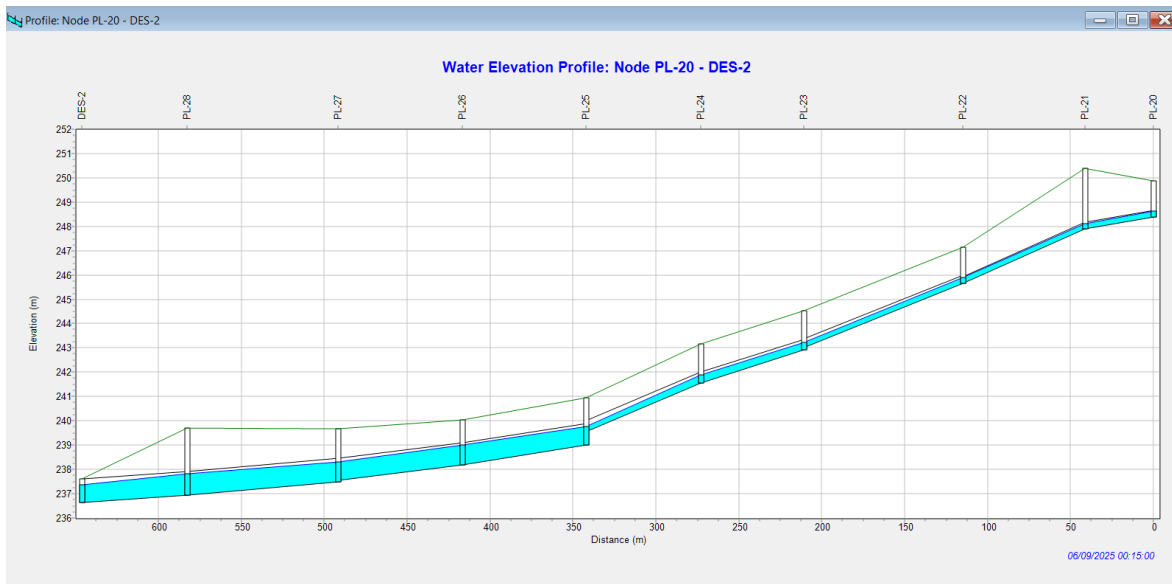


DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE – PLAN DEPARTAMENTAL DE AGUAS



CONSTRUCCION DEL ALCANTARILLADO SANITARIO Y PLUVIAL DE LA INSPECCION LA UNILLA DEL MUNICIPIO DEL RETORNO – DEPARTAMENTO DEL GUAVIARE.

DISEÑO HIDRAULICO RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO, PTAR Y ALCANTARILLADO PLUVIAL.

SEPTIEMBRE DE 2025

Tabla de contenido

1. INFORMACIÓN DEL PROYECTO	4
1.1. Localización de la zona a intervenir	4
1.2. Aspectos históricos.....	4
1.3. Aspectos físicos	4
1.4. Hidrografía	6
1.5. Ecología	6
1.6. Suelos	6
2. MARCO LEGAL.....	9
3. ASPECTOS DEL CONTRATO.....	10
3.1. EVALUACIÓN DE LAS POBLACIONES AL HORIZONTE DEL PROYECTO	10
3.1.1. REGISTROS CENSALES DE LA UNILLA	10
3.1.2. MÉTODO DE CÁLCULO PARA TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL.....	16
3.1.3. TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL.....	17
3.2. DOTACIÓN Y DEMANDA.....	22
3.2.1. PERIODO DE DISEÑO PARA EL SISTEMA DE ACUEDUCTO LA UNILLA	22
3.2.2. EVALUACIÓN DE LAS DOTACIONES DEL SISTEMA DE ACUEDUCTO.....	22
3.2.2.1. . DOTACIÓN NETA	22
3.2.2.2. PORCENTAJE DE PÉRDIDAS TÉCNICAS	23
3.2.2.3. DOTACIÓN BRUTA PARA LA UNILLA.....	23
3.2.3. CÁLCULO DE LAS DEMANDAS	23
3.2.4. CAUDALES DEL PROYECTO.....	25
4. JUSTIFICACION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	29
5. DIAGNOSTICO MANEJO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICA EN EL CENTRO POBLADO LA UNILLA.....	31
6. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS	35
6.1. alternativa 1:.....	35
6.2. Alternativa 2.....	35
6.3. Selección de alternativa.....	35
6.3.1. METODOLOGÍA - MATRICES DE SELECCIÓN MULTI-CRITERIO	36
6.3.1.1. CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD POR COMPONENTE	36
6.3.1.2. VALORACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DE LA ALTERNATIVA	37
6.3.1.3. RESULTADO ANÁLISIS DE ALTERNATIVA	41
7. DISEÑO SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO CENTRO POBLADO LA UNILLA - MUNICIPIO DE EL RETORNO.....	45
8. ESTACION DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES.....	53
9. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	59

