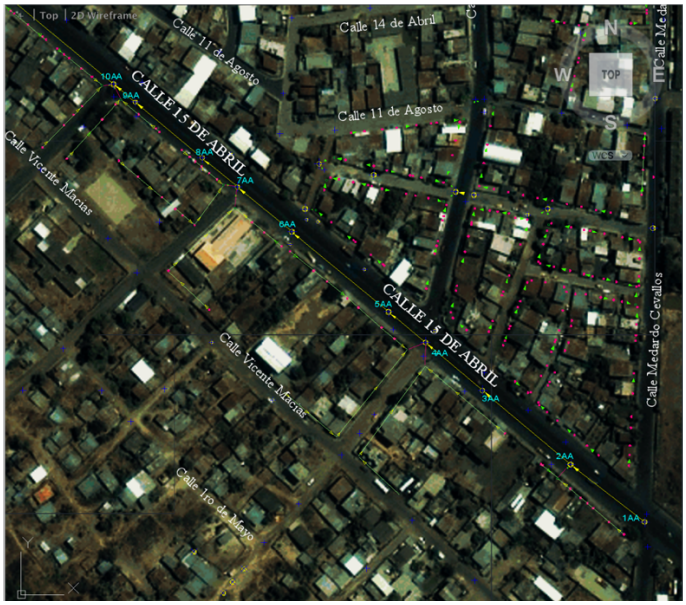


Figura 4.23.- Circuito AA
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Figura 4.23.1.- Circuito AA
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Figura 4.23.2.- Circuito AA
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.11.- Estimación de caudal y análisis del circuito AA

Tramo	Área	CAUDAL				Longitud	Cota Terreno		ANÁLISIS									
		Máx. hor.	Inf.	Con. err.	Total				S	Diámetro	d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m)	De-A			m			m/s		kg/m2			
1AA-2AA	100,57	117,69	40,23	20,11	**178,03**	56,00	44,10	44,00	0,004	**0,500**	0,65	Menor a 80%	1,31	Velocidad permisible	0,56	Aceptable	0,79	Régimen subcrítico
2AA-3AA	100,90	120,07	40,36	20,18	**180,61**	67,10	44,00	43,68	0,005	**0,500**	0,62	Menor a 80%	1,41	Velocidad permisible	0,66	Aceptable	0,88	Régimen subcrítico
3AA-4AA	100,90	120,07	40,36	20,18	**180,61**	72,60	43,68	43,40	0,004	**0,500**	0,66	Menor a 80%	1,30	Velocidad permisible	0,55	Aceptable	0,77	Régimen subcrítico
4AA-5AA	102,15	121,32	40,86	20,43	**182,61**	47,20	43,40	43,37	0,003	**0,500**	0,72	Menor a 80%	1,20	Velocidad permisible	0,44	Aceptable	0,66	Régimen subcrítico
5AA-6AA	102,15	121,32	40,86	20,43	**182,61**	24,30	43,37	43,24	0,005	**0,500**	0,60	Menor a 80%	1,46	Velocidad permisible	0,74	Aceptable	0,93	Régimen subcrítico
6AA-7AA	102,15	121,32	40,86	20,43	**182,61**	90,10	43,24	43,55	0,004	**0,500**	0,66	Menor a 80%	1,33	Velocidad permisible	0,57	Aceptable	0,79	Régimen subcrítico
7AA-8AA	102,63	121,80	41,05	20,53	**183,37**	41,00	43,55	43,52	0,004	**0,500**	0,66	Menor a 80%	1,33	Velocidad permisible	0,57	Aceptable	0,79	Régimen subcrítico
8AA-9AA	102,63	121,80	41,05	20,53	**183,37**	31,00	43,52	44,00	0,004	**0,500**	0,66	Menor a 80%	1,33	Velocidad permisible	0,57	Aceptable	0,79	Régimen subcrítico
9AA-10AA	102,63	121,80	41,05	20,53	**183,37**	51,60	44,00	45,15	0,004	**0,500**	0,66	Menor a 80%	1,33	Velocidad permisible	0,57	Aceptable	0,79	Régimen subcrítico
10AA-11AA	102,91	122,08	41,16	20,58	**183,82**	20,00	45,15	44,56	0,029	**0,500**	0,38	Menor a 80%	2,68	Velocidad permisible	2,98	Aceptable	2,29	Régimen supercrítico

11AA-12AA	103,37	122,53	41,35	20,67	**184,55**	116,80	44,56	44,40	0,003	**0,500**	0,72	Menor a 80%	1,20	Velocidad permisible	0,44	Aceptable	0,66	Régimen subcrítico
12AA-13AA	103,47	122,64	41,39	20,69	**184,72**	37,00	44,40	44,93	0,003	**0,500**	0,72	Menor a 80%	1,20	Velocidad permisible	0,44	Aceptable	0,66	Régimen subcrítico
13AA-14AA	103,75	122,91	41,50	20,75	**185,16**	88,00	44,93	44,83	0,003	**0,500**	0,73	Menor a 80%	1,21	Velocidad permisible	0,44	Aceptable	0,66	Régimen subcrítico
14AA-15AA	104,05	123,21	41,62	20,81	**185,64**	86,80	44,83	43,14	0,019	**0,500**	0,42	Menor a 80%	2,31	Velocidad permisible	2,14	Aceptable	1,84	Régimen supercrítico
15AA-16AA	104,20	123,36	41,68	20,84	**185,89**	107,00	43,14	43,00	0,003	**0,500**	0,73	Menor a 80%	1,21	Velocidad permisible	0,44	Aceptable	0,66	Régimen subcrítico
16AA-17AA	104,63	123,79	41,85	20,93	**186,57**	117,00	43,00	43,60	0,003	**0,500**	0,73	Menor a 80%	1,21	Velocidad permisible	0,44	Aceptable	0,66	Régimen subcrítico
17AA-18AA	105,07	124,23	42,03	21,01	**187,27**	113,00	43,60	41,90	0,015	**0,500**	0,45	Menor a 80%	2,11	Velocidad permisible	1,73	Aceptable	1,62	Régimen supercrítico
18AA-19AA	105,07	124,23	42,03	21,01	**187,27**	53,00	41,90	39,80	0,040	**0,500**	0,35	Menor a 80%	3,01	Velocidad permisible	3,79	Aceptable	2,68	Régimen supercrítico
19AA-20AA	105,07	135,59	42,03	21,01	**198,63**	34,40	39,80	39,20	0,017	**0,500**	0,45	Menor a 80%	2,27	Velocidad permisible	2,01	Aceptable	1,74	Régimen supercrítico
20AA-1 - 20AA-2	0,49	1,02	0,20	0,10	**1,50**	107,00	39,20	38,97	0,007	**0,200**	0,18	Menor a 80%	0,45	Velocidad permisible	0,14	Aceptable	0,94	Régimen subcrítico
20AA-2 - 20AA-3	1,20	2,47	0,48	0,24	**3,19**	28,00	38,97	39,10	0,006	**0,200**	0,26	Menor a 80%	0,53	Velocidad permisible	0,18	Aceptable	0,89	Régimen subcrítico
20AA-3 - 20AA	1,50	3,11	0,60	0,30	**4,02**	33,00	39,10	39,20	0,005	**0,200**	0,30	Menor a 80%	0,52	Velocidad permisible	0,17	Aceptable	0,80	Régimen subcrítico
20AA - 21AA	107,35	149,73	42,94	21,47	**214,14**	32,00	39,20	40,11	0,004	**0,500**	0,73	Menor a 80%	1,39	Velocidad permisible	0,59	Aceptable	0,76	Régimen subcrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.11.1.- Evaluación del circuito AA

Tramo	EVALUACIÓN												
	S	Diámetro calculado		Diámetro comercial		d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A		m	"	nom. (")	int.(m)			m/s		kg/m2			
1AA-2AA	0,004	0,421	16,56	20	**0,500**	0,65	Menor a 80%	1,31	Velocidad permisible	0,56	Aceptable	0,79	Régimen subcrítico
2AA-3AA	0,005	0,409	16,11	20	**0,500**	0,62	Menor a 80%	1,41	Velocidad permisible	0,66	Aceptable	0,88	Régimen subcrítico
3AA-4AA	0,004	0,426	16,76	20	**0,500**	0,66	Menor a 80%	1,30	Velocidad permisible	0,55	Aceptable	0,77	Régimen subcrítico
4AA-5AA	0,003	0,448	17,64	20	**0,500**	0,72	Menor a 80%	1,20	Velocidad permisible	0,44	Aceptable	0,66	Régimen subcrítico
5AA-6AA	0,005	0,402	15,83	20	**0,500**	0,60	Menor a 80%	1,46	Velocidad permisible	0,74	Aceptable	0,93	Régimen subcrítico
6AA-7AA	0,004	0,425	16,72	20	**0,500**	0,66	Menor a 80%	1,33	Velocidad permisible	0,57	Aceptable	0,79	Régimen subcrítico
7AA-8AA	0,004	0,425	16,74	20	**0,500**	0,66	Menor a 80%	1,33	Velocidad permisible	0,57	Aceptable	0,79	Régimen subcrítico
8AA-9AA	0,004	0,425	16,74	20	**0,500**	0,66	Menor a 80%	1,33	Velocidad permisible	0,57	Aceptable	0,79	Régimen subcrítico
9AA-10AA	0,004	0,425	16,74	20	**0,500**	0,66	Menor a 80%	1,33	Velocidad permisible	0,57	Aceptable	0,79	Régimen subcrítico
10AA-11AA	0,029	0,293	11,52	20	**0,500**	0,38	Menor a 80%	2,68	Velocidad permisible	2,98	Aceptable	2,29	Régimen supercrítico
11AA-12AA	0,003	0,450	17,71	20	**0,500**	0,72	Menor a 80%	1,20	Velocidad permisible	0,44	Aceptable	0,66	Régimen subcrítico
12AA-13AA	0,003	0,450	17,72	20	**0,500**	0,72	Menor a 80%	1,20	Velocidad permisible	0,44	Aceptable	0,66	Régimen subcrítico
13AA-14AA	0,003	0,450	17,73	20	**0,500**	0,73	Menor a 80%	1,21	Velocidad permisible	0,44	Aceptable	0,66	Régimen subcrítico
14AA-15AA	0,019	0,318	12,50	20	**0,500**	0,42	Menor a 80%	2,31	Velocidad permisible	2,14	Aceptable	1,84	Régimen supercrítico

15AA-16AA	0,003	0,451	17,76	20	**0,500**	0,73	**Menor a 80%**	1,21	**Velocidad permisible**	0,44	**Aceptable**	0,66	**Régimen subcrítico**
16AA-17AA	0,003	0,452	17,79	20	**0,500**	0,73	**Menor a 80%**	1,21	**Velocidad permisible**	0,44	**Aceptable**	0,66	**Régimen subcrítico**
17AA-18AA	0,015	0,334	13,16	20	**0,500**	0,45	**Menor a 80%**	2,11	**Velocidad permisible**	1,73	**Aceptable**	1,62	**Régimen supercrítico**
18AA-19AA	0,040	0,279	10,98	20	**0,500**	0,35	**Menor a 80%**	3,01	**Velocidad permisible**	3,79	**Aceptable**	2,68	**Régimen supercrítico**
19AA-20AA	0,017	0,332	13,09	20	**0,500**	0,45	**Menor a 80%**	2,27	**Velocidad permisible**	2,01	**Aceptable**	1,74	**Régimen supercrítico**
20AA-1 - 20AA-2	0,007	0,063	2,49	8	**0,200**	0,18	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,15	**Aceptable**	0,99	**Régimen subcrítico**
20AA-2 - 20AA-3	0,006	0,086	3,39	8	**0,200**	0,26	**Menor a 80%**	0,53	**Velocidad permisible**	0,18	**Aceptable**	0,89	**Régimen subcrítico**
20AA-3 - 20AA	0,005	0,097	3,83	8	**0,200**	0,30	**Menor a 80%**	0,52	**Velocidad permisible**	0,17	**Aceptable**	0,80	**Régimen subcrítico**
20AA - 21AA	0,004	0,451	17,75	20	**0,500**	0,73	**Menor a 80%**	1,39	**Velocidad permisible**	0,59	**Aceptable**	0,76	**Régimen subcrítico**

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Circuito AB**

En el tramo 1AB - 2AB se integra el área acumulada de aquellas no incluidas en la zona delimitada de estudio, la cual es equivalente a 19,21 ha.

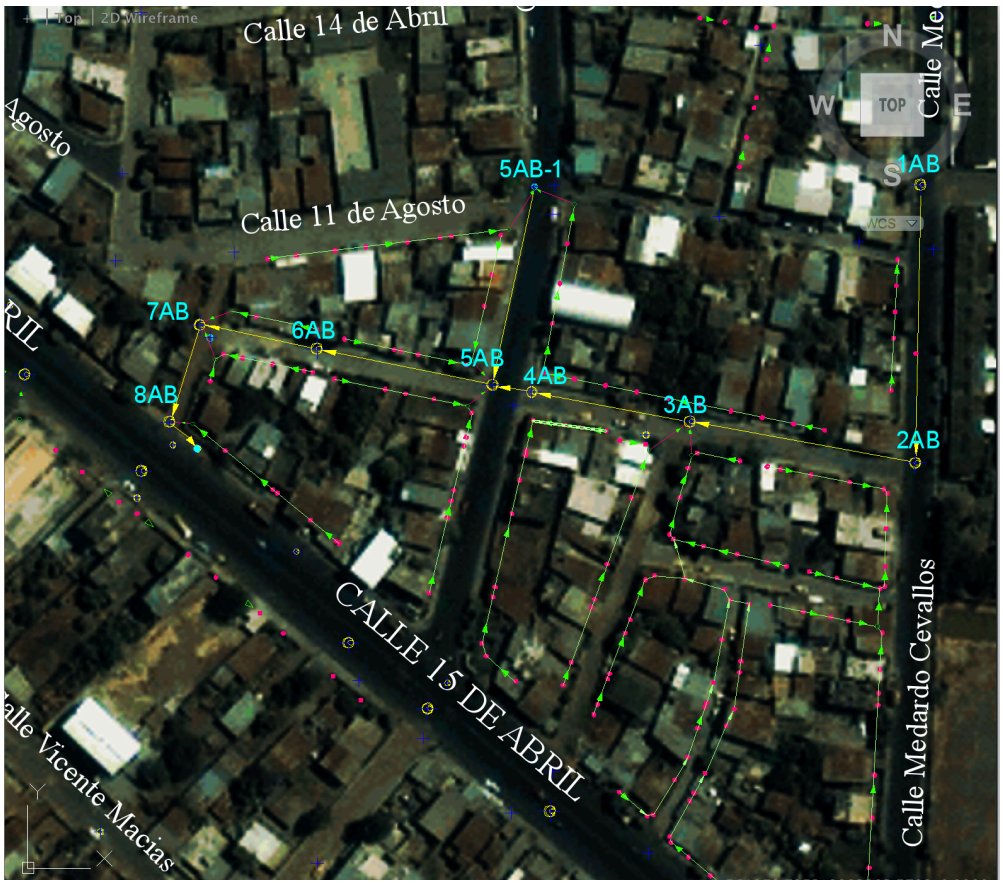


Figura 4.24.- Circuito AB
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.12.- Estimación de caudal y análisis del circuito AB

Tramo	Área	CAUDAL				Longitud	Cota Terreno		ANÁLISIS									
		Máx. hor.	Inf.	Con. err.	Total				S	Diámetro	d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m)	De-A			m			m/s		kg/m2			
1AB - 2AB	19,28	28,18	7,71	3,86	**39,75**	84,43	37,25	38,26	0,002	**0,300**	0,74	Menor a 80%	0,71	Velocidad permisible	0,18	Aceptable	0,49	Régimen subcrítico
2AB - 3AB	19,28	27,20	7,71	3,86	**38,77**	70,70	38,26	38,58	0,002	**0,300**	0,73	Menor a 80%	0,70	Velocidad permisible	0,18	Aceptable	0,49	Régimen subcrítico
3AB - 4AB	20,31	28,50	8,13	4,06	**40,69**	53,00	38,58	38,34	0,004	**0,300**	0,58	Menor a 80%	0,94	Velocidad permisible	0,36	Aceptable	0,79	Régimen subcrítico
4AB - 5AB	20,45	29,19	8,18	4,09	**41,46**	8,10	38,34	38,50	0,002	**0,400**	0,09	Menor a 80%	0,26	Velocidad baja	0,05	Bajo	0,65	Régimen subcrítico

5AB-1 - 5AB	0,41	0,73	0,16	0,08	**1,50**	54,80	38,10	38,60	0,007	**0,200**	0,18	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,15	**Aceptable**	0,99	**Régimen supercrítico**
5AB - 6AB	21,17	30,10	8,47	4,23	**42,80**	49,75	38,60	38,79	0,004	**0,400**	0,40	**Menor a 80%**	0,88	**Velocidad permisible**	0,34	**Aceptable**	0,81	**Régimen subcrítico**
6AB - 7AB	21,17	30,10	8,47	4,23	**42,80**	25,00	38,79	38,68	0,004	**0,400**	0,40	**Menor a 80%**	0,88	**Velocidad permisible**	0,34	**Aceptable**	0,81	**Régimen subcrítico**
7AB - 8AB	21,29	30,25	8,52	4,26	**43,02**	12,50	38,68	39,42	0,004	**0,400**	0,41	**Menor a 80%**	0,88	**Velocidad permisible**	0,34	**Aceptable**	0,80	**Régimen subcrítico**

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.12.1- Evaluación del circuito AB

Tramo	**EVALUACIÓN**													
	S	**Diámetro calculado**		**Diámetro comercial**		**d/D**		**Vr**		**τ**		**Número de Froude**	
De-A		m	"	nom. (")	int.(m)			m/s		kg/m2			
1AB - 2AB	0,002	0,273	10,75	12	**0,300**	0,74	**Menor a 80%**	0,71	**Velocidad permisible**	0,18	**Aceptable**	0,49	**Régimen subcrítico**
2AB - 3AB	0,002	0,270	10,65	12	**0,300**	0,73	**Menor a 80%**	0,70	**Velocidad permisible**	0,18	**Aceptable**	0,49	**Régimen subcrítico**
3AB - 4AB	0,004	0,237	9,32	12	**0,300**	0,58	**Menor a 80%**	0,94	**Velocidad permisible**	0,36	**Aceptable**	0,79	**Régimen subcrítico**
4AB - 5AB	0,002	0,277	10,92	16	**0,400**	0,48	**Menor a 80%**	0,68	**Velocidad permisible**	0,19	**Aceptable**	0,56	**Régimen subcrítico**
5AB-1 - 5AB	0,007	0,063	2,49	8	**0,200**	0,18	**Menor a 80%**	0,47	**Velocidad permisible**	0,15	**Aceptable**	0,99	**Régimen subcrítico**
5AB - 6AB	0,004	0,246	9,70	16	**0,400**	0,40	**Menor a 80%**	0,88	**Velocidad permisible**	0,34	**Aceptable**	0,81	**Régimen subcrítico**
6AB - 7AB	0,004	0,246	9,70	16	**0,400**	0,40	**Menor a 80%**	0,88	**Velocidad permisible**	0,34	**Aceptable**	0,81	**Régimen subcrítico**
7AB - 8AB	0,004	0,247	9,72	16	**0,400**	0,41	**Menor a 80%**	0,88	**Velocidad permisible**	0,34	**Aceptable**	0,80	**Régimen subcrítico**

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Circuito AC**

Figura 4.25.- Circuito AC
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.13.- Estimación de caudal y análisis del circuito AC

Tramo	Área	CAUDAL				Longitud	Cota Terreno		ANÁLISIS									
		Máx. hor.	Inf.	Con. err.	Total				S	Diámetro	d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m)	De-A			m			m/s		kg/m2			
1AC-2AC	0,46	0,81	0,18	0,09	1,50	28,95	37,84	37,89	0,009	0,200	0,17	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,18	Aceptable	1,12	Régimen supercrítico
2AC-3AC	0,46	0,81	0,18	0,09	1,50	43,70	37,89	37,79	0,009	0,200	0,17	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,18	Aceptable	1,12	Régimen supercrítico
3AC-4AC	0,58	1,01	0,23	0,12	1,50	16,48	37,79	37,86	0,009	0,200	0,17	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,18	Aceptable	1,12	Régimen supercrítico
4AC-5AC	0,68	1,19	0,27	0,14	1,60	28,88	37,86	37,88	0,009	0,200	0,17	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,18	Aceptable	1,12	Régimen supercrítico
5AC-7AC	0,68	1,19	0,27	0,14	1,60	40,50	37,88	37,80	0,009	0,200	0,17	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,18	Aceptable	1,12	Régimen supercrítico
7AC-1 - 7AC	0,16	0,28	0,06	0,03	1,50	65,00	36,90	37,80	0,009	0,200	0,17	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,18	Aceptable	1,12	Régimen supercrítico

7AC-8AC	0,93	1,60	0,37	0,19	**2,16**	29,00	37,80	37,70	0,007	**0,200**	0,21	Menor a 80%	0,51	Velocidad permisible	0,18	Aceptable	0,97	Régimen subcrítico
8AC-9AC	0,93	1,60	0,37	0,19	**2,16**	45,40	37,70	37,58	0,006	**0,200**	0,21	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,15	Aceptable	0,90	Régimen subcrítico
9AC-10AC	1,08	1,85	0,43	0,22	**2,50**	45,00	37,58	37,73	0,006	**0,200**	0,22	Menor a 80%	0,48	Velocidad permisible	0,16	Aceptable	0,88	Régimen subcrítico
10AC-11AC	1,17	2,00	0,47	0,23	**2,71**	57,61	37,73	37,58	0,005	**0,200**	0,25	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,14	Aceptable	0,81	Régimen subcrítico
11AC-12AC	1,39	2,37	0,56	0,28	**3,20**	44,34	37,58	37,47	0,005	**0,200**	0,27	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,15	Aceptable	0,82	Régimen subcrítico
12AC-13AC	1,39	2,37	0,56	0,28	**3,20**	47,30	37,47	36,96	0,011	**0,200**	0,22	Menor a 80%	0,65	Velocidad permisible	0,28	Aceptable	1,19	Régimen supercrítico
13AC-14AC	1,60	2,71	0,64	0,32	**3,67**	11,10	36,96	36,50	0,041	**0,200**	0,18	Menor a 80%	1,14	Velocidad permisible	0,91	Aceptable	2,39	Régimen supercrítico
14AC-1-14AC-2	0,20	0,35	0,08	0,04	**1,50**	40,00	35,50	35,24	0,006	**0,200**	0,18	Menor a 80%	0,45	Velocidad permisible	0,14	Aceptable	0,94	Régimen subcrítico
14AC-2-14AC-3	0,35	0,61	0,14	0,07	**1,50**	11,55	35,24	35,18	0,009	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,18	Aceptable	1,12	Régimen supercrítico
14AC-3 - 14AC	0,35	0,61	0,14	0,07	**1,50**	42,00	35,18	36,50	0,009	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,18	Aceptable	1,12	Régimen supercrítico
14AC-15AC	1,95	3,27	0,78	0,39	**4,44**	32,67	36,50	37,29	0,004	**0,200**	0,32	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,14	Aceptable	0,73	Régimen subcrítico
15AC-16AC	1,95	3,27	0,78	0,39	**4,44**	16,73	37,29	37,65	0,004	**0,200**	0,32	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,14	Aceptable	0,73	Régimen subcrítico
16AC-17AC	1,95	3,27	0,78	0,39	**4,44**	12,17	37,65	37,50	0,012	**0,200**	0,25	Menor a 80%	0,74	Velocidad permisible	0,35	Aceptable	1,28	Régimen supercrítico
17AC-18AC	2,27	3,77	0,91	0,45	**5,13**	17,00	37,50	37,40	0,006	**0,200**	0,32	Menor a 80%	0,59	Velocidad permisible	0,21	Aceptable	0,88	Régimen subcrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.13.1.- Evaluación del circuito AC

Tramo	EVALUACIÓN												
	S	Diámetro calculado		Diámetro comercial		d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A		m	"	nom. (")	int.(m)			m/s		kg/m2			
1AC-2AC	0,009	0,060	2,37	8	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,18	Aceptable	1,12	Régimen supercrítico
2AC-3AC	0,009	0,060	2,37	8	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,18	Aceptable	1,12	Régimen supercrítico
3AC-4AC	0,009	0,060	2,37	8	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,18	Aceptable	1,12	Régimen supercrítico
4AC-5AC	0,009	0,062	2,43	8	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,18	Aceptable	1,12	Régimen supercrítico
5AC-7AC	0,009	0,062	2,43	8	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,18	Aceptable	1,12	Régimen supercrítico
7AC-1 - 7AC	0,009	0,060	2,37	8	**0,200**	0,17	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,18	Aceptable	1,12	Régimen supercrítico
7AC-8AC	0,007	0,072	2,85	8	**0,200**	0,21	Menor a 80%	0,51	Velocidad permisible	0,18	Aceptable	0,97	Régimen subcrítico
8AC-9AC	0,006	0,075	2,94	8	**0,200**	0,21	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,15	Aceptable	0,90	Régimen subcrítico
9AC-10AC	0,006	0,079	3,10	8	**0,200**	0,22	Menor a 80%	0,48	Velocidad permisible	0,16	Aceptable	0,88	Régimen subcrítico
10AC-11AC	0,005	0,084	3,30	8	**0,200**	0,25	Menor a 80%	0,47	Velocidad permisible	0,14	Aceptable	0,81	Régimen subcrítico
11AC-12AC	0,005	0,089	3,52	8	**0,200**	0,27	Menor a 80%	0,50	Velocidad permisible	0,15	Aceptable	0,82	Régimen subcrítico
12AC-13AC	0,011	0,077	3,05	8	**0,200**	0,22	Menor a 80%	0,65	Velocidad permisible	0,28	Aceptable	1,19	Régimen supercrítico

13AC-14AC	0,041	0,063	2,49	8	**0,200**	0,18	**Menor a 80%**	1,14	**Velocidad permisible**	0,91	**Aceptable**	2,39	**Régimen supercrítico**
14AC-1-14AC-2	0,006	0,064	2,52	8	**0,200**	0,18	**Menor a 80%**	0,45	**Velocidad permisible**	0,14	**Aceptable**	0,94	**Régimen subcrítico**
14AC-2-14AC-3	0,009	0,060	2,37	8	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,50	**Velocidad permisible**	0,18	**Aceptable**	1,12	**Régimen supercrítico**
14AC-3 - 14AC	0,009	0,060	2,37	8	**0,200**	0,17	**Menor a 80%**	0,50	**Velocidad permisible**	0,18	**Aceptable**	1,12	**Régimen supercrítico**
14AC-15AC	0,004	0,105	4,15	8	**0,200**	0,32	**Menor a 80%**	0,50	**Velocidad permisible**	0,14	**Aceptable**	0,73	**Régimen subcrítico**
15AC-16AC	0,004	0,105	4,15	8	**0,200**	0,32	**Menor a 80%**	0,50	**Velocidad permisible**	0,14	**Aceptable**	0,73	**Régimen subcrítico**
16AC-17AC	0,012	0,085	3,36	8	**0,200**	0,25	**Menor a 80%**	0,74	**Velocidad permisible**	0,35	**Aceptable**	1,28	**Régimen supercrítico**
17AC-18AC	0,006	0,103	4,07	8	**0,200**	0,32	**Menor a 80%**	0,59	**Velocidad permisible**	0,21	**Aceptable**	0,88	**Régimen subcrítico**

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Circuito principal BA**

En el colector principal BA se integran las aportaciones de los tramos 14A - 15A, 12H - 13H, 7H - 8H, 7AB - 8AB, 15G - 16G, 16AC - 18AC, 3I - 4I, 13E - 14E, 2J - 3J, 20AA - 21AA, 18F - 19F y contribuciones que no pertenecen al área delimitada de análisis.

Figura 4.26.- Circuito BA
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

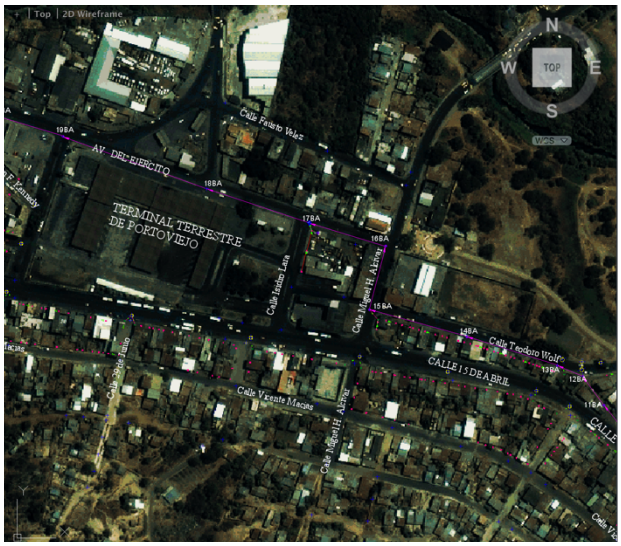


Figura 4.26.1.- Circuito BA
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

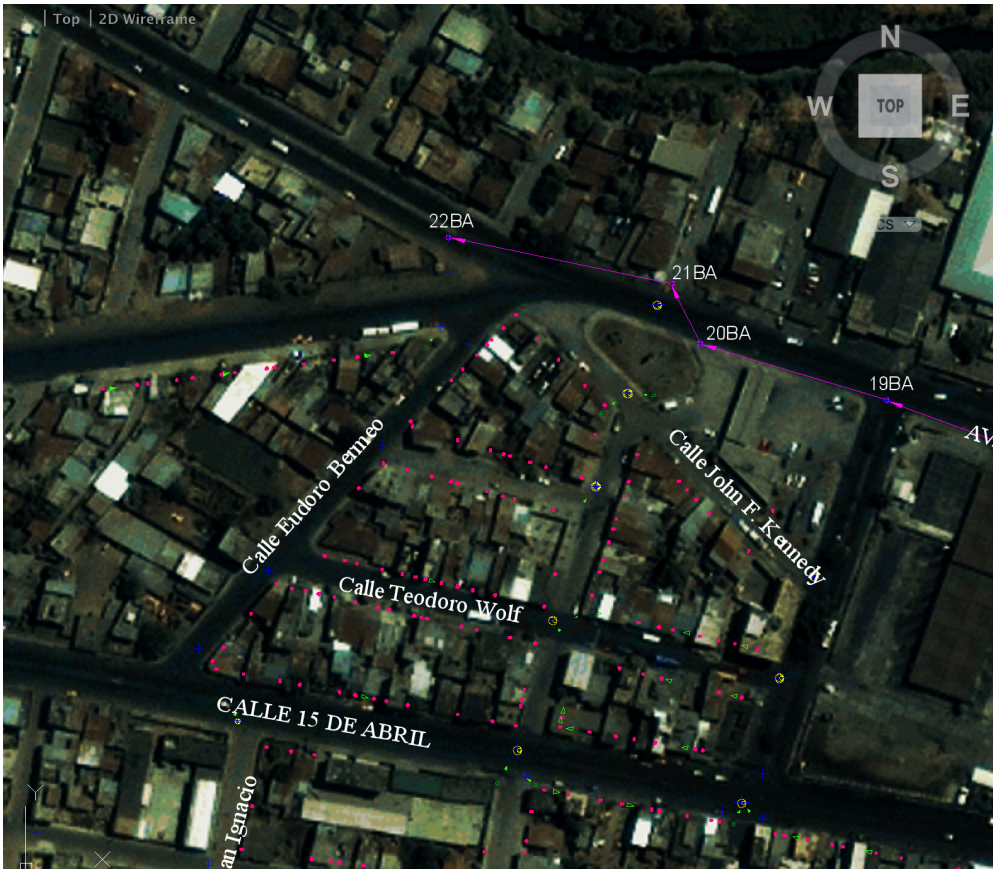


Figura 4.26.2.- Circuito BA
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.14.- Estimación de caudal y análisis del circuito BA

Tramo	Área	CAUDAL				Longitud	Cota Terreno		ANÁLISIS									
		Máx. hor.	Inf.	Con. err.	Total				S	Diámetro	d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(m)	De-A			m			m/s		kg/m2			
1BA - 2BA	30,03	38,08	12,01	6,01	**56,10**	67,00	44,35	44,60	0,003	**0,500**	0,43	Menor a 80%	0,67	Velocidad permisible	0,33	Aceptable	0,53	Régimen subcrítico
2BA - 3BA	30,03	38,08	12,01	6,01	**56,10**	29,00	44,60	44,75	0,003	**0,500**	0,43	Menor a 80%	0,67	Velocidad permisible	0,33	Aceptable	0,53	Régimen subcrítico
3BA - 4BA	30,03	38,08	12,01	6,01	**56,10**	35,00	44,75	44,90	0,003	**0,500**	0,43	Menor a 80%	0,67	Velocidad permisible	0,33	Aceptable	0,53	Régimen subcrítico
4BA - 5BA	30,06	38,12	12,02	6,01	**56,15**	42,50	44,90	44,87	0,003	**0,500**	0,43	Menor a 80%	0,67	Velocidad permisible	0,33	Aceptable	0,53	Régimen subcrítico
5BA - 6BA	30,47	38,57	12,19	6,09	**56,85**	57,00	44,87	43,90	0,017	**0,500**	0,28	Menor a 80%	1,26	Velocidad permisible	1,36	Aceptable	1,28	Régimen supercrítico
6BA - 7BA	30,47	38,57	12,19	6,09	**56,85**	49,00	43,90	42,20	0,035	**0,500**	0,23	Menor a 80%	1,62	Velocidad permisible	2,36	Aceptable	1,82	Régimen supercrítico
7BA - 8BA	31,57	39,79	12,63	6,31	**58,73**	66,00	42,20	42,05	0,003	**0,500**	0,45	Menor a 80%	0,69	Velocidad permisible	0,34	Aceptable	0,53	Régimen subcrítico
8BA - 9BA	31,57	39,79	12,63	6,31	**58,73**	70,40	42,05	41,30	0,011	**0,500**	0,32	Menor a 80%	1,07	Velocidad permisible	0,94	Aceptable	1,01	Régimen supercrítico