10.	RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL	75
10.1.	CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA.....	75
10.2.	Intensidad.....	76
10.3.	Estación El Trueno municipio de El Retorno	77
10.4.	Curvas Intensidad Duración Frecuencia.....	88
10.5.	MODELACIÓN HIDROLÓGICA	91
10.6.	DISEÑO HIDRAULICO RED DE COLECTORES	93
10.7.	DISEÑO HIDRAULICO PLUVIAL	96
10.8.	VERIFICACION DE DISEÑO HIDRAULICO PLUVIAL – SOFTWARE EPA SWMM	99
11.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	110

1. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

1.1. Localización de la zona a intervenir

La zona a intervenir se encuentra ubicada en el municipio del Retorno departamento del Guaviare en la inspección de El Unilla, con coordenadas latitud 2.199453° longitud -72.739408°, y altitud media de 253 MSNM.



1.2. Aspectos históricos

El Municipio de El Retorno, donde se ubica la inspección la Unilla fue fundado en el año 1968 producto de varios procesos de colonización.

Tiene un área de 1017 km². Está conformado por 75 veredas, la cabecera municipal, 5 resguardos indígenas y 3 centros poblados. Limita por el norte con San José del Guaviare, por el sur con Miraflores y el departamento del Vaupés, por el oeste con Calamar y el este con el departamento de Guainía. Sobre las orillas de los ríos de la región, habitaban tribus indígenas, carijonas, Guayaberos y Fuinibas, los que vivían de la caza y la pesca.

1.3. Aspectos físicos

Localización

La inspección la Unilla se ubica en la zona occidental del Municipio de El Retorno, que a su vez se encuentra localizada al centro del Departamento del Guaviare, Dista de Bogotá (la capital del país) 420 km. Se encuentra a una altura de 245 msnm, registrando una temperatura de 25 °C.

Vías de Comunicación

Vía Terrestre

El acceso por vía terrestre desde la capital del país y el departamento del Meta se lleva a cabo por la vía Bogotá – Villavicencio – Granada - Puerto Lleras – Puerto Concordia, San José del Guaviare y

El Retorno, cuenta con un flujo muy importante de transporte de carga y pasajeros, situación que se benefició con la construcción del puente Inter-departamental en la zona de Concordia – Puerto

Arturo y el actual mejoramiento de la vía. Desde San José del Guaviare se puede llegar a El Unilla por la vía al Retorno, Desviándose en la entrada a El Unilla.

Vía Aérea

A la Unilla se llega por vía aérea por San José del Guaviare que cuenta con un aeropuerto de categoría G, con una pista de 1400 m de longitud por 20 de ancho, con un promedio de 110 pasajeros diarios, que se transportan en rutas San José, Villavicencio, Bogotá, en el orden de Inter-departamental.

Clima

Se tomaron aspectos generales del Municipio de El Retorno; el clima del Municipio corresponde a un bosque húmedo tropical de carácter bimodal con dos estaciones definidas de la siguiente forma: un periodo de lluvias de abril a diciembre y un periodo de menos lluvias de diciembre a marzo; la precipitación media anual es de 2550 mm; con una temperatura media de 25.8°C; la humedad relativa es de 83.3%.