9BA-1 - 9BA-2	41,14	50,11	16,46	8,23	**74,80**	80,71	44,50	44,70	0,003	**0,400**	0,73	Menor a 80%	0,76	Velocidad permisible	0,35	Aceptable	0,46	Régimen subcrítico
9BA-2 - 9BA-3	41,14	50,11	16,46	8,23	**74,80**	70,00	44,70	44,90	0,003	**0,400**	0,73	Menor a 80%	0,76	Velocidad permisible	0,35	Aceptable	0,46	Régimen subcrítico
9BA-3 - 9BA-4	41,14	50,11	16,46	8,23	**74,80**	32,00	44,90	45,30	0,003	**0,400**	0,73	Menor a 80%	0,76	Velocidad permisible	0,35	Aceptable	0,46	Régimen subcrítico
9BA-4 - 9BA-5	45,09	54,25	18,04	9,02	**81,31**	39,00	45,30	45,20	0,003	**0,400**	0,82	Mayor a 80%	0,74	Velocidad permisible	0,31	Aceptable	0,40	Régimen subcrítico
9BA-5 - 9BA-6	45,09	54,25	18,04	9,02	**81,31**	91,00	45,20	42,60	0,029	**0,400**	0,40	Menor a 80%	1,72	Velocidad permisible	2,41	Aceptable	1,59	Régimen supercrítico
9BA-6 - 9BA-7	45,09	54,25	18,04	9,02	**81,31**	71,60	42,60	43,25	0,003	**0,400**	0,77	Menor a 80%	0,78	Velocidad permisible	0,36	Aceptable	0,45	Régimen subcrítico
9BA-7 - 9BA-8	45,09	54,25	18,04	9,02	**81,31**	51,00	43,25	42,90	0,007	**0,400**	0,59	Menor a 80%	1,04	Velocidad permisible	0,75	Aceptable	0,75	Régimen subcrítico
9BA-8 - 9BA	45,09	54,25	18,04	9,02	**81,31**	19,80	42,90	41,30	0,081	**0,400**	0,31	Menor a 80%	2,51	Velocidad permisible	5,58	Aceptable	2,70	Régimen supercrítico
9BA - 10BA	76,66	85,45	30,66	15,33	**131,44**	60,00	41,30	41,95	0,003	**0,600**	0,53	Menor a 80%	0,85	Velocidad permisible	0,46	Aceptable	0,54	Régimen subcrítico
10BA - 11BA	76,66	85,45	30,66	15,33	**131,44**	44,00	41,95	41,85	0,002	**0,600**	0,58	Menor a 80%	0,77	Velocidad permisible	0,37	Aceptable	0,46	Régimen subcrítico
11BA - 12BA	76,66	85,45	30,66	15,33	**131,44**	33,00	41,85	41,80	0,002	**0,600**	0,65	Menor a 80%	0,67	Velocidad permisible	0,26	Aceptable	0,37	Régimen subcrítico
12BA - 13BA	80,95	89,48	32,38	16,19	**138,05**	25,00	41,80	42,50	0,003	**0,600**	0,54	Menor a 80%	0,86	Velocidad permisible	0,47	Aceptable	0,54	Régimen subcrítico
13BA - 14BA	80,95	89,48	32,38	16,19	**138,05**	90,00	42,50	41,50	0,011	**0,600**	0,39	Menor a 80%	1,38	Velocidad permisible	1,37	Aceptable	1,06	Régimen supercrítico
14BA - 15BA	80,95	89,48	32,38	16,19	**138,05**	95,00	41,50	39,70	0,019	**0,600**	0,33	Menor a 80%	1,67	Velocidad permisible	2,09	Aceptable	1,39	Régimen supercrítico
15BA - 16BA	80,95	89,48	32,38	16,19	**138,05**	57,00	39,70	38,05	0,029	**0,600**	0,30	Menor a 80%	1,92	Velocidad permisible	2,92	Aceptable	1,71	Régimen supercrítico
16BA - 17BA	82,24	90,68	32,90	16,45	**140,03**	75,00	38,05	40,00	0,003	**0,600**	0,55	Menor a 80%	0,87	Velocidad permisible	0,47	Aceptable	0,54	Régimen subcrítico
17BA - 18BA	88,89	96,84	35,56	17,78	**150,18**	103,00	40,00	40,10	0,003	**0,600**	0,57	Menor a 80%	0,88	Velocidad permisible	0,48	Aceptable	0,53	Régimen subcrítico
18BA - 19BA	88,89	96,84	35,56	17,78	**150,18**	146,50	40,10	41,00	0,003	**0,600**	0,57	Menor a 80%	0,88	Velocidad permisible	0,48	Aceptable	0,53	Régimen subcrítico
19BA - 20BA	91,91	99,61	36,76	18,38	**154,76**	71,10	41,00	41,80	0,003	**0,600**	0,58	Menor a 80%	0,89	Velocidad permisible	0,49	Aceptable	0,53	Régimen subcrítico
20BA - 21BA	91,40	99,15	36,56	18,28	**153,99**	23,16	41,80	41,40	0,003	**0,600**	0,58	Menor a 80%	0,89	Velocidad permisible	0,49	Aceptable	0,53	Régimen subcrítico
21BA - 22BA	198,75	189,55	79,50	39,75	**308,80**	84,40	41,40	41,85	0,003	**0,600**	0,93	Mayor a 80%	1,08	Velocidad permisible	0,51	Aceptable	0,35	Régimen subcrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.14.1.- Evaluación del circuito BA

Tramo	EVALUACIÓN													
	S	Diámetro calculado		Diámetro comercial		d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A		m	"	nom. (")	int.(m)			m/s		kg/m2			
1BA - 2BA	0,003	0,323	12,73	14	**0,350**	0,76	Menor a 80%	0,71	Velocidad permisible	0,31	Aceptable	0,44	Régimen subcrítico
2BA - 3BA	0,003	0,323	12,73	14	**0,350**	0,76	Menor a 80%	0,71	Velocidad permisible	0,31	Aceptable	0,44	Régimen subcrítico
3BA - 4BA	0,003	0,323	12,73	14	**0,350**	0,76	Menor a 80%	0,71	Velocidad permisible	0,31	Aceptable	0,44	Régimen subcrítico
4BA - 5BA	0,003	0,323	12,74	14	**0,350**	0,76	Menor a 80%	0,71	Velocidad permisible	0,31	Aceptable	0,44	Régimen subcrítico
5BA - 6BA	0,017	0,235	9,24	10	**0,250**	0,79	Menor a 80%	1,37	Velocidad permisible	1,27	Aceptable	0,98	Régimen crítico
6BA - 7BA	0,035	0,205	8,09	10	**0,250**	0,62	Menor a 80%	1,75	Velocidad permisible	2,41	Aceptable	1,54	Régimen supercrítico
7BA - 8BA	0,003	0,329	12,95	14	**0,350**	0,79	Menor a 80%	0,72	Velocidad permisible	0,31	Aceptable	0,43	Régimen subcrítico

8BA - 9BA	0,011	0,259	10,21	12	0,300	0,68	Menor a 80%	1,15	Velocidad permisible	0,91	Aceptable	0,86	Régimen subcrítico
9BA-1 - 9BA-2	0,003	0,360	14,18	16	0,400	0,73	Menor a 80%	0,76	Velocidad permisible	0,35	Aceptable	0,46	Régimen subcrítico
9BA-2 - 9BA-3	0,003	0,360	14,18	16	0,400	0,73	Menor a 80%	0,76	Velocidad permisible	0,35	Aceptable	0,46	Régimen subcrítico
9BA-3 - 9BA-4	0,003	0,360	14,18	16	0,400	0,73	Menor a 80%	0,76	Velocidad permisible	0,35	Aceptable	0,46	Régimen subcrítico
9BA-4 - 9BA-5	0,003	0,383	15,07	16	0,400	0,82	Mayor a 80%	0,74	Velocidad permisible	0,31	Aceptable	0,40	Régimen subcrítico
9BA-5 - 9BA-6	0,029	0,244	9,59	10	0,250	0,85	Mayor a 80%	1,82	Velocidad permisible	2,11	Aceptable	1,17	Régimen supercrítico
9BA-6 - 9BA-7	0,003	0,372	14,63	16	0,400	0,77	Menor a 80%	0,78	Velocidad permisible	0,36	Aceptable	0,45	Régimen subcrítico
9BA-7 - 9BA-8	0,007	0,318	12,53	14	0,350	0,74	Menor a 80%	1,06	Velocidad permisible	0,71	Aceptable	0,68	Régimen subcrítico
9BA-8 - 9BA	0,081	0,200	7,89	8	0,200	0,92	Mayor a 80%	2,68	Velocidad permisible	4,61	Aceptable	1,59	Régimen supercrítico
9BA - 10BA	0,003	0,445	17,52	18	0,450	0,88	Mayor a 80%	0,88	Velocidad permisible	0,40	Aceptable	0,39	Régimen subcrítico
10BA - 11BA	0,002	0,469	18,46	20	0,500	0,79	Menor a 80%	0,79	Velocidad permisible	0,34	Aceptable	0,40	Régimen subcrítico
11BA - 12BA	0,002	0,506	19,91	20	0,500	0,93	Mayor a 80%	0,68	Velocidad permisible	0,21	Aceptable	0,24	Régimen subcrítico
12BA - 13BA	0,003	0,453	17,85	18	0,450	0,93	Mayor a 80%	0,89	Velocidad permisible	0,38	Aceptable	0,34	Régimen subcrítico
13BA - 14BA	0,011	0,355	13,96	14	0,350	0,93	Mayor a 80%	1,44	Velocidad permisible	1,10	Aceptable	0,62	Régimen subcrítico
14BA - 15BA	0,019	0,321	12,63	14	0,350	0,75	Menor a 80%	1,77	Velocidad permisible	1,95	Aceptable	1,12	Régimen supercrítico
15BA - 16BA	0,029	0,296	11,67	12	0,300	0,88	Mayor a 80%	2,10	Velocidad permisible	2,55	Aceptable	1,14	Régimen supercrítico
16BA - 17BA	0,003	0,456	17,94	18	0,450	0,93	Mayor a 80%	0,89	Velocidad permisible	0,38	Aceptable	0,34	Régimen subcrítico
17BA - 18BA	0,003	0,468	18,42	20	0,500	0,79	Menor a 80%	0,91	Velocidad permisible	0,45	Aceptable	0,46	Régimen subcrítico
18BA - 19BA	0,003	0,468	18,42	20	0,500	0,79	Menor a 80%	0,91	Velocidad permisible	0,45	Aceptable	0,46	Régimen subcrítico
19BA - 20BA	0,003	0,473	18,63	20	0,500	0,80	Menor a 80%	0,92	Velocidad permisible	0,45	Aceptable	0,46	Régimen subcrítico
20BA - 21BA	0,003	0,472	18,59	20	0,500	0,80	Menor a 80%	0,92	Velocidad permisible	0,45	Aceptable	0,46	Régimen subcrítico
21BA - 22BA	0,003	0,613	24,13	26	0,675	0,74	Menor a 80%	1,08	Velocidad permisible	0,59	Aceptable	0,50	Régimen subcrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

4.3.2. Análisis y evaluación del sistema de alcantarillado pluvial

- **Circuito A**

Figura 4.27.- Circuito A
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.15.- Estimación de caudal y análisis del circuito A

Tramo	Área	CAUDAL				Longitud	Cota Terreno		ANÁLISIS									
		c	c prom	I	Q				S	Diámetro	d/D	Vr		τ		NF	
De-A	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s*ha)	(l/s)	(m)	De-A			m		m/s		kg/m2			
1A - 2A	1,80	0,25	0,25	255,21	114,85	89,00	36,90	36,70	0,002	0,250	Mayor a 80%	0,68	Velocidad baja	0,14	Aceptable	0,43	Régimen subcrítico
2A-1 - 2A	0,90	0,40	0,40	82,62	98,02	68,00	37,80	37,20	0,009	0,200	Mayor a 80%	1,16	Velocidad permisible	0,43	Aceptable	0,83	Régimen subcrítico
2A - 3A	3,20	0,80	0,38	286,47	303,24	57,00	36,70	38,90	0,004	0,250	Mayor a 80%	0,91	Velocidad permisible	0,24	Aceptable	0,58	Régimen subcrítico
3A - EFA	3,70	0,80	0,44	322,94	340,76	55,00	38,90	39,00	0,004	0,300	Mayor a 80%	1,02	Velocidad permisible	0,29	Aceptable	0,60	Régimen subcrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.15.1.- Evaluación del circuito A

Tramo	EVALUACIÓN												
	S	Diámetro calculado		Diámetro comercial		d/D		Vr		τ		NF	
De-A		m	"	nom. (")	int.(m)			m/s		kg/m2			
1A - 2A	0,002	0,406	16,00	20	0,500	0,61	Menor a 80%	0,90	Velocidad permisible	0,28	Aceptable	0,57	Régimen subcrítico
2A-1 - 2A	0,006	0,312	12,27	16	0,400	0,57	Menor a 80%	1,30	Velocidad permisible	0,64	Aceptable	0,96	Régimen subcrítico
2A - 3A	0,004	0,514	20,22	24	0,600	0,67	Menor a 80%	1,51	Velocidad permisible	0,68	Aceptable	0,81	Régimen subcrítico
3A - EFA	0,004	0,537	21,12	24	0,600	0,72	Menor a 80%	1,56	Velocidad permisible	0,70	Aceptable	0,79	Régimen subcrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Circuito B**

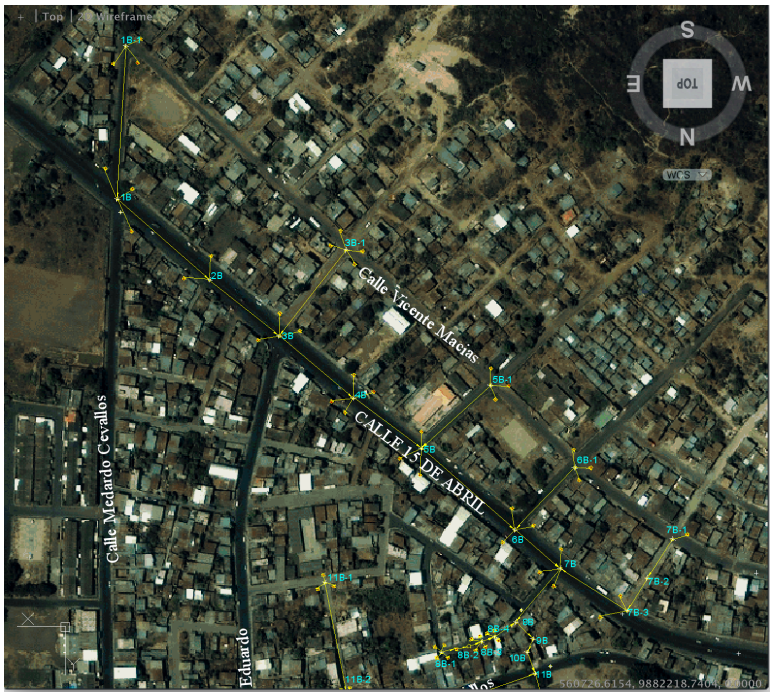


Figura 4.28.- Circuito B
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Figura 4.28.1.- Circuito B
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.16.- Estimación de caudal y análisis del circuito B

Tramo	Área	CAUDAL				Longitud	Cota Terreno		ANÁLISIS									
		c	c prom	I	Q				S	Diámetro	d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s*ha)	(l/s)	(m)	De-A			m			m/s		kg/m2			
1B-1 - 1B	8,20	0,40	0,40	217,23	**712,52**	132,65	41,02	40,08	0,007	**0,500**	0,00	Mayor a 80 %	1,92	Velocidad permisible	0,87	Aceptable	0,86	Régimen subcrítico
1B - 2B	9,10	0,80	0,44	697,01	**721,43**	91,76	40,08	39,95	0,006	**0,500**	0,00	Mayor a 80 %	1,76	Velocidad permisible	0,73	Aceptable	0,80	Régimen subcrítico
2B - 3B	9,74	0,85	0,47	735,37	**760,71**	86,17	39,95	39,51	0,005	**0,500**	0,00	Mayor a 80 %	1,63	Velocidad permisible	0,62	Aceptable	0,73	Régimen subcrítico
3B-1 - 3B	2,80	0,40	0,40	218,35	**241,33**	79,08	43,37	39,51	0,049	**0,500**	0,38	Menor a 80%	3,45	Velocidad permisible	4,93	Aceptable	2,94	Régimen supercrítico
3B - 4B	13,38	0,80	0,47	1036,44	**1060,21**	72,60	39,51	39,47	0,004	**0,850**	0,84	Mayor a 80%	2,09	Velocidad permisible	1,01	Aceptable	0,75	Régimen subcrítico
4B - 5B	14,48	0,85	0,50	1110,57	**1134,96**	75,07	39,47	39,61	0,004	**0,850**	0,89	Mayor a 80%	2,13	Velocidad permisible	0,99	Aceptable	0,67	Régimen subcrítico
5B-1 - 5B	10,40	0,40	0,40	811,85	**834,78**	81,95	42,18	39,61	0,031	**0,500**	0,00	Mayor a 80 %	4,03	Velocidad permisible	3,84	Aceptable	1,82	Régimen supercrítico
5B - 6B	25,78	0,80	0,47	2000,50	**2024,16**	102,97	39,61	38,75	0,008	**0,850**	0,00	Mayor a 80 %	2,96	Velocidad permisible	1,74	Aceptable	1,03	Régimen supercrítico
6B-1 - 6B	5,20	0,40	0,40	405,39	**428,39**	61,68	43,70	38,75	0,080	**0,500**	0,45	Menor a 80%	4,87	Velocidad permisible	9,23	Aceptable	3,73	Régimen supercrítico
6B - 7B	31,43	0,80	0,46	2441,21	**2464,81**	48,68	38,75	37,50	0,026	**0,850**	0,79	Menor a 80%	5,18	Velocidad permisible	6,50	Aceptable	2,01	Régimen supercrítico
7B-1 - 7B-2	4,30	0,40	0,40	334,35	**357,50**	31,24	46,66	41,64	0,161	**0,500**	0,35	Menor a 80%	5,98	Velocidad permisible	15,13	Aceptable	5,39	Régimen supercrítico
7B-2 - 7B3	4,30	0,40	0,40	333,84	**357,08**	40,48	41,64	39,58	0,051	**0,500**	0,46	Menor a 80%	3,90	Velocidad permisible	5,93	Aceptable	2,96	Régimen supercrítico
7B-3 - 7B	4,68	0,80	0,43	362,25	**386,06**	67,49	39,58	37,50	0,031	**0,500**	0,56	Menor a 80%	3,37	Velocidad permisible	4,06	Aceptable	2,27	Régimen supercrítico
7B - 8B	36,52	0,85	0,46	2810,63	**2834,82**	45,86	37,50	36,47	0,022	**0,850**	0,00	Mayor a 80 %	4,86	Velocidad permisible	4,67	Aceptable	1,68	Régimen supercrítico
8B-1 - 8B-2	0,28	0,80	0,80	25,25	**41,05**	66,82	35,40	35,09	0,005	**0,250**	0,80	Menor a 80%	0,98	Velocidad permisible	0,35	Aceptable	0,69	Régimen subcrítico
8B-2 - 8B-3	0,55	0,80	0,80	49,04	**65,98**	23,50	35,09	35,07	0,005	**0,250**	0,00	Mayor a 80 %	1,01	Velocidad permisible	0,00	Bajo	0,65	Régimen subcrítico
8B-3 - 8B-4	0,83	0,80	0,80	72,87	**90,19**	6,20	35,07	34,90	0,027	**0,250**	0,74	Menor a 80%	2,37	Velocidad permisible	2,01	Aceptable	1,81	Régimen supercrítico
8B-4 - 8B	1,10	0,80	0,80	97,06	**114,43**	37,20	34,90	36,47	0,006	**0,250**	0,00	Mayor a 80 %	1,11	Velocidad permisible	0,00	Bajo	0,71	Régimen subcrítico
8B - 9B	38,02	0,80	0,48	3310,67	**3328,60**	25,00	36,47	36,20	0,011	**1,350**	0,57	Menor a 80%	4,58	Velocidad permisible	3,89	Aceptable	1,85	Régimen supercrítico
9B - 10B	38,22	0,80	0,48	3321,07	**3339,08**	12,34	36,20	36,39	0,006	**1,350**	0,68	Menor a 80%	3,42	Velocidad permisible	2,32	Aceptable	1,21	Régimen supercrítico
10B - 11B	38,42	0,80	0,48	3333,80	**3351,88**	21,45	36,39	37,04	0,006	**1,350**	0,69	Menor a 80%	3,42	Velocidad permisible	2,33	Aceptable	1,20	Régimen supercrítico
11B-1 - 11B-2	1,00	0,80	0,80	91,80	**107,60**	95,00	39,70	39,20	0,005	**0,250**	0,00	Mayor a 80 %	1,04	Velocidad permisible	0,32	Aceptable	0,66	Régimen subcrítico
11B-2 - 11B-3	2,05	0,20	0,49	181,08	**197,80**	52,00	38,80	38,50	0,006	**0,250**	0,00	Mayor a 80 %	1,09	Velocidad permisible	0,35	Aceptable	0,70	Régimen subcrítico
11B-3 - 11B-4	3,10	0,25	0,41	268,73	**286,30**	80,00	38,30	37,50	0,010	**0,250**	0,00	Mayor a 80 %	1,43	Velocidad permisible	0,61	Aceptable	0,92	Régimen subcrítico
11B-4 - 11B	4,70	0,25	0,36	399,01	**417,51**	70,00	37,50	47,04	0,006	**0,250**	0,00	Mayor a 80 %	1,11	Velocidad permisible	0,37	Aceptable	0,71	Régimen subcrítico

11B - EF-B	43,12	0,80	0,49	3579,86	3599,96	190,00	37,04	38,00	0,006	1,350	0,72	Menor a 80%	3,28	Velocidad permisible	2,36	Aceptable	1,11	Régimen supercrítico	

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.16.1.- Evaluación del circuito B

Tramo	EVALUACIÓN													
	S	Diámetro calculado		Diámetro comercial		d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A		m	"	nom. (")	int.(m)			m/s		kg/m2			
1B-1 - 1B	0,007	0,636	25,02	26	0,675	0,79	Menor a 80%	2,34	Velocidad permisible	1,43	Aceptable	1,01	Régimen supercrítico
1B - 2B	0,006	0,659	25,93	28	0,700	0,79	Menor a 80%	2,21	Velocidad permisible	1,25	Aceptable	0,93	Régimen subcrítico
2B - 3B	0,005	0,693	27,27	30	0,750	0,76	Menor a 80%	2,10	Velocidad permisible	1,13	Aceptable	0,89	Régimen subcrítico
3B-1 - 3B	0,049	0,295	11,61	20	0,500	0,38	Menor a 80%	3,45	Velocidad permisible	4,93	Aceptable	2,94	Régimen supercrítico
3B - 4B	0,004	0,821	32,33	36	0,900	0,74	Menor a 80%	2,08	Velocidad permisible	1,06	Aceptable	0,83	Régimen subcrítico
4B - 5B	0,004	0,842	33,17	36	0,900	0,79	Menor a 80%	2,12	Velocidad permisible	1,07	Aceptable	0,80	Régimen subcrítico
5B-1 - 5B	0,031	0,510	20,09	22	0,550	0,77	Menor a 80%	4,25	Velocidad permisible	5,11	Aceptable	2,09	Régimen supercrítico
5B - 6B	0,008	0,912	35,89	40	1,000	0,74	Menor a 80%	3,22	Velocidad permisible	2,45	Aceptable	1,22	Régimen supercrítico
6B-1 - 6B	0,080	0,333	13,12	20	0,500	0,45	Menor a 80%	4,87	Velocidad permisible	9,23	Aceptable	3,73	Régimen supercrítico
6B - 7B	0,026	0,795	31,30	36	0,900	0,71	Menor a 80%	5,15	Velocidad permisible	6,70	Aceptable	2,16	Régimen supercrítico
7B-1 - 7B-2	0,161	0,273	10,76	20	0,500	0,35	Menor a 80%	5,98	Velocidad permisible	15,13	Aceptable	5,39	Régimen supercrítico
7B-2 - 7B3	0,051	0,339	13,34	20	0,500	0,46	Menor a 80%	3,90	Velocidad permisible	5,93	Aceptable	2,96	Régimen supercrítico
7B-3 - 7B	0,031	0,383	15,09	20	0,500	0,56	Menor a 80%	3,37	Velocidad permisible	4,06	Aceptable	2,27	Régimen supercrítico
7B - 8B	0,022	0,859	33,83	38	0,975	0,70	Menor a 80%	5,06	Velocidad permisible	6,33	Aceptable	2,06	Régimen supercrítico
8B-1 - 8B-2	0,005	0,236	9,29	12	0,300	0,58	Menor a 80%	0,95	Velocidad permisible	0,38	Aceptable	0,80	Régimen subcrítico
8B-2 - 8B-3	0,005	0,278	10,94	12	0,300	0,77	Menor a 80%	1,13	Velocidad permisible	0,44	Aceptable	0,75	Régimen subcrítico
8B-3 - 8B-4	0,027	0,227	8,94	12	0,300	0,55	Menor a 80%	2,25	Velocidad permisible	2,15	Aceptable	1,97	Régimen supercrítico
8B-4 - 8B	0,007	0,321	12,63	16	0,400	0,60	Menor a 80%	1,44	Velocidad permisible	0,77	Aceptable	1,03	Régimen supercrítico
8B - 9B	0,011	1,047	41,21	54	1,350	0,57	Menor a 80%	3,92	Velocidad permisible	3,89	Aceptable	1,58	Régimen supercrítico
9B - 10B	0,006	1,170	46,07	54	1,350	0,68	Menor a 80%	3,20	Velocidad permisible	2,32	Aceptable	1,13	Régimen supercrítico
10B - 11B	0,006	1,172	46,14	54	1,350	0,69	Menor a 80%	3,22	Velocidad permisible	2,33	Aceptable	1,13	Régimen supercrítico

11B-1 - 11B-2	0,007	0,314	12,34	16	**0,400**	0,58	**Menor a 80%**	1,41	**Velocidad permisible**	0,75	**Aceptable**	1,04	**Régimen supercrítico**
11B-2 - 11B-3	0,006	0,408	16,08	18	**0,450**	0,74	**Menor a 80%**	1,57	**Velocidad permisible**	0,76	**Aceptable**	0,89	**Régimen subcrítico**
11B-3 - 11B-4	0,010	0,423	16,66	18	**0,450**	0,79	**Menor a 80%**	2,12	**Velocidad permisible**	1,34	**Aceptable**	1,12	**Régimen supercrítico**
11B-4 - 11B	0,006	0,537	21,13	24	**0,600**	0,72	**Menor a 80%**	1,91	**Velocidad permisible**	1,05	**Aceptable**	0,97	**Régimen subcrítico**
11B - EF-B	0,006	1,204	47,39	54	**1,350**	0,72	**Menor a 80%**	3,28	**Velocidad permisible**	2,36	**Aceptable**	1,11	**Régimen supercrítico**

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Circuito C**

Figura 4.29.- Circuito C
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.17.- Estimación de caudal y análisis del circuito C

Tramo	Área	CAUDAL				Longitud	Cota Terreno		ANÁLISIS									
		c	c prom	I	Q				S	Diámetro	d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s*ha)	(l/s)	(m)	De-A			m			m/s		kg/m2			
1C-1 - 1C	3,70	0,40	0,40	237,29	351,18	100,00	50,00	49,80	0,004	0,200		Mayor a 80%	0,78	Velocidad baja	0,20	Aceptable	0,56	Régimen subcrítico
1C - 2C	3,94	0,45	0,45	321,60	342,19	60,00	49,80	42,10	0,128	0,300	0,78	Menor a 80%	5,76	Velocidad permisible	11,43	Aceptable	3,05	Régimen supercrítico
2C-1 - 2C-2	0,50	0,80	0,80	45,90	61,70	100,00	43,07	42,38	0,040	0,250	0,09	Menor a 80%	0,84	Velocidad baja	0,59	Aceptable	1,09	Régimen supercrítico
2C-2 - 2C	1,28	0,80	0,80	111,81	129,60	100,00	42,38	42,10	0,003	0,350		Mayor a 80%	0,95	Velocidad permisible	0,24	Aceptable	0,51	Régimen subcrítico
2C - 3C	5,35	0,55	0,55	449,34	468,64	47,00	42,10	39,10	0,064	0,400	0,72	Menor a 80%	4,78	Velocidad permisible	7,45	Aceptable	2,21	Régimen supercrítico
3C - 4C	5,65	0,60	0,55	472,89	492,40	66,00	39,10	38,05	0,016	0,500	0,80	Mayor a 80%	2,89	Velocidad permisible	2,38	Aceptable	1,18	Régimen supercrítico

4C-1 - 4C	0,42	0,80	0,80	38,56	**54,36**	90,00	39,00	38,05	0,011	**0,200**		Mayor a 80%	1,27	Velocidad permisible	0,52	Aceptable	0,91	Régimen subcrítico
4C - 5C	6,62	0,60	0,57	589,62	**606,40**	60,00	38,05	36,68	0,023	**0,500**	0,83	Mayor a 80%	3,50	Velocidad permisible	3,39	Aceptable	1,44	Régimen supercrítico
5C - 6C	7,27	0,60	0,57	643,01	**660,08**	60,00	36,68	35,00	0,028	**0,500**	0,81	Mayor a 80%	3,85	Velocidad permisible	4,17	Aceptable	1,58	Régimen supercrítico
6C - 7C	7,92	0,60	0,74	696,14	**713,47**	41,00	35,00	34,00	0,024	**0,500**		Mayor a 80%	3,55	Velocidad permisible	2,98	Aceptable	1,60	Régimen supercrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.17.1.- Evaluación del circuito C

Tramo	EVALUACIÓN													
	S	Diámetro calculado		Diámetro comercial		d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A		m	"	nom. (")	int.(m)			m/s		kg/m2			
1C-1 - 1C	0,004	0,543	21,36	24	**0,600**	0,73	Menor a 80%	1,57	Velocidad permisible	0,70	Aceptable	0,78	Régimen subcrítico
1C - 2C	0,128	0,280	11,04	12	**0,300**	0,78	Menor a 80%	5,76	Velocidad permisible	11,43	Aceptable	3,79	Régimen supercrítico
2C-1 - 2C-2	0,040	0,184	7,23	10	**0,250**	0,52	Menor a 80%	2,34	Velocidad permisible	2,54	Aceptable	2,32	Régimen supercrítico
2C-2 - 2C	0,003	0,399	15,72	18	**0,450**	0,71	Menor a 80%	1,08	Velocidad permisible	0,37	Aceptable	0,64	Régimen subcrítico
2C - 3C	0,064	0,360	14,16	18	**0,450**	0,59	Menor a 80%	4,69	Velocidad permisible	7,84	Aceptable	3,18	Régimen supercrítico
3C - 4C	0,016	0,475	18,72	22	**0,550**	0,68	Menor a 80%	2,86	Velocidad permisible	2,50	Aceptable	1,58	Régimen supercrítico
4C-1 - 4C	0,011	0,225	8,85	10	**0,250**	0,72	Menor a 80%	1,42	Velocidad permisible	0,77	Aceptable	1,10	Régimen supercrítico
4C - 5C	0,023	0,480	18,91	22	**0,550**	0,69	Menor a 80%	3,46	Velocidad permisible	3,62	Aceptable	1,89	Régimen supercrítico
5C - 6C	0,028	0,477	18,79	22	**0,550**	0,68	Menor a 80%	3,80	Velocidad permisible	4,41	Aceptable	2,10	Régimen supercrítico
6C - 7C	0,024	0,504	19,86	22	**0,550**	0,75	Menor a 80%	3,71	Velocidad permisible	3,95	Aceptable	1,88	Régimen supercrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Circuito D**

Figura 4.30.- Circuito D
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.18.- Estimación de caudal y análisis del circuito D

Tramo	Área	CAUDAL				Longitud	Cota Terreno		ANÁLISIS									
		c	c prom	I	Q				S	Diámetro	d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s*ha)	(l/s)	(m)	De-A			m			m/s		kg/m2			
1D-1 - 1D	0,37	0,85	0,85	255,21	**80,26**	96,00	42,20	43,90	0,006	**0,200**		Mayor a 80%	0,96	Velocidad permisible	0,29	Aceptable	0,68	Régimen subcrítico
1D - 2D	0,89	0,85	0,85	78,33	**95,85**	46,00	43,90	41,10	0,061	**0,250**	0,59	Menor a 80%	3,09	Velocidad permisible	4,15	Aceptable	1,87	Régimen supercrítico
2D-1 - 2D	0,37	0,85	0,85	33,97	**49,82**	74,00	39,20	41,10	0,006	**0,200**		Mayor a 80%	0,96	Velocidad permisible	0,29	Aceptable	0,68	Régimen subcrítico
2D - 3D	1,51	0,85	0,85	134,14	**151,28**	79,00	41,10	38,85	0,028	**0,250**		Mayor a 80%	2,42	Velocidad permisible	1,74	Aceptable	1,54	Régimen supercrítico
3D - 4D	2,33	0,85	0,85	204,28	**221,97**	93,00	38,85	40,00	0,006	**0,300**		Mayor a 80%	1,25	Velocidad permisible	0,44	Aceptable	0,73	Régimen subcrítico

4D-1 - 4D-2	0,40	0,85	0,85	36,72	**52,57**	86,00	42,10	40,00	0,024	**0,200**	0,80	**Mayor a 80%**	1,94	**Velocidad permisible**	1,46	**Aceptable**	1,26	**Régimen supercrítico**
4D-2-1 - 4D-2-2	1,00	0,85	0,85	91,80	**107,65**	40,00	44,05	43,00	0,026	**0,300**	0,62	**Menor a 80%**	2,33	**Velocidad permisible**	2,18	**Aceptable**	1,28	**Régimen supercrítico**
4D-2-1 - 4D-2	1,61	0,85	0,85	146,69	**162,83**	97,00	43,00	41,07	0,020	**0,350**	0,67	**Menor a 80%**	2,36	**Velocidad permisible**	1,99	**Aceptable**	1,18	**Régimen supercrítico**
4D-2 - 4D-3	2,20	0,85	0,85	196,97	**213,79**	40,00	41,07	39,07	0,050	**0,350**	0,59	**Menor a 80%**	3,51	**Velocidad permisible**	4,78	**Aceptable**	1,80	**Régimen supercrítico**
4D-3 - 4D	3,50	0,85	0,85	311,89	**328,90**	110,00	39,07	40,00	0,006	**0,400**		**Mayor a 80%**	1,52	**Velocidad permisible**	0,59	**Aceptable**	0,77	**Régimen subcrítico**
4D - 5D	6,73	0,85	0,85	582,73	**600,95**	100,00	40,00	36,20	0,038	**0,500**	0,69	**Menor a 80%**	4,17	**Velocidad permisible**	5,46	**Aceptable**	1,74	**Régimen supercrítico**
5D - 6D	8,53	0,10	0,79	731,92	**749,78**	100,00	36,20	34,00	0,022	**0,600**	0,69	**Menor a 80%**	3,60	**Velocidad permisible**	3,80	**Aceptable**	1,37	**Régimen supercrítico**

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.18.1.- Evaluación del circuito D

Tramo	**EVALUACIÓN**												
	S	**Diámetro calculado**		**Diámetro comercial**		**d/D**		**Vr**		**τ**		**Número de Froude**	
De-A		m	"	nom. (")	int.(m)			m/s		kg/m2			
1D-1 - 1D	0,006	0,289	11,38	14	**0,350**	0,63	**Menor a 80%**	1,25	**Velocidad permisible**	0,07	**Bajo**	0,92	**Régimen subcrítico**
1D - 2D	0,061	0,200	7,88	14	**0,350**	0,37	**Menor a 80%**	3,01	**Velocidad permisible**	4,23	**Aceptable**	3,11	**Régimen supercrítico**
2D-1 - 2D	0,006	0,242	9,52	12	**0,300**	0,60	**Menor a 80%**	1,10	**Velocidad permisible**	0,49	**Aceptable**	0,90	**Régimen subcrítico**
2D - 3D	0,028	0,274	10,78	12	**0,300**	0,74	**Menor a 80%**	2,66	**Velocidad permisible**	2,51	**Aceptable**	1,84	**Régimen supercrítico**
3D - 4D	0,006	0,423	16,67	18	**0,450**	0,79	**Menor a 80%**	1,64	**Velocidad permisible**	0,81	**Aceptable**	0,86	**Régimen subcrítico**
4D-1 - 4D-2	0,024	0,190	7,47	10	**0,250**	0,55	**Menor a 80%**	1,88	**Velocidad permisible**	1,59	**Aceptable**	1,80	**Régimen supercrítico**
4D-2-1 - 4D-2-2	0,026	0,245	9,64	12	**0,300**	0,62	**Menor a 80%**	2,33	**Velocidad permisible**	2,18	**Aceptable**	1,89	**Régimen supercrítico**
4D-2-1 - 4D-2	0,020	0,301	11,85	14	**0,350**	0,67	**Menor a 80%**	2,36	**Velocidad permisible**	1,99	**Aceptable**	1,65	**Régimen supercrítico**
4D-2 - 4D-3	0,050	0,281	11,04	14	**0,350**	0,59	**Menor a 80%**	3,51	**Velocidad permisible**	4,78	**Aceptable**	2,70	**Régimen supercrítico**
4D-3 - 4D	0,006	0,491	19,32	22	**0,550**	0,72	**Menor a 80%**	1,80	**Velocidad permisible**	0,96	**Aceptable**	0,95	**Régimen subcrítico**
4D - 5D	0,038	0,435	17,13	22	**0,550**	0,59	**Menor a 80%**	4,11	**Velocidad permisible**	5,67	**Aceptable**	2,54	**Régimen supercrítico**
5D - 6D	0,022	0,524	20,62	24	**0,600**	0,69	**Menor a 80%**	3,60	**Velocidad permisible**	3,80	**Aceptable**	1,88	**Régimen supercrítico**