Fisiografía

La inspección la Unilla se caracteriza por presentar un relieve ondulado, esta caracterización topográfica es interrumpida por los cauces de los principales caños que atraviesan la inspección formando llanuras aluviales a veces amplias, dentro de las cuales se desarrollan geoformas asociadas a su dinamismo (altillanuras, terrazas, meandros abandonados, diques naturales).

La inspección está inmersa en la región geográfica denominada Planicie Amazónica al Este de la Cordillera Oriental, en donde se presentan varios paisajes de los cuales, el más representativo es la Superficie Sedimentaria Plio-Pleistocénica en proceso de disección, la cual se subdivide de acuerdo a la forma y grado de disección.

El otros paisajes lo integran los siguientes grandes paisajes: la Llanura Aluvial de inundación de ríos andinenses, Llanura aluvial de ríos de origen amazónico, Valles menores con influencia coluvio-aluvial, Terrazas Antiguas de origen fluvial con alguna influencia tectónica, divididas de acuerdo con la altura respecto al cauce del río en bajas, medias y altas, y finalmente las estructuras rocosas de origen sedimentario y de origen ígneo metamórfico (PRORADAM, 1979 modificado por SINCHI, 1999).

1.4. Hidrografía

La inspección la Unilla pertenece a la cuenca hidrográfica del Río Inírida, bañado principalmente por Caño Grande que permiten desarrollar actividades como la pesca y sirven como medio de transporte.

1.5. Ecología

Fauna

El territorio de la inspección la Unilla pertenece a la unidad zoogeográfica denominada NEOTROPICAL O SURAMERICANA, la cual tiene como particularidad una fauna muy original y variada. Entre los animales de región encontramos:

1. PECES: la cachama, yamú, la piraiva, el guaracú, el valentón, el bagre sapo, el dorado, bagre amarillo.
2. MAMÍFEROS: el perro de agua, la nutria, el tigrillo, el león de selva, el venado negro, la lapa, el chaqueto y el cachicamo.
3. REPTILES: la tortuga, el morrocoy, el güio negro (abajo izquierda), la boa, la culebra cuatro narices, la culebra cascabel, y la cazadora.
4. AVES: el garzón soldado, la garza blanca y morena, el loro real, el loro palmero, la guacamaya, la gallineta, el tucán, el gaván, el perico cara sucia, entre otros

Flora

Las principales especies forestales conocidas por sus nombres autóctonos dentro de la región son: El Laurel, el camino, el cedro amargo, la Ceiba, el balso, el cacao silvestre, el yarumo, el caucho, la palma de moriche, el cumare, y el cejen entre otros.

1.6. Suelos

Según el diagnóstico que se realizó para el Esquema de Ordenamiento Territorial, la inspección la Unilla se ubica en la siguiente clasificación de suelo:

Suelos de las formas aluviales o de vegas: representa los suelos que se han desarrollado a partir de los depósitos aluviales del Cuaternario, y que conforman las llanuras aluviales de los ríos de origen andino y amazónico que recorren el Municipio, generalmente en dirección este - oeste.

Estas llanuras presentan diferentes niveles (planos o vegas) diferenciadas por su altitud (bajo, medio y alto) respecto al colector principal, lo que les confiere una mayor o menor frecuencia a sufrir inundaciones y donde el relieve es plano o plano cóncavo, con pendientes entre 0 a 3%.

Las zonas de vegas presentan suelos con texturas francas a arcillosas, pH muy ácido a ácido, alta saturación de Aluminio, en donde las mayores limitaciones tienen que ver con la incidencia de las inundaciones, la cual es muy frecuente en los niveles más bajos, donde se han desarrollado suelos pobremente drenados, superficiales y de nivel freático alto. La mayor diferencia en estos suelos, radica en el origen de los materiales que les originan, por lo tanto, los suelos de vegas de ríos andinos como el Guaviare y Guayabero, presentan una mayor fertilidad que los suelos de vegas de ríos de origen amazónico, donde los contenidos de fósforo disponible, la capacidad de intercambio catiónico, el contenido de carbón orgánico y la saturación de bases son bajos.