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

- **Circuito E**

Figura 4.31.- Circuito E
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Figura 4.31.1.- Circuito E
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Figura 4.31.2.- Circuito E
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.19.- Estimación de caudal y análisis del circuito E

Tramo	Área	CAUDAL				Longitud	Cota Terreno		ANÁLISIS									
		c	c prom	I	Q				S	Diámetro	d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A	(ha)	(l/s)	(l/s)	(l/s*ha)	(l/s)	(m)	De-A			m			m/s		kg/m2			
1E-1 - 1E-2	3,90	0,40	0,40	215,20	**335,72**	26,00	53,10	49,10	0,100	**0,300**	0,85	Mayor a 80%	5,26	Velocidad permisible	8,86	Aceptable	2,79	Régimen supercrítico
1E-2 - 1E	4,05	0,85	0,70	214,90	**609,23**	26,00	49,10	46,50	0,100	**0,300**		Mayor a 80%	5,12	Velocidad permisible	7,34	Aceptable	2,98	Régimen supercrítico
1E - 2E	4,45	0,85	0,70	214,58	**668,43**	116,50	46,50	43,30	0,027	**0,500**	0,83	Mayor a 80%	3,84	Velocidad permisible	4,08	Aceptable	1,57	Régimen supercrítico
2E-1 - 2E-2	4,60	0,40	0,40	213,73	**393,26**	24,00	49,90	46,70	0,100	**0,300**		Mayor a 80%	5,12	Velocidad permisible	7,34	Aceptable	2,98	Régimen supercrítico
2E-2 - 2E	4,75	0,85	0,70	213,44	**709,70**	24,00	46,70	43,30	0,100	**0,300**		Mayor a 80%	5,12	Velocidad permisible	7,34	Aceptable	2,98	Régimen supercrítico
2E - 3E	9,90	0,85	0,70	213,16	**1477,21**	114,55	43,30	44,20	0,006	**0,600**		Mayor a 80%	1,99	Velocidad permisible	0,88	Aceptable	0,82	Régimen subcrítico
3E - 4E	10,50	0,85	0,70	209,79	**1541,99**	90,15	44,20	43,90	0,003	**0,750**		Mayor a 80%	1,72	Velocidad permisible	0,61	Aceptable	0,63	Régimen subcrítico
4E-1 - 4E	4,60	0,40	0,40	255,21	**469,59**	60,22	48,50	43,90	0,076	**0,300**		Mayor a 80%	4,47	Velocidad permisible	5,61	Aceptable	2,61	Régimen supercrítico
4E - 5E	15,60	0,85	0,70	253,70	**2770,45**	112,67	43,90	40,30	0,032	**0,850**	0,79	Menor a 80%	5,78	Velocidad permisible	8,09	Aceptable	1,82	Régimen supercrítico

5E-1 - 5E-2	2,56	0,15	0,15	202,94	**77,93**	41,50	67,17	62,08	0,123	**0,300**	0,33	**Menor a 80%**	3,66	**Velocidad permisible**	6,75	**Aceptable**	2,46	**Régimen supercrítico**
5E-2 - 5E-3	5,24	0,40	0,28	202,36	**294,64**	17,00	62,08	60,82	0,074	**0,300**	0,87	**Mayor a 80%**	4,55	**Velocidad permisible**	6,54	**Aceptable**	2,42	**Régimen supercrítico**
5E-3 - 5E-4	7,77	0,50	0,35	202,17	**550,11**	85,15	60,82	56,50	0,051	**0,500**	0,59	**Menor a 80%**	4,48	**Velocidad permisible**	6,92	**Aceptable**	1,92	**Régimen supercrítico**
5E-4 - 5E-5	10,80	0,50	0,39	201,25	**852,50**	78,05	56,50	49,71	0,070	**0,500**	0,71	**Menor a 80%**	5,75	**Velocidad permisible**	10,15	**Aceptable**	2,39	**Régimen supercrítico**
5E-5 - 5E-6	14,61	0,50	0,42	200,62	**1232,08**	60,90	49,71	43,82	0,060	**0,500**		**Mayor a 80%**	5,57	**Velocidad permisible**	7,34	**Aceptable**	2,52	**Régimen supercrítico**
5E-6 - 5E-7	18,45	0,50	0,44	200,19	**1613,83**	48,20	43,82	41,40	0,050	**0,500**		**Mayor a 80%**	5,10	**Velocidad permisible**	6,14	**Aceptable**	2,30	**Régimen supercrítico**
5E-7 - 5E-8	22,24	0,80	0,50	199,74	**2215,77**	38,95	41,40	39,66	0,045	**0,500**		**Mayor a 80%**	4,81	**Velocidad permisible**	5,46	**Aceptable**	2,17	**Régimen supercrítico**
5E-8 - 5E	22,64	0,80	0,50	199,35	**2275,27**	39,95	39,66	40,00	0,040	**0,600**		**Mayor a 80%**	5,13	**Velocidad permisible**	5,84	**Aceptable**	2,11	**Régimen supercrítico**
5E - 6E	38,44	0,85	0,70	251,57	**6769,50**	34,35	40,30	39,80	0,015	**0,950**		**Mayor a 80%**	4,21	**Velocidad permisible**	3,38	**Aceptable**	1,38	**Régimen supercrítico**
6E-1-1 - 6E-1-2	2,75	0,20	0,20	209,75	**115,36**	150,40	55,60	46,95	0,058	**0,400**	0,35	**Menor a 80%**	3,08	**Velocidad permisible**	4,33	**Aceptable**	1,78	**Régimen supercrítico**
6E-1-2-1 - 6E-1-2-2	0,74	0,20	0,20	255,21	**37,77**	53,25	57,15	47,85	0,175	**0,300**	0,22	**Menor a 80%**	3,42	**Velocidad permisible**	6,81	**Aceptable**	2,73	**Régimen supercrítico**
6E-1-2-2 - 6E-1-2	1,12	0,20	0,20	253,47	**56,78**	31,95	47,85	46,95	0,028	**0,300**	0,42	**Menor a 80%**	1,98	**Velocidad permisible**	1,86	**Aceptable**	1,22	**Régimen supercrítico**
6E-1-2 - 6E-1-3	4,11	0,50	0,22	248,64	**222,28**	33,90	46,95	46,24	0,021	**0,500**	0,45	**Menor a 80%**	2,49	**Velocidad permisible**	2,41	**Aceptable**	1,16	**Régimen supercrítico**
6E-1-3 - 6E-1-4	4,32	0,50	0,36	247,25	**387,35**	59,88	46,24	43,28	0,049	**0,500**	0,49	**Menor a 80%**	3,98	**Velocidad permisible**	6,01	**Aceptable**	1,80	**Régimen supercrítico**
6E-1-4-1 - 6E-1-4-2	0,74	0,50	0,50	255,21	**94,43**	55,23	47,16	43,91	0,059	**0,400**	0,31	**Menor a 80%**	2,92	**Velocidad permisible**	4,06	**Aceptable**	1,75	**Régimen supercrítico**
6E-1-4-2 - 6E-1-4	1,09	0,50	0,50	253,10	**137,94**	69,82	43,91	43,28	0,009	**0,400**	0,62	**Menor a 80%**	1,67	**Velocidad permisible**	1,00	**Aceptable**	0,79	**Régimen subcrítico**
6E-1-4 - 6E-1-5	5,62	0,50	0,44	245,74	**608,09**	37,15	43,28	42,05	0,033	**0,500**	0,72	**Menor a 80%**	3,99	**Velocidad permisible**	4,83	**Aceptable**	1,65	**Régimen supercrítico**
6E-1-5 - 6E-1-6	5,77	0,50	0,47	244,82	**664,71**	19,41	42,05	41,70	0,018	**0,600**	0,68	**Menor a 80%**	3,23	**Velocidad permisible**	3,10	**Aceptable**	1,23	**Régimen supercrítico**
6E-1-6 - 6E-1-7	5,85	0,85	0,66	244,24	**945,26**	59,40	41,70	39,79	0,032	**0,600**	0,71	**Menor a 80%**	4,41	**Velocidad permisible**	5,60	**Aceptable**	1,67	**Régimen supercrítico**
6E-1-7 - 6E-1	6,28	0,85	0,76	242,95	**1158,20**	63,61	39,79	38,15	0,026	**0,600**	0,90	**Mayor a 80%**	4,29	**Velocidad permisible**	4,51	**Aceptable**	1,62	**Régimen supercrítico**
6E-1 - 6E	51,48	0,70	0,70	242,95	**8754,79**	47,24	38,15	39,80	0,006	**1,650**		**Mayor a 80%**	3,91	**Velocidad permisible**	2,42	**Aceptable**	0,97	**Régimen subcrítico**
6E - 7E	89,92	0,85	0,78	242,95	**17039,76**	64,43	39,80	39,40	0,006	**1,650**		**Mayor a 80%**	3,97	**Velocidad permisible**	2,51	**Aceptable**	0,99	**Régimen subcrítico**
7E-1 - 7E	0,27	0,85	0,85	255,21	**58,57**	110,60	41,20	39,40	0,016	**0,300**	0,50	**Menor a 80%**	1,64	**Velocidad permisible**	1,21	**Aceptable**	0,95	**Régimen subcrítico**
7E - 8E	90,79	0,85	0,80	247,98	**18011,07**	54,47	39,40	39,60	0,006	**1,650**		**Mayor a 80%**	3,91	**Velocidad permisible**	2,42	**Aceptable**	0,97	**Régimen subcrítico**
8E-1 - 8E	0,30	0,85	0,85	255,21	**65,08**	79,72	41,40	39,40	0,025	**0,300**	0,47	**Menor a 80%**	1,97	**Velocidad permisible**	1,78	**Aceptable**	1,17	**Régimen supercrítico**
8E - 9E	91,49	0,85	0,80	250,77	**18354,53**	74,61	39,60	40,90	0,006	**1,650**		**Mayor a 80%**	3,91	**Velocidad permisible**	2,42	**Aceptable**	0,97	**Régimen subcrítico**
9E-1-1 - 9E-1	0,35	0,85	0,85	255,21	**75,93**	21,67	39,10	38,50	0,028	**0,300**	0,50	**Menor a 80%**	2,14	**Velocidad permisible**	2,05	**Aceptable**	1,25	**Régimen supercrítico**
9E-1 - 9E-2	0,82	0,85	0,85	254,08	**177,09**	71,70	38,50	37,50	0,014	**0,500**	0,45	**Menor a 80%**	2,03	**Velocidad permisible**	1,60	**Aceptable**	0,95	**Régimen subcrítico**
9E-2-1 - 9E-2-2	0,34	0,85	0,85	255,21	**73,76**	132,84	39,20	38,70	0,004	**0,500**	0,40	**Menor a 80%**	0,99	**Velocidad permisible**	0,40	**Aceptable**	0,48	**Régimen subcrítico**

9E-2-2 - 9E-2	1,19	0,85	0,85	241,39	244,17	15,80	38,70	37,50	0,076	0,500	0,35	Menor a 80%	4,11	Velocidad permisible	7,15	Aceptable	2,12	Régimen supercrítico
9E-2 - 9E-3	2,21	0,85	0,85	241,03	452,78	77,95	37,50	37,90	0,006	0,600	0,76	Menor a 80%	1,96	Velocidad permisible	1,06	Aceptable	0,74	Régimen subcrítico
9E-3 - 9E-4	2,61	0,85	0,85	237,44	526,77	55,12	37,90	36,80	0,020	0,700	0,45	Menor a 80%	3,04	Velocidad permisible	3,21	Aceptable	1,20	Régimen supercrítico
9E-4 - 9E	3,21	0,85	0,85	235,87	643,57	151,15	36,80	40,90	0,006	0,700	0,73	Menor a 80%	2,14	Velocidad permisible	1,23	Aceptable	0,75	Régimen subcrítico
9E - 10E	95,10	0,85	0,82	230,06	17940,74	18,69	40,90	42,20	0,006	1,650		Mayor a 80%	3,91	Velocidad permisible	2,42	Aceptable	0,97	Régimen subcrítico
10E-1 - 10E-2	0,90	0,85	0,85	255,21	195,24	107,35	42,50	41,95	0,005	0,500	0,63	Menor a 80%	1,47	Velocidad permisible	0,72	Aceptable	0,62	Régimen subcrítico
10E-2 - 10E-3	0,98	0,85	0,85	247,39	206,08	54,90	41,95	40,80	0,021	0,500	0,44	Menor a 80%	2,44	Velocidad permisible	2,36	Aceptable	1,15	Régimen supercrítico
10E-3 - 10E-4	1,78	0,85	0,85	245,14	370,90	117,75	40,80	42,40	0,006	0,600	0,67	Menor a 80%	1,84	Velocidad permisible	1,02	Aceptable	0,71	Régimen subcrítico
10E-4 - 10E	2,58	0,85	0,85	239,14	524,44	11,40	42,40	42,20	0,018	0,700	0,47	Menor a 80%	2,90	Velocidad permisible	2,90	Aceptable	1,13	Régimen supercrítico
10E-5 - 10E	0,90	0,85	0,85	255,21	195,24	58,70	41,25	42,20	0,006	0,300		Mayor a 80%	1,25	Velocidad permisible	0,44	Aceptable	0,73	Régimen subcrítico
10E - EF-E	98,58	0,85	0,85	250,10	20956,79	65,27	42,20	39,90	0,010	1,650		Mayor a 80%	5,04	Velocidad permisible	4,04	Aceptable	1,25	Régimen supercrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Tabla 4.19.1.- Evaluación del circuito E

Tramo	EVALUACIÓN												
	S	Diámetro calculado		Diámetro comercial		d/D		Vr		τ		Número de Froude	
De-A		m	"	nom. (")	int.(m)			m/s		kg/m2			
1E-1 - 1E-2	0,100	0,292	11,49	14	0,350	0,64	Menor a 80%	5,15	Velocidad permisible	9,81	Aceptable	3,75	Régimen supercrítico
1E-2 - 1E	0,050	0,415	16,36	18	0,450	0,76	Menor a 80%	4,68	Velocidad permisible	6,65	Aceptable	2,57	Régimen supercrítico
1E - 2E	0,027	0,481	18,95	22	0,550	0,69	Menor a 80%	3,80	Velocidad permisible	4,35	Aceptable	2,07	Régimen supercrítico
2E-1 - 2E-2	0,100	0,310	12,19	14	0,350	0,71	Menor a 80%	5,42	Velocidad permisible	10,15	Aceptable	3,64	Régimen supercrítico
2E-2 - 2E	0,050	0,440	17,32	20	0,500	0,70	Menor a 80%	4,84	Velocidad permisible	7,23	Aceptable	2,75	Régimen supercrítico
2E - 3E	0,006	0,862	33,93	38	0,975	0,71	Menor a 80%	2,63	Velocidad permisible	1,70	Aceptable	1,06	Régimen supercrítico
3E - 4E	0,003	0,978	38,51	44	1,100	0,71	Menor a 80%	2,13	Velocidad permisible	1,06	Aceptable	0,80	Régimen subcrítico
4E-1 - 4E	0,076	0,348	13,70	16	0,400	0,69	Menor a 80%	5,10	Velocidad permisible	8,78	Aceptable	3,29	Régimen supercrítico
4E - 5E	0,032	0,797	31,39	36	0,900	0,71	Menor a 80%	5,75	Velocidad permisible	8,34	Aceptable	2,41	Régimen supercrítico
5E-1 - 5E-2	0,123	0,162	6,39	10	0,250	0,44	Menor a 80%	3,71	Velocidad permisible	6,91	Aceptable	4,10	Régimen supercrítico
5E-2 - 5E-3	0,074	0,294	11,57	14	0,350	0,65	Menor a 80%	4,46	Velocidad permisible	7,30	Aceptable	3,22	Régimen supercrítico

5E-3 - 5E-4	0,051	0,399	15,70	18	0,450	0,71	Menor a 80%	4,56	Velocidad permisible	6,62	Aceptable	2,70	Régimen supercrítico
5E-4 - 5E-5	0,070	0,442	17,42	20	0,500	0,71	Menor a 80%	5,75	Velocidad permisible	10,15	Aceptable	3,24	Régimen supercrítico
5E-5 - 5E-6	0,060	0,523	20,58	24	0,600	0,69	Menor a 80%	5,92	Velocidad permisible	10,35	Aceptable	3,11	Régimen supercrítico
5E-6 - 5E-7	0,050	0,598	23,55	26	0,675	0,71	Menor a 80%	5,95	Velocidad permisible	9,82	Aceptable	2,88	Régimen supercrítico
5E-7 - 5E-8	0,030	0,742	29,21	32	0,800	0,77	Menor a 80%	5,34	Velocidad permisible	7,11	Aceptable	2,18	Régimen supercrítico
5E-8 - 5E	0,040	0,711	27,98	32	0,800	0,71	Menor a 80%	5,95	Velocidad permisible	9,25	Aceptable	2,63	Régimen supercrítico
5E - 6E	0,015	1,292	50,86	58	1,400	0,76	Menor a 80%	5,38	Velocidad permisible	6,02	Aceptable	1,67	Régimen supercrítico
6E-1-1 - 6E-1-2	0,058	0,217	8,54	10	0,250	0,68	Menor a 80%	3,22	Velocidad permisible	4,12	Aceptable	2,65	Régimen supercrítico
6E-1-2-1 - 6E-1-2-2	0,175	0,116	4,56	10	0,250	0,28	Menor a 80%	3,47	Velocidad permisible	6,96	Aceptable	4,99	Régimen supercrítico
6E-1-2-2 - 6E-1-2	0,028	0,190	7,48	10	0,250	0,55	Menor a 80%	2,02	Velocidad permisible	1,84	Aceptable	1,94	Régimen supercrítico
6E-1-2 - 6E-1-3	0,021	0,335	13,19	16	0,400	0,64	Menor a 80%	2,58	Velocidad permisible	2,35	Aceptable	1,76	Régimen supercrítico
6E-1-3 - 6E-1-4	0,049	0,351	13,83	16	0,400	0,70	Menor a 80%	4,15	Velocidad permisible	5,72	Aceptable	2,63	Régimen supercrítico
6E-1-4-1 - 6E-1-4-2	0,059	0,200	7,89	10	0,250	0,59	Menor a 80%	3,04	Velocidad permisible	4,02	Aceptable	2,76	Régimen supercrítico
6E-1-4-2 - 6E-1-4	0,009	0,328	12,92	14	0,350	0,79	Menor a 80%	1,70	Velocidad permisible	0,94	Aceptable	1,03	Régimen supercrítico
6E-1-4 - 6E-1-5	0,033	0,449	17,66	20	0,500	0,72	Menor a 80%	3,99	Velocidad permisible	4,83	Aceptable	2,19	Régimen supercrítico
6E-1-5 - 6E-1-6	0,018	0,520	20,46	22	0,550	0,80	Menor a 80%	3,27	Velocidad permisible	2,96	Aceptable	1,54	Régimen supercrítico
6E-1-6 - 6E-1-7	0,032	0,532	20,95	24	0,600	0,71	Menor a 80%	4,41	Velocidad permisible	5,60	Aceptable	2,25	Régimen supercrítico
6E-1-7 - 6E-1	0,026	0,599	23,56	26	0,675	0,71	Menor a 80%	4,27	Velocidad permisible	5,05	Aceptable	2,05	Régimen supercrítico
6E-1 - 6E	0,006	1,680	66,13	74	1,800	0,78	Menor a 80%	4,11	Velocidad permisible	3,21	Aceptable	1,11	Régimen supercrítico
6E - 7E	0,006	2,142	84,35	96	2,400	0,72	Menor a 80%	4,90	Velocidad permisible	4,34	Aceptable	1,24	Régimen supercrítico
7E-1 - 7E	0,016	0,213	8,39	10	0,250	0,66	Menor a 80%	1,69	Velocidad permisible	1,15	Aceptable	1,42	Régimen supercrítico
7E - 8E	0,006	2,201	86,67	96	2,400	0,75	Menor a 80%	4,91	Velocidad permisible	4,24	Aceptable	1,19	Régimen supercrítico
8E-1 - 8E	0,025	0,204	8,05	10	0,250	0,62	Menor a 80%	2,02	Velocidad permisible	1,74	Aceptable	1,79	Régimen supercrítico
8E - 9E	0,006	2,217	87,29	96	2,400	0,76	Menor a 80%	4,95	Velocidad permisible	4,26	Aceptable	1,18	Régimen supercrítico
9E-1-1 - 9E-1	0,028	0,213	8,37	10	0,250	0,66	Menor a 80%	2,20	Velocidad permisible	1,96	Aceptable	1,85	Régimen supercrítico
9E-1 - 9E-2	0,014	0,332	13,08	16	0,400	0,63	Menor a 80%	2,09	Velocidad permisible	1,56	Aceptable	1,43	Régimen supercrítico
9E-2-1 - 9E-2-2	0,004	0,306	12,04	14	0,350	0,69	Menor a 80%	1,04	Velocidad permisible	0,38	Aceptable	0,71	Régimen subcrítico
9E-2-2 - 9E-2	0,076	0,273	10,73	12	0,300	0,74	Menor a 80%	4,34	Velocidad permisible	6,68	Aceptable	3,02	Régimen supercrítico
9E-2 - 9E-3	0,006	0,553	21,78	24	0,600	0,76	Menor a 80%	1,96	Velocidad permisible	1,06	Aceptable	0,94	Régimen subcrítico

9E-3 - 9E-4	0,020	0,467	18,40	20	0,500	0,78	Menor a 80%	3,19	Velocidad permisible	2,96	Aceptable	1,63	Régimen supercrítico
9E-4 - 9E	0,006	0,631	24,85	26	0,675	0,79	Menor a 80%	2,15	Velocidad permisible	1,21	Aceptable	0,94	Régimen subcrítico
9E - 10E	0,006	2,198	86,55	100	2,500	0,70	Menor a 80%	4,90	Velocidad permisible	4,34	Aceptable	1,24	Régimen supercrítico
10E-1 - 10E-2	0,005	0,416	16,36	18	0,450	0,76	Menor a 80%	1,50	Velocidad permisible	0,68	Aceptable	0,82	Régimen subcrítico
10E-2 - 10E-3	0,021	0,326	12,82	14	0,350	0,78	Menor a 80%	2,58	Velocidad permisible	2,18	Aceptable	1,57	Régimen supercrítico
10E-3 - 10E-4	0,006	0,513	20,21	22	0,550	0,78	Menor a 80%	1,86	Velocidad permisible	0,98	Aceptable	0,90	Régimen subcrítico
10E-4 - 10E	0,018	0,478	18,82	22	0,550	0,69	Menor a 80%	3,02	Velocidad permisible	2,77	Aceptable	1,66	Régimen supercrítico
10E-5 - 10E	0,006	0,404	15,89	18	0,450	0,72	Menor a 80%	1,59	Velocidad permisible	0,79	Aceptable	0,92	Régimen subcrítico
10E - EF-E	0,005	2,411	94,93	112	2,800	0,67	Menor a 80%	4,72	Velocidad permisible	3,99	Aceptable	1,17	Régimen supercrítico

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

4.3.3. Cálculo de capacidad hidráulica de cunetas y sumideros

Tabla 4.20.- Características geométricas de las cunetas de la zona de estudio

Coeficiente rugosidad de Manning (n)	0.015	
Pendiente longitudinal (S)	0.013	m/m
Pendiente transversal de la vía	0.02	m/m
Profundidad de la cuneta (Y)	0.05	m

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

En base a estos datos se obtiene un caudal de 0,0484 m^3/sg, o 48,35 l/sg aplicando la *ecuación 3.17*

Tabla 4.21- Características geométricas de los sumideros de la zona de estudio

Longitud (L)	0,65 m
Depresión (a)	0
Pendiente transversal (Z)	0,02

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

De acuerdo con la *ecuación 3.19* se tiene un caudal efectivamente de: 0,0058 m3/sg o 5,80 lt/sg.

4.3.4. Caudales de vertimiento de aguas residuales en el río Portoviejo

Tabla 4.22.- Caudales de vertimiento de aguas residuales al río Portoviejo

Referencia de localización del colector	Caudal de vertimiento			Promedio l/s	Número estimado de conexiones clandestinas
	Día 1 l/s	Día 2 l/s	Día 3 l/s		
Puente Chile	1,14	2,24	3,78	2,38	32
Puente San José (Rojo)	19,40	25,40	29,69	25,01	35
Puente Velasco Ibarra	4,42	4,21	5,18	4,60	27
Sector Apolo	5,69	5,14	3,19	14,02	14

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Figura 4.32.- Área de afectación del emisario final A (Puente Chile)
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Figura 4.33.- Área de afectación del emisario final B y C (Puente San José)
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

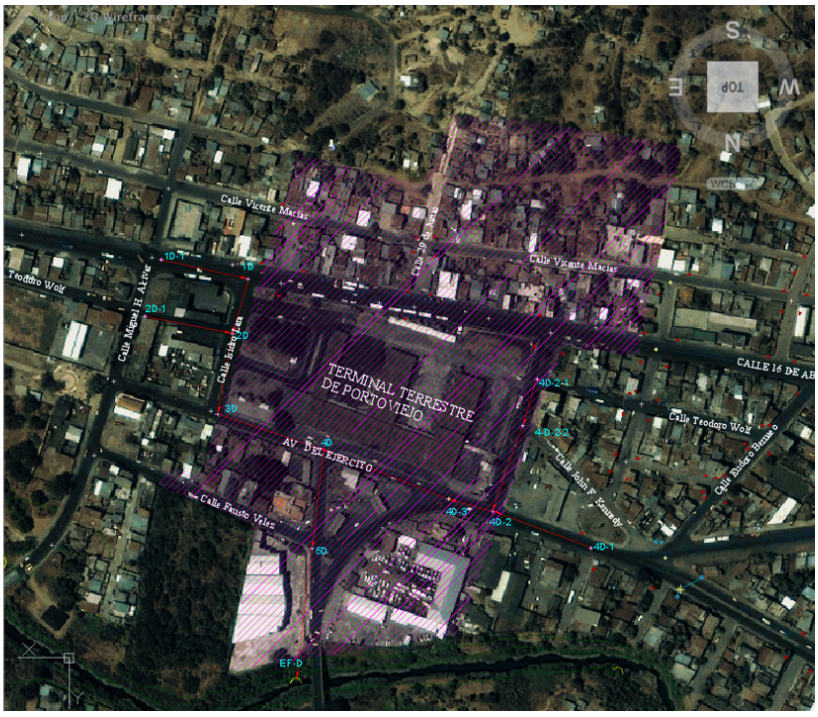


Figura 4.34.- Área de afectación del emisario final D (Puente Velasco Ibarra)
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Figura 4.35.- Área de afectación del emisario final E (Sector Apolo)
Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

5. DEFINICIÓN DE LA MUESTRA INICIAL DE ESTUDIO Y ACCESO A ESTA

En el presente estudio, el universo abarcó la totalidad del área donde se llevó a cabo el proyecto, comprendido en la avenida 15 de abril entre las calles Eudoro Bermeo y Medardo Cevallos pertenecientes a la parroquia Andrés de Vera, la cual está conformada por 1679 predios donde habitan 8395 personas.

Para determinar el tamaño de la muestra se considera la siguiente fórmula, usada en investigaciones donde la variable principal es de tipo cualitativo y población finita:

$$n = \frac{Z^2 PQN}{Z^2 PQ + Ne^2} \tag{5.1}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

Z = Nivel de confiabilidad

P = Probabilidad de ocurrencia

Q = Probabilidad de no ocurrencia

N = Población o Universo

e = Error de muestreo

$$n = \frac{1{,}96^2 * 0{,}5 * 0{,}5 * 7795}{1{,}96^2 * 0{,}5 * 0{,}5 + 7795 * 0{,}05^2} = 366 \text{ predios} \tag{5.2}$$

Cabe indicar que se toma como dato el número de predios o viviendas para conocer las condiciones de nivel de servicio a nivel residencial y no individual.

6. RECOLECCIÓN DE DATOS

6.1. RECOLECCIÓN DE DATOS A TRAVÉS DE LA ENCUESTA

Para la presente investigación se realizó una herramienta de encuesta *(Anexo A)* la cual se aplicó a 366 viviendas de la parroquia Andrés de Vera, con el objetivo de conocer el nivel socioeconómico de la población. Este cuestionario está compuesto de preguntas de tipo dicotómico y politómico, y preguntas cerradas de respuesta múltiple.

La encuesta está conformada por 25 preguntas organizadas en cuatro grupos; información sobre la vivienda, información sobre la familia, información sobre el abastecimiento del agua e información sobre el saneamiento.

La información sobre la vivienda abarca factores como el uso que se le da, tipo de domicilio y disposición de servicios básicos. Para determinar el destino del agua potable consumida se formulan preguntas como de qué manera se procede a la eliminación de excretas y su uso, con el fin de establecer el coeficiente de retorno óptimo.

Además, se indaga el tipo de enfermedades que afectan con mayor frecuencia a los usuarios y la calidad del agua de la que se abastecen, ya que su utilización es proporcional de acuerdo al buen o mal servicio que los usuarios reciben. Los resultados más relevantes obtenidos son los siguientes:

Tabla 6.1 Resumen de los datos obtenidos en la encuesta

Eliminación de excretas	326 viviendas eliminan sus excretas mediante alcantarillado sanitario, mientras que 40 lo hacen a través de fosas sépticas
Abastecimiento de agua	361 viviendas cuentan con red pública y 5 viviendas se abastecen de diferentes fuentes
Uso de la vivienda	243 son viviendas propias, 33 para actividad comercial y 37 ambos casos
Promedio de personas que habitan por vivienda	5 personas

Viviendas en las que usan el agua de la red pública para beber	120 viviendas
Enfermedades que afectan con mayor frecuencia producto de beber el agua proveniente de la red pública en adultos y niños	Enfermedades diarreicas, infecciones y parasitosis.

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

6.2. RECOLECCIÓN DE DATOS A TRAVÉS DE LA ENTREVISTA

Con el fin de conocer los antecedentes acerca al tema de investigación, y los parámetros que se tomaron en cuenta para la planeación y construcción de alcantarillados junto a los inconvenientes que se pueden presentar en el proceso del mismo se realizó una entrevista con el ingeniero Jorge Solís *(Anexo B),* quien desempeño varios cargos en la Corporación Reguladora del Manejo Hídrico de Manabí (CRM), entre ellos jefe en el proceso de obra del plan maestro de alcantarillado sanitario y pluvial en Portoviejo.

7. ANÁLISIS DE DATOS

7.1. ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA ENCUESTA

En el sitio de estudio delimitado, comprendido entre las calles Eudoro Bermeo y Medardo Cevallos, el 89% de habitantes consta con el servicio de alcantarillado sanitario y aproximadamente el 98% con agua potable. En base a la apreciación de los entrevistadores se puede concluir que los habitantes de la zona pertenecen a un nivel económico medio y bajo a nivel de vivienda.

Los domicilios en su mayoría disponen de agua todos los días de la semana y pagan por el servicio, el 90% de los moradores lo considera suficiente y el 10% restante insuficiente lo que deja planteada en cierta medida la falta de calidad del agua.

El 88% de los habitantes almacenan el agua para su consumo propio como medida de prevención a eventos futuros sobre la paralización de este servicio básico. El 4% de los encuestados se abastecen de otras fuentes como tanqueros y vecinos.

En lo referente a las afectaciones que el agua potable presenta tanto en niños como adultos es, en cierta manera, concepto de preocupación acerca de la calidad y mantenimiento de las redes de agua potable, pudiendo contabilizar entre las enfermedades más frecuentes en adultos y niños; infecciones, parasitosis y afecciones a la piel.

7.2. ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA ENTREVISTA

El ingeniero Jorge Solís expresó que el parámetro más importante es determinar las características socioeconómicas de la población donde se construirá el alcantarillado, cuando de sistemas sanitarios se trate. Acerca del alcantarillado pluvial, enuncio que uno de los lineamientos más críticos es establecer la máxima intensidad de lluvia que se puede presentar en un evento. La experiencia e instinto ingenieril después de las cuantificaciones técnicas es lo que prevalece.

8. INTERPRETACIÒN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En la evaluación y estudio de los sistemas de alcantarillados se determina las características y comportamiento hidráulico de sus colectores y demás elementos que forman parte de la red. El sistema de alcantarillado sanitario se encuentra en cumplimiento con los diámetros mínimos de acuerdo al caudal de demanda, como se muestra en los resultados de evaluación **(sección 4.3.1.).**

El sistema de alcantarillado pluvial no funciona con los diámetros pertinentes para la evacuación de la escorrentía superficial en función a la máxima intensidad, esto debido a que en la fase de diseño no se consideró toda el área de las cuencas que generan volúmenes de agua considerables producidos por la escorrentía superficial.

En ciertos tramos, especialmente en zonas con pendientes de terreno pronunciadas, el número de Froude determina que el régimen de flujo es supercrítico y la unión de colectores mediante los pozos de revisión no sigue los parámetros indicados en estos casos.

Las velocidades presentes en ambos sistemas cumplen relativamente en su totalidad, habiendo tramos donde la pendiente no es suficiente para llegar a la velocidad mínima permisible, sin embargo, el esfuerzo cortante es el adecuado para permitir la auto limpieza y evitar la sedimentación de partículas del agua residual.

Los caudales de aguas residuales que evacuan al rio Portoviejo son considerables en cuanto a la cantidad y compuestos que esta contiene, lo cual causa incidencias negativas sumándose a estas las ya existentes.

9. ELABORACIÓN DEL REPORTE DE RESULTADOS

9.1. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1.1. CONCLUSIONES

Mediante el presente análisis se evidencia que el sistema de alcantarillado sanitario del área delimitada de estudio funciona de manera parcial y con eficiencia aceptable, sin embargo, se encuentra por debajo del nivel óptimo, ya que parte de su trazado está diseñado con parámetros no beneficiosos funcional y económicamente.

Se puede concluir que no se consideraron los caudales promedios de aguas residuales institucionales, comerciales e industriales, lo que deriva en incapacidad del sistema para transportar el caudal respectivo antes de culminar el periodo de diseño, específicamente en los colectores principales pudiendo aumentar la velocidad del flujo.

El coeficiente de retorno para el diseño esta subestimado, aunque la variación de este con respecto al calculado no denota diferencias en el comportamiento hidráulico del sistema.

El alcantarillado pluvial no está diseñado en función a las intensidades máximas para el periodo de retorno concerniente, esto debido a que en la fase de diseño no se establecieron los diámetros correspondientes por cuestiones económicas.

Algunos colectores del sistema alcantarillado pluvial no cumplen con el diámetro mínimo permitido de 0,250 m, detallado en el código ecuatoriano para el diseño de la construcción de obras sanitarias.

Los resultados de análisis y calculo indican que las cunetas y sumideros no tienen la capacidad suficiente para el transporte y captación pertinente de la escorrentía superficial producida por lluvias de alta intensidad.

En pendientes pronunciadas, el flujo circula bajo régimen supercrítico y no se rigen bajo las consideraciones hidráulicas y geométricas para realizar la unión de colectores tanto en el sistema sanitario como pluvial.

La falta de cobertura del sistema de alcantarillado sanitario en años anteriores en ciertos sectores de la parroquia Andrés de Vera ha resultado en conexiones clandestinas de aguas residuales en el alcantarillado pluvial por parte de los usuarios, situación desfavorable debido a que los emisarios finales de aguas lluvias de la zona disponen sus caudales al rio Portoviejo. El vertimiento de aguas residuales en el rio Portoviejo acarrea consecuencias negativas por la alta carga de materia orgánica, solidos sedimentables y suspendidos, generando más inconvenientes en un curso hídrico que es contaminado por varias actividades en diferentes puntos de su cauce aguas arriba y aguas abajo no favoreciendo a su autodepuración por el déficit de oxigeno que genera esta contaminación.