Dentro de este grupo se reúnen además los suelos de las terrazas antiguas, donde el relieve en su mayoría es plano a ligeramente ondulado, con pendientes entre 0 a 3% (terrazas bajas) y de 3 a 7% (terrazas medias y altas), originados a partir de materiales arcillosos y arenosos intercalados, presentan con frecuencia gravillas de cuarzo y chert. Estos suelos presentan mayor profundidad efectiva, respecto de los de las vegas, son profundos, bien drenados, aunque se presentan áreas encharcadas con drenaje muy pobre denominados “cananguchales”; las texturas oscilan desde francas a franco-arenosas y se evidencia erosión laminar ligera. Con respecto a las características químicas, vale la pena resaltar, que son suelos ácidos, de baja capacidad de intercambio catiónico, muy bajos contenidos de bases, carbón orgánico y alta saturación de Aluminio, superior al 60%.

Asociados a estas terrazas aparecen los suelos de los valles menores con influencia coluvial que encajan dentro de las superficies de denudación, entre las terrazas y las estructuras rocosas. Son suelos ácidos, con baja capacidad de intercambio catiónico, moderado contenido de bases, bajo contenido de fósforo disponible y alta saturación de aluminio, son muy superficiales, limitados por el nivel freático fluctuante, presentan texturas franco arcillosas a arcillosas, y se evidencia erosión de tipo laminar.

El drenaje natural de los suelos de las vegas aluviales es pobre, así como en los valles menores, aunque en algunos planos altos de las llanuras aluviales de ríos de origen andino y de las terrazas se presentan suelos con drenaje moderado a bueno.

Los sedimentos de las llanuras aluviales de ríos andinenses han generado suelos de mayor fertilidad si se le compara con el área de tierra firme, dado que contienen una apreciable cantidad de minerales alterables (feldespatos y granos alterados) pero a su vez presentan las mayores limitaciones debido a la intensidad y frecuencia de las inundaciones. La cantidad de nutrientes es mayor en la vega baja y disminuye a medida que se pasa a los niveles más altos; sin embargo, las inundaciones son más limitantes en la vega baja y afectan con menor intensidad los niveles más altos. Las texturas son, en general, medias y finas, pero hay sectores con suelos arenosos.

Usos del suelo

La reglamentación del uso del suelo tiene como propósito avanzar en la identificación y puesta en marcha de procesos productivos sostenibles y acordes con las condiciones ambientales del municipio y por ende en la construcción de una economía competitiva a futuro, que aproveche las ventajas comparativas que ofrece el ecosistema amazónico.

Esta zonificación comprende grandes zonas de uso y manejo, con sus respectivas subzonas y usos reglamentados, clasificados en uso principal, uso complementario o compatible, uso condicionado o restringido y uso prohibido. Las zonas y el área que cubre cada una son:

Tabla. Usos del suelo

ZONA	SUBZONA	AREA(Ha)
PRODUCCION	<ul style="list-style-type: none">• Aprovechamiento recursos hidrobiológicos.• Usos agroforestales con capacidad Agropecuaria• Usos agroforestales con restricciones a la Ganadería• Prácticas producción sostenibles del bosque	2573,25
		26707,75
		2482,5
		35798,25
PROTECCION	<ul style="list-style-type: none">• Protección legal actual• Áreas críticas• Protección propuesta• Protección rondas, lagunas y nacimientos	28207,25
		2594
		14187
		7871,75
RECUPERACIÓN	<ul style="list-style-type: none">• Para la producción con sistemas agroforestales con capacidad agropecuaria• Para la producción con sistemas agroforestales con capacidad agropecuaria y restricción a la Ganadería• Para la protección	17405,5
		1091,25
		2611
TOTAL		141529,5

Fuente: DAPG

2. MARCO LEGAL

El diseño de las redes hidráulicas del proyecto se realizará basando en las siguientes normatividades vigentes y/o especificaciones:

- Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento Básico – RAS- título B- Sistemas de acueducto.
- Resolución 0330 de 2017 “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009”.
- Resolución 0799 de diciembre de 2021, la cual modifica algunos artículos de la resolución 0330 de 2017.