9.1.2. RECOMENDACIONES

Estimar las condiciones socioeconómicas y actividades comerciales o industriales que desarrolla la población en la que se diseñará un sistema de alcantarillado sanitario para el cálculo efectivo del caudal de diseño.

Establecer correctamente la dotación de agua potable y coeficiente de retorno de acuerdo al tipo de urbe atendida, ya que cabe considerar que cada zona tiene un distinto comportamiento en cuanto la cantidad consumida y tipo de uso que se da al agua, ya sea por actividades comerciales e institucionales, entre otras.

Determinar correctamente el área de drenaje total para la asignación del caudal de diseño del alcantarillado pluvial.

Verificar mediante modelos de cálculo hidráulico el comportamiento del flujo en los colectores, para determinar la correcta construcción de los sistemas y evitar daños a corto plazo y no cumplimiento del período de diseño.

Siendo la contaminación del rio un problema generado no solo por el vertimiento de aguas residuales, se debe llevar a cabo control y aplicación de normativas ambientales por parte de los municipios de las poblaciones cercanas al cauce, enfocándose principalmente en las actividades que se desarrollan en las riveras y el uso del suelo adyacente a la corriente.

10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Ítem	Actividades	Tiempo en meses															Recursos			Costos
		1				2				3				4						
																	Materiales	Humanos	Otros	USD $
1	Recopilación de Información																- Computador - Libreta de apuntes - Impresora - Instrumento de encuesta - Entrevista	- Autores del trabajo de titulación - Profesionales - Habitantes de la zona delimitada de estudio	Transporte	$ 20,00
2	Toma y aforo de datos																- Computador - Libreta de apuntes - Cinta métrica - Planos de especificaciones técnicas de los sistemas de alcantarillado	- Autores del trabajo de titulación	Transporte	$ 20,00
3	Tema y planteamiento de problema																- Computador -Recursos bibliográficos	- Autores del trabajo de titulación		
4	Desarrollo del marco teórico																- Computador -Recursos bibliográficos	- Autores del trabajo de titulación - Tutor -Profesionales	Transporte	$ 25,00
5	Aplicación de las técnicas																- Computador - Software	-Autores del trabajo de titulación		
6	Análisis y estudio de las redes de alcantarillado sanitario y pluvial																- Computador - Software	- Autores del		$ 40,00

																	- Recursos bibliográficos -Planos de especificaciones técnicas de los sistemas de alcantarillado	trabajo de titulación		
7	Definición y selección de la recolección y análisis de datos																- Computador - Software	- Autores del trabajo de titulación		$ 15,00
8	Reporte de los resultados (conclusiones y recomendaciones)																- Computador - Recursos bibliográficos	- Autores del trabajo de titulación - Tutor - Revisor		
9	Presentación y corrección del trabajo final al tutor																- Computador - Impresora	- Autores del trabajo de titulación - Tutor		$ 20,00
10	Presentación y corrección del trabajo final al revisor																- Computador - Software de detección de plagio - Impresora	- Autores del trabajo de titulación - Revisor		$ 20,00
11	Impresión del trabajo de titulación y trámites para solicitar fecha de sustentación																- Computador - Impresora	- Autores del trabajo de titulación		$65,00
																		Total		**$ 225,00**

11. BIBLIOGRAFÍA

[1]Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. (2014). **Agua potable y alcantarillado para erradicar la pobreza en el Ecuador**. Ecuador.

[2]Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2005). **Guías para el diseño de tecnologías de alcantarillado**. Perú.

[3]Lara González Jorge. (1991). **Alcantarillado**. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

[4]López Cualla Ricardo. (2004). **Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados**. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

[5]Instituto Ecuatoriano de Obras Sanitarias. (1993). **Código Ecuatoriano para el Diseño de la Construcción de Obras Sanitarias**. Ecuador.

[6]Blanxart J. Bagaria. (1972). **Abastecimiento de agua y alcantarillado**. Barcelona: Gustavo Gili.

[7]Babbitt H.E. (1958). **Sewerage and sewage treatment**. Nueva York: John Wiley & Sons Inc.

[8]Metcalf and Eddy. (1981). **Wastewater Engineering: Collection and Pumping of Wastewater**. Nueva York: McGraw Hill Inc.

[9]Girardi, F., Vaona, W., & Di Maggio. (2010). **Resistance of different types of concretes to cyclic sulfuric acid and sodium sulfate attack**. Cement and Concrete Composites . Italia.

[10]Alcaldía municipal de Pupiales. (2010). **Construcción alcantarillado sanitario**. Colombia: Alcaldía municipal de Pupiales.

[11]Chow Ven Te. (1959). **Hidráulica de los canales abiertos**. Illinois: McGraw-Hill.

[12]Empresa de servicios públicos de Colombia. (2009). **Guía para el diseño hidráulico de redes de alcantarillado.** Colombia.

[13]Kuichling Emil. (1889). **Report on the Sewage Disposal System of Rochester**. Rochester.

[14]Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (1999). **Estudio de lluvias intensas.** Quito.

[15]Chow Ven Te. (1994). **Hidrología Aplicada**. Illinois: McGraw-Hill.

[16]Suárez J. (2008). **Calidad de agua en ríos: Autodepuración.** Universidade da Coruña. España.

12. ANEXOS

Anexo A: Tabulación de datos obtenidos en la encuesta

B. INFORMACIÓN SOBRE LA VIVIENDA

1.- Uso:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SOLO VIVIENDA	284	78
ACTIVIDAD PRODUCTIVA	38	10
AMBOS	44	12
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

2.- Tiempo habitando en la vivienda:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1 A 11 MESES	38	10
1 A 5 AÑOS	55	15
6 A 1O AÑOS	55	15
11 A 15 AÑOS	27	7
16 A 20 AÑOS	49	13
21 A 30 AÑOS	55	15
31 A 40 AÑOS	55	15
41 A 50 AÑOS	5	3
MÁS DE 50 AÑOS	27	7
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

3.- Tenencia de la vivienda:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
PROPIA	257	70
ALQUILADA	109	30
LOCAL PÚBLICO	0	0
ABANDONADA	0	0
EN CONSTRUCCIÓN	0	0
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

4.- Material predominante en la casa:

Cubierta:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
ZINC	200	55
ETERNIT	0	0
HOJAS GALVALUME	0	0
LOSA H.A	166	45
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Paredes:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
BLOQUE	0	0
LADRILLO	366	100
CAÑA	0	0
MADERA	0	0
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Piso:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
MADERA	5	1
HORMIGON	361	99
TIERRA	0	0
CAÑA	0	0
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

5.- Posee energía eléctrica:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	366	100
NO	0	0
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

6.- Abastecimiento del agua:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
RED PUBLICA	362	99
POR TANQUEROS	4	1
LLAVE PUBLICA	0	0
POZO PROTEGIDO	0	0
POZO NO PROTEGIDO	0	0
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

7.- Eliminación de excretas:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
ALCANTARILLADO SANITARIO	326	89
CONEXIÓN DOMICILIARIA	0	0

LETRINA SANITARIA	0	0
FOSA SÉPTICA	40	11
CIELO ABIERTO	0	0
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

8.- Disposición de basura:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
RECOLECCION DEL MUNICIPIO	366	100
INCINERACION	0	0
BOTADERO	0	0

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

9.- Apreciaciones del entrevistador:

a.- La vivienda pertenece al nivel económico:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
ALTO	0	0
MEDIO	300	82
BAJO	66	18
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

b.- La zona en que está ubicada la vivienda pertenece al nivel económico:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
ALTO	0	0
MEDIO	270	74
BAJO	96	26
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

C. INFORMACIÓN SOBRE LA FAMILIA

10.- ¿Cuántas personas habitan en la vivienda?:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1 A 2 PERSONAS	71	19
3 A 5 PERSONAS	224	61
6 A 8 PERSONAS	60	16
MAS DE 8 PERSONAS	11	3
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

11.- ¿Cuántas familias viven en la vivienda?:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1 FAMILIA	350	96
2 FAMILIAS	11	3
MAS DE 2 FAMILIAS	5	1
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

D. INFORMACIÓN SOBRE EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

12.- ¿Cuantos días a la semana dispone de agua potable?:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
0 DIAS	8	2
1 A 2 DIAS	9	2
3 A 5 DIAS	9	2
TODOS LOS DIAS	340	93
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

13.- ¿Paga usted por el servicio de agua?:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	350	96
NO	16	4
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

14.- Si es Si el consumo de agua facturada es el último mes fue:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
NO PAGA	16	4
1 A 5 DOLARES	11	3
6 A 10 DOLARES	137	37
11 A 15 DOLARES	137	37
16 A 20 DOLARES	44	12
21 A 30 DOLARES	11	3
31 A 40 DOLARES	5	1
MAS DE 40 DOLARES	5	1
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

15.- Considera que la calidad de agua que recibe es:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SUFICIENTE	328	90
INSUFICIENTE	38	10
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

16.- ¿Almacena usted el agua para el consumo de su familia?:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	322	88
NO	44	12
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

17.- ¿Con que presión llega el agua a la vivienda?:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
BAJA	5	1
SUFICIENTE	333	91
ALTA	27	7
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

18.- ¿El agua llega limpia o turbia?

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
LIMPIA TODO EL AÑO	109	30
TURBIA POR DIAS	213	58
TURBIA POR MESES	38	10
TURBIA TODO EL AÑO	5	1
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

19.- El agua que viene de la red pública la usa para:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA
BEBER	120
PREPARAR ALIMENTOS	328
LAVAR ROPA	328
HIGIENE	328
LIMPIEZA DE LA VIVIENDA	355
REGAR LA PROPIEDAD	355

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

20,- ¿Le da usted algún tratamiento al agua que usa para beber?

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
HIERVE	115	96
PURIFICADOR	5	4
	120	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

21.- ¿Se abastece de otra fuente?

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	16	4
NO	350	96
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

22.- Si es Si cual es la otra fuente:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
RIO	0	0
PILETA PUBLICA	0	0
TANQUERO	6	38

CANAL	0	0
MANENTIAL	0	0
POZO	0	0
VECINO	10	63
LLUVIA	0	0
	16	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

E. INFORMACIÓN SOBRE EL SANEAMIENTO

23.- ¿Usted dispone de una letrina?:

ALTERNATIVA	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	0	0
NO	366	100
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

23.- ¿Qué enfermedades afectan con mayor frecuencia a los niños y adultos de su familia y como se trata?:

ADULTOS		
ALTERNATIVA	**FRECUENCIA**	**PORCENTAJE**
NINGUNA	311	85
DIARREICAS	11	3
INFECCIONES	16	5
TUBERCULOSIS	0	0
PARASITOSIS	5	2
A LA PIEL	22	7
	366	102

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

ALTERNATIVA	FRECUENCIA
CASERO	10
POSTA MÉDICA, HOSPITAL O MÉDICO PARTICULAR	30
AMBOS	16

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

NIÑOS		
ALTERNATIVA	**FRECUENCIA**	**PORCENTAJE**

NINGUNA	260	71
DIARREICAS	60	16
INFECCIONES	30	8
TUBERCULOSIS	0	0
PARASITOSIS	5	1
A LA PIEL	11	3
	366	100

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

ALTERNATIVA	**FRECUENCIA**
CASERO	15
POSTA MÉDICA, HOSPITAL O MÉDICO PARTICULAR	25
AMBOS	20

Fuente: Autores del trabajo de titulación
Elaboración propia

Anexo B: Entrevista dirigida al Ing. Jorge Solís

Autores de trabajo de titulación: ¿Cuáles son los cargos que desempeñó en su carrera ingenieril?

Ing. Jorge Solís: A lo largo de mi estadía en la CRM, desempeñé cargos desde cadenero en trabajos topográficos hasta jefe de supervisión de obra del plan maestro de alcantarillado de Portoviejo.

Autores de trabajo de titulación: ¿Qué estudios preliminares se llevan a cabo para el diseño y construcción del sistema de alcantarillado sanitario?

Ing. Jorge Solís: Estudio socioeconómicos de la población, determinación de las áreas aportantes a cada colector, topografía de la zona de estudio y correcta estimación de normas y criterios constructivos.

Autores de trabajo de titulación: ¿Qué estudios preliminares se llevan a cabo para el diseño y construcción del sistema de alcantarillado pluvial?

Ing. Jorge Solís: Estudio de las de precipitaciones máximas en la zona y obtención de información de estaciones pluviométricas, así también como la determinación de las características del terreno para estimar el correcto coeficiente de escorrentía.

Autores de trabajo de titulación: ¿Cuáles son los inconvenientes que se presenta en la construcción de los sistemas de alcantarillados?

Ing. Jorge Solís: Los inconvenientes principales que se presentan son: falta de información en los planos de especificaciones técnicas de redes tanto de agua potable y alcantarillado ya existentes que permitan saber con mayor precisión el tipo de tuberías y la profundidad en las que se encuentran lo que aumenta costos indirectos de la obra, problemas de calidad de suelo al momento de llevar a cabo la construcción, presión política y de los medios, entre otros.

Anexo C: Instrumento de encuesta

A. INFORMACIÓN BÁSICA DE LA LOCALIDAD

Encuestadores: Fabricio España, Dilmer Meza.

Fecha de la encuesta: ___/___/_____

Parroquia: Andrés de Vera

Cantón: Portoviejo **Provincia:** Manabí

Nombre del Encuestado: _____

B. INFORMACIÓN SOBRE LA VIVIENDA

1. Uso:

solo vivienda ( ) actividad productiva ( ) ambos ( )

2. Tiempo habitando la vivienda:

___ año(s) ___ mes(es)

3. Tenencia de la vivienda

Propia ( )

Alquilada ( )

Local público ( )

Abandonada ( )

En construcción ( )

4. Material predominante en la casa

Cubierta: zinc ( ) eternit ( ) hojas galvalume ( ) losa H.A. ( )

Paredes: bloque ( ) ladrillo ( ) caña ( ) madera ( )

Piso: madera( ) hormigón ( ) tierra ( ) caña ( )

5. Posee energía eléctrica

Si ( ) No ( )

6. Abastecimiento del agua

Red pública Si ( ) No ( )

Por tanqueros Si ( ) No ( )

Llave publica Si ( ) No ( )

Pozo protegido Si ( ) No ( )

Pozo no protegido Si ( ) No ( )

7. Eliminación de excretas

Alcantarillado sanitario Si ( ) No ( )

Conexión domiciliaria Si ( ) No ( )

Letrina sanitaria Si ( ) No ( )

Fosa séptica Si ( ) No ( )

Cielo abierto Si ( ) No ( )

8. Disposición de basura

Recolección del municipio Si ( ) No ( )

Incineración Si ( ) No ( )

Botadero Si ( ) No ( )

9. Apreciaciones del entrevistador

a. La vivienda pertenece al nivel económico:

Alto ( ) Medio ( ) Bajo ( )

b. La zona en que es a ubicada la vivienda pertenece al nivel económico:

Alto ( ) Medio ( ) Bajo ( )

C. INFORMACIÓN SOBRE LA FAMILIA

10. ¿Cuántas personas habitan en la vivienda? ____

11. ¿Cuántas familias viven en la vivienda? ____

D. INFORMACIÓN SOBRE EL ABASTECIMIENTO DE AGUA

12. ¿Cuantos días a la semana dispone de agua potable?

_____ día(s)

13. ¿Paga usted por el servicio de agua?

Si ( ) No ( )

14. Si es Si el consumo de agua facturada es el último mes fue: (solicitar el último recibo)

Cantidad facturada (m^3) _____ y el pago fue $ _____

15. Considera que la calidad de agua que recibe es:

Suficiente ( ) Insuficiente( )

16. ¿Almacena usted el agua para el consumo de su familia?

Si ( ) No ( )

17. ¿Con que presión llega el agua a la vivienda?

Baja( ) Suficiente( ) Alta( )

18. ¿El agua llega limpia o turbia?

Limpia todo el año ( ) turbia por días ( ) turbia por meses ( )
turbia todo el año ( )

19. El agua que viene de la red pública la usa para:

1. Beber ( )	2. Preparar alimentos ( )	3. Lavar ropa ( )	4. Higiene personal ( )
5. Limpieza de la vivienda ( )	6. Regar la propiedad ( )	7. Otros ( )	

20. ¿Le da usted algún tratamiento al agua que usa para beber?

Ninguno ( ) Hierve ( ) Legía ( ) otro_____

21. ¿Se abastece de otra fuente?

Si ( ) No ( )

22. Si es Si cual es la otra fuente:

a. Rio	b. Pileta Publica	c. Tanquero
d. Canal	e. Manantial	f. Pozo
g. Vecino	h. Lluvia	

E. INFORMACIÓN SOBRE EL SANEAMIENTO

23. ¿Usted dispone de una letrina?

Si ( ) No ( )

24. ¿Qué enfermedades afectan con mayor frecuencia a los niños y adultos de su familia y como se trata?