3. ASPECTOS DEL CONTRATO

3.1. EVALUACIÓN DE LAS POBLACIONES AL HORIZONTE DEL PROYECTO

3.1.1. Registros censales de la Unilla

De primera instancia es de vital importancia tener información acerca de la población total existente en la inspección del Unilla, la distribución espacial en el territorio, los fenómenos de migración y la tasa de crecimiento, con el fin de establecer comportamientos en la dinámica poblacional e identificar tendencias, debilidades y potencialidades de las comunidades frente al territorio y en este caso específico permitir la estructuración de un Acueducto adaptado de acuerdo a la definición de objetivos y estrategias que conlleven al logro del objeto central, es decir contribuir en el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes.

En la actualidad no se cuenta con microdatos del DANE para el sector de la inspección, el contrato de acueducto inicial cuenta con dos certificaciones, una por parte de la secretaria de planeación del municipio del retorno y otra por SISBEN, las cuales tenían los siguientes habitantes como resultado:

Tabla Datos Censales EL UNILLA

Año	Población Rural	Observación
2020	2485	SISBEN
2020	469	Secretaría de planeación

Fuente: Municipio el Retorno

Teniendo en cuenta lo anterior y la variación tan alta entre una certificación y la otra, el consultor realizó una encuesta vivienda por vivienda lo cual arrojó los siguientes resultados:

Tabla N° 1 Datos Encuesta uso residencial.

N° de encuesta	Encuestado	Habitantes/Vivienda	Habitantes más que llegan a la vivienda	Habitantes totales por vivienda
1	Wilson Cuchimino	1	2	3
2	María Vargas	5	7	12
3	Maicol Aguila	5	5	10
4	Hernán Neira	0	0	0
5	Raquelín Cuesta	0	0	0
6	Yadira Avila	3	9	12

N° de encuesta	Encuestado	Habitantes/Vivienda	Habitantes más que llegan a la vivienda	Habitantes totales por vivienda
7	Yimi Bermudez	3	2	5
8	Josue Rodriguez	3	3	6
9	Andrea	2	2	4
10	Rosalía Ruiz	2	2	4
11	Anatolia Avila	8	8	16
12	Gustavo Gamboa	6	6	12
13	Diogenes Lopez	3	4	7
14	Luz Mirian Cardona	3	3	6
15	Florinda Ruiz	3	4	7
16	Jose Adolfo Moreno	2	4	6
17	Ciro Antonio Arias	3	9	12
18	Jorge Aponte	4	4	8
19	Patricia Zuares	7	10	17
20	Laura Linares	4	4	8
21	Wilson Tavera	6	7	13
22	Lote de Iglesia	0	0	0
23	Ronal Gonzalez	0	0	0
25	Quesa	8	8	16
26	Pedro Roque	6	4	10
28	Leidy Alfaro	7	7	14
30	Jesus Eunecio Forero	5	5	10
31	Isabel Bernal	4	4	8
32	Parroquia San Isidro	1	1	2
33	Alejandra Moreno	3	4	7
34	Alba Gomez	2	4	6

N° de encuesta	Encuestado	Habitantes/Vivienda	Habitantes más que llegan a la vivienda	Habitantes totales por vivienda
35	Maria Custadia	3	3	6
36	Andrea Galindo	2	2	4
37	Dario Ruiz	3	2	5
38	Flor Evelia	3	4	7
39	Maria Rivera	4	2	6
40	Luz Edith Delgado	7	7	14
41	Anibal Martinez	5	7	12
42	Alfonso Mesa	4	5	9
43	Maria Orfeny	3	3	6
44	Mariel Triana	5	5	10
45	Anibal Tique	8	8	16
46	Casa Abandonada	0	0	0
47	Ester Caballero	3	4	7
48	Mary Milano	4	4	8
49	Victor Herrera	0	0	0
50	Saulo Paez	1	3	4
51	Doris Ospina	2	3	5
52	Aura Cundumi	3	6	9
53	Danilo Avila	3	6	9
54	Luis Rodriguez	1	2	3
55	Luis Rodriguez	0	9	9
56	Danitza	9	9	18
57	Jose Guisao	0	0	0
58	Jose Seda	0	0	0
59	Leiden Martinez	0	0	0

N° de encuesta	Encuestado	Habitantes/Vivienda	Habitantes más que llegan a la vivienda	Habitantes totales por vivienda
60	Alvaro Rueda	0	0	0
61	Teresa Toloza	0	0	0
62	Alfonso Mesa	2	2	4
63	Alfonso Mesa	0	0	0
64	Maria Sarmiento	4	4	8
65	Gladis Santos	3	3	6
66	Orlando Garzon	6	7	13
67	Maria Zapata	0	0	0
68	Oscar Daniel Alfonso	4	4	8
69	Ana Teresa Toloza	4	6	10
70	Maria Leon	5	10	15
71	Jairo Arias	3	1	4
72	Magda Diaz	0	0	0
73	Angel Arias	2	3	5
74	Belkis Vargas	4	4	8
75	Luis Neira	3	4	7
76	Nelson Avila	6	6	12
77	Puesto de Salud	0	0	0
78	Ana Garzon	2	5	7
80	Diogenes Quaquimbo	6	8	14
81	Jose Sanchez	2	2	4
82	Yadira Cundumi	5	5	10
83	Hector Leguizamon	5	5	10
84	Melequias Betancour	6	15	21
85	Domitila Calero	8	10	18

N° de encuesta	Encuestado	Habitantes/Vivienda	Habitantes más que llegan a la vivienda	Habitantes totales por vivienda
86	Gumerinda Daza	3	7	10
87	Jeffer Vacca	6	6	12
88	Angel Arias	6	6	12
89	Hiriel Hernandez	3	9	12
90	Alberto Sanabria	3	5	8
91	Henri Alberto	7	7	14
92	Alba Cadenas	6	6	12
93	Carmen Murcia	3	8	11
94	Josue Alexander	3	5	8
95	Libardo Rodriguez	4	4	8
96	Yine Camacho	2	2	4
97	Casa Comunal	0	0	0
98	Miguel Paez	5	7	12
99	Alfonso Mesa	4	4	8
100	Magda Tallez	10	10	20
101	Alejandra Moreno (lote)	0	0	0
102	Alejandra Moreno (lote)	0	0	0
103	Hector Moreno (lote)	0	0	0
104	Carlos Parra	4	3	7
105	Damitila Calen	3	3	6
106	Saul Contreras	3	3	6
107	Mauricio Leguizamon	3	3	6
108	Cindy Cruz	0	0	0
109	Noe Morales	5	5	10
110	Isaias Daza	2	2	4

N° de encuesta	Encuestado	Habitantes/Vivienda	Habitantes más que llegan a la vivienda	Habitantes totales por vivienda
111	Maria Gutierrez	2	2	4
112	Juan Piñeros	4	4	8
113	Henri Avila	0	0	0
114	Mauricio Leguizamon	0	0	0
115	Alicia Lopez	2	2	4
116	Hermenejilda Perez	2	2	4
117	Domitila Calera	2	2	4
118	Jose Leguizamon	4	4	8
119	Maria Vaca	4	4	8
120	Cristobal Acevedo	0	0	0
121	Victoria Cardena	3	1	4
122	Oscar Montenegro	6	1	7
123	Maria Vargas	3	0	3
124	Claudia Villamil	3	0	3
125	Ramiro Monrroy	0	0	0
126	Lecheros	1	0	1
127	Paola Pineda	0	0	0
128	Pedro Calera	0	0	0
129	Angela Daza	1	2	3
Totales		384	459	843

Fuente: Consultor

Por otro lado, se verificaron que en la inspección se cuenta con instituciones, comercios y una escuela, lo cual no se toma como uso residencial, el resultado fue el siguiente:

Tabla N° 2 Datos Encuesta otros usos.