Enfermedad	Niños	Adultos	Tratamiento	
			Casero	Posta médica, hospital o medico particular
Ningunas				

Diarreicas				
Infecciones				
Tuberculosis				
Parasitosis				
A la piel				
Otros				

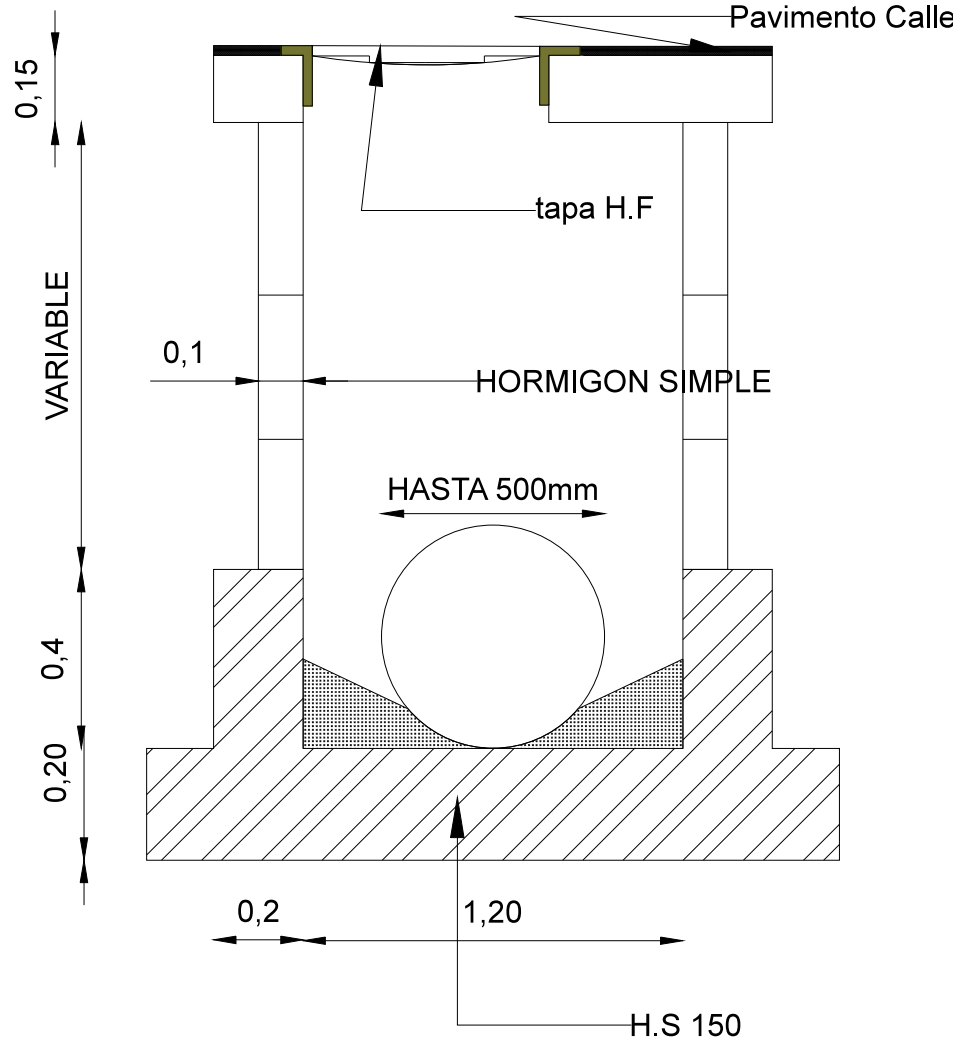
Anexo D: Relaciones hidráulicas

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

Anexo E: Especificaciones técnicas de pozos de revisión del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial

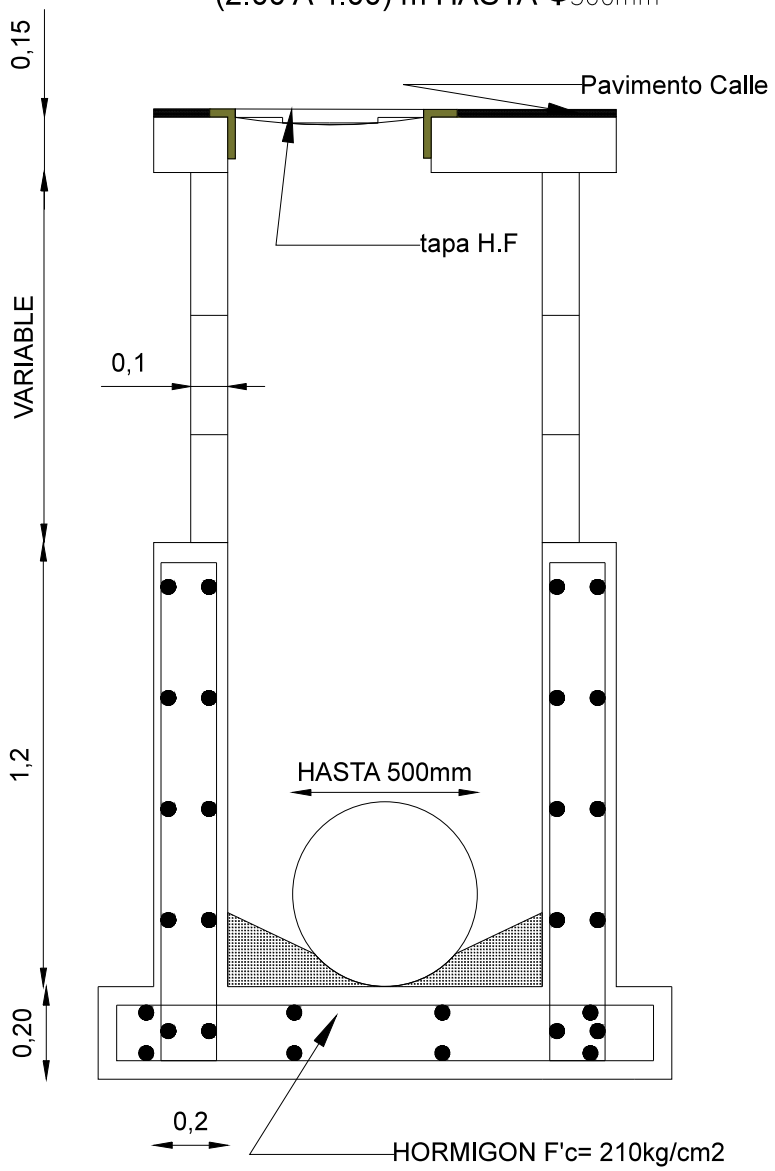
TIPO I

POZO DE REVISION PARA PROFUNDIDAD (0.8 A 2.00) m HASTA Φ500mm



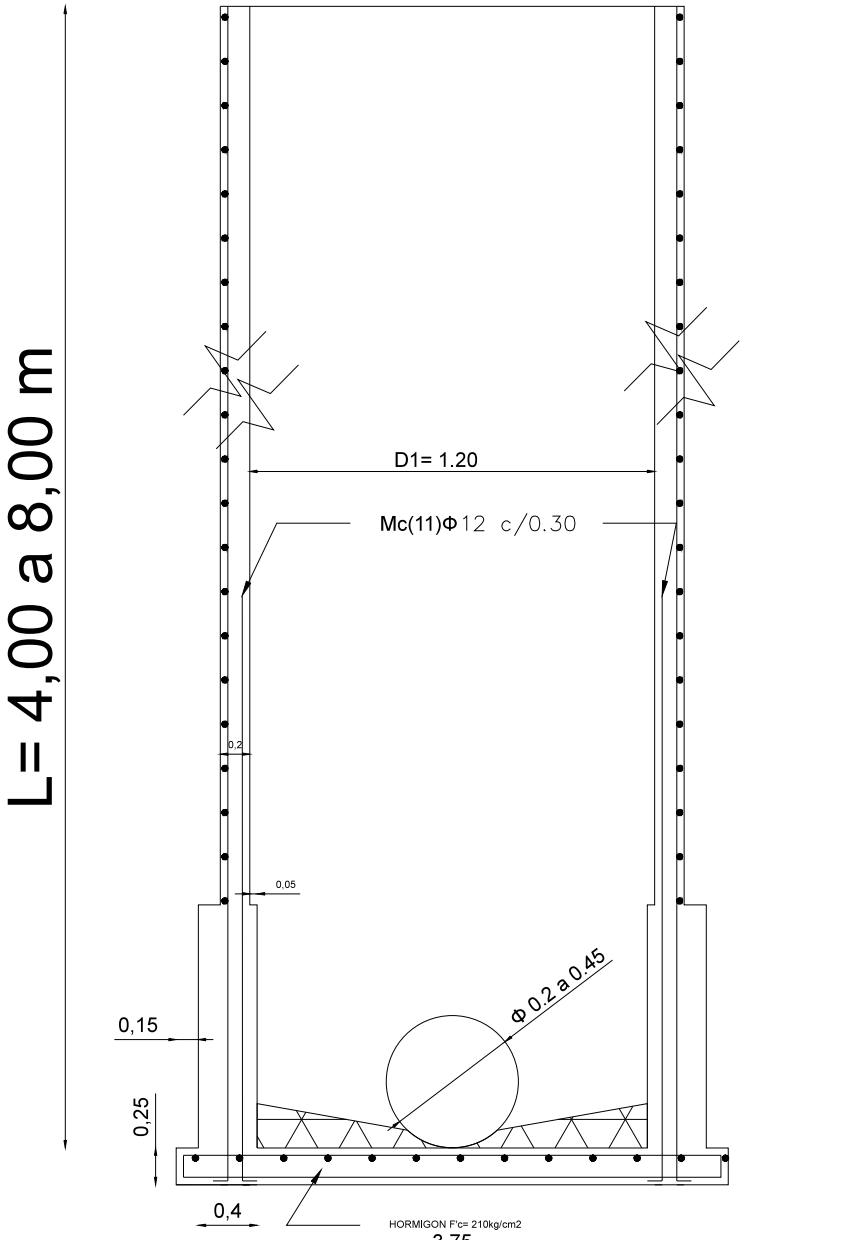
TIPO II

POZO DE REVISION PARA PROFUNDIDAD (2.00 A 4.00) m HASTA Φ500mm

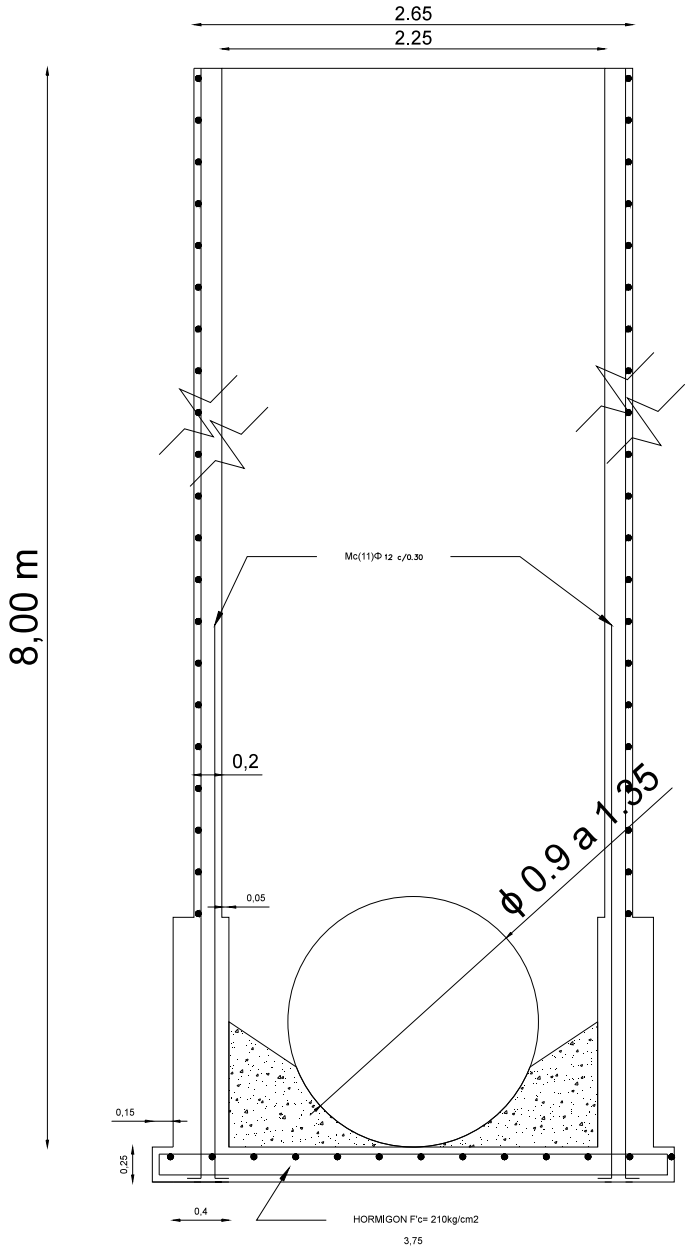


POZOS DE REVISIÓN TIPO III

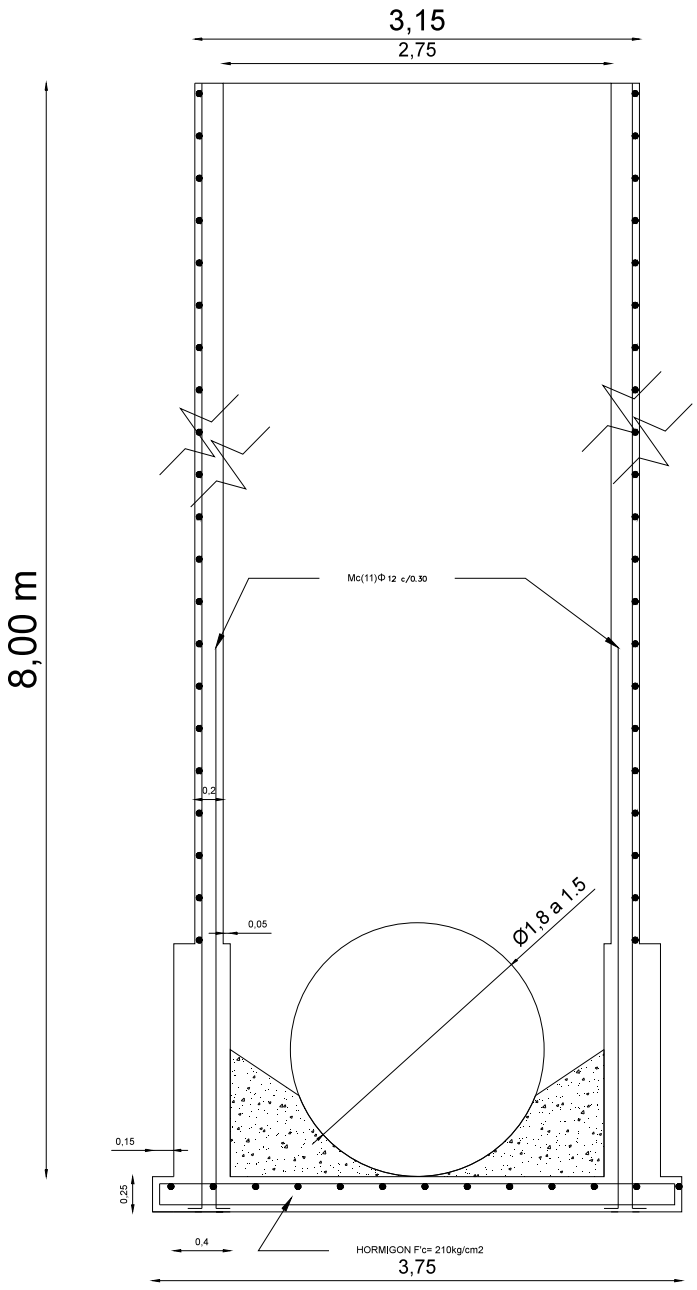
POZOS DE REVISIÓN PARA Φ(200 A 450) MM



POZOS DE REVISIÓN TIPO IV

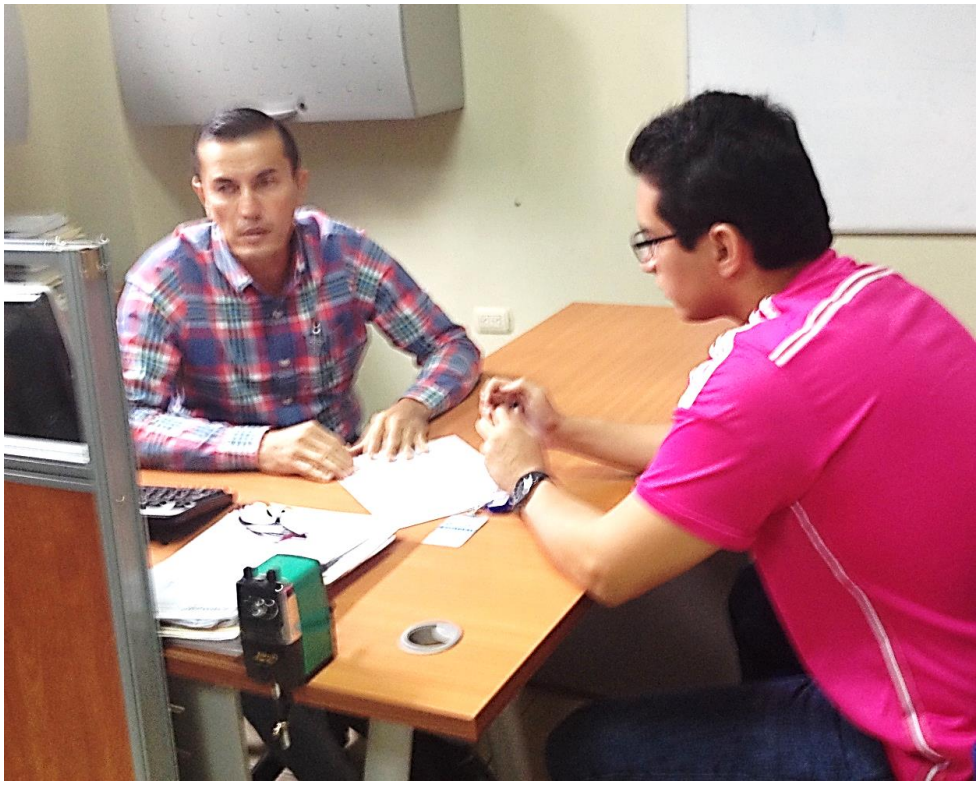


POZOS DE REVISIÓN TIPO V



Anexo F: Fotos

Reunión con revisor de trabajo de titulación, Ing. Lenin Mendoza Bowen.



Reunión con revisor de trabajo de titulación, Ing. Lenin Mendoza Bowen.

Actividades previas a la medición de volumen de agua residual producida en un día en caja de revisión de residencia.

Entrevista con Ing. Jorge Solís.

Entrevista con Ing. Jorge Solís.

Medición de cunetas y sumideros.

Medición de cunetas y sumideros.

Reunión con revisor de trabajo de titulación, Ing. Santiago Quiroz Fernández.