Encuestado	Habitantes/Vivienda
------------	---------------------

N° de encuesta			Habitantes más que llegan a la vivienda	Habitantes total por vivienda
24	Internado	100	0	100
27	Fredy Montaña (Colegio)	206	0	206
79	Iglesia Asamblea de Dios	30	0	30
Totales		336	0	336

Fuente: Consultor

Se cuenta con un total de 197 viviendas, un colegio, un internado y un servicio privado.

Teniendo los habitantes y los respectivos usos para las dotaciones en cada uno, se procede a los cálculos de proyección de las poblaciones teniendo en cuenta los métodos recomendados en el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico, los cuales se muestran en el siguiente cuadro:

3.1.2. Método de cálculo para tasa de crecimiento poblacional.

los métodos recomendados por el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico se muestran en el siguiente cuadro:

Tabla Métodos de cálculo recomendados

Método por emplear	Nivel de complejidad del sistema			
	Bajo	Medio	Medio - Alto	Alto
Aritmético, Geométrico y Exponencial	X	X		
Aritmético + Geométrico + Exponencial + Otros			X	X
Por componentes (demográfico)			X	X
Detallar por zonas y detallar densidades			X	X
Método Grafico	x	x		

Fuente: RAS

A continuación, se describen brevemente los diferentes métodos de proyección sugeridos:

- **Método Aritmético:** este método supone un crecimiento vegetativo debido a la ocurrencia los fenómenos de mortalidad y de emigración.
- **Método Geométrico:** este método es aplicable en poblaciones que muestren una importante actividad económica y visibles muestras de expansión.
- **Método Exponencial:** este método se recomienda para poblaciones que muestren un desarrollo apreciable y posean abundantes áreas de expansión.

- **Método de Wappaus:** el Reglamento Técnico de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000, lo recomienda para todos los niveles de complejidad como un método confiable.
- **Método Grafico:** el reglamento técnico lo recomienda para niveles bajo y medio, cuando la información censal es insuficiente o poco confiable.

3.1.3. Tasa de crecimiento poblacional.

En el artículo 5 de la resolución 0884 del 8 de noviembre de 2018, indica lo siguiente: ***Población a atender en proyectos de esquemas diferenciales.*** *Los proyectos de agua o de saneamiento básico en zonas rurales, se formulan para atención de las viviendas y entornos ubicados en la zona de actuación, que sean identificados durante la etapa de planeación.*

El número de viviendas en la zona de actuación, para el perfil de proyecto y de la fase de preparación de la etapa de planeación, podrá establecerse según los datos suministrados por personas prestadoras de otros servicios públicos disponibles en el área, catastros multipropósito u otra información catastral y poblacional del municipio o distrito relacionada con la zona de actuación. Cuando no se cuente con esta información, se deberá realizar el censo de viviendas de la comunidad, incluyendo los entornos, para los cuales deberá estimarse el número de personas que los ocupan cotidianamente.

Durante la fase de estudios y diseños deberá realizarse el censo población y el catastro de vivienda, una metodología adecuada a la escala del proyecto.

Por excepción, cuando se evidencie una tendencia de crecimiento de la población en la zona de actuación, el proyecto deberá diseñarse con una tasa de crecimiento anual de 0.5%, en un horizonte de veinticinco (25) años. Las proyecciones superiores a esta, deberán justificarse según las condiciones observadas en la localidad. Para evidenciar la tendencia de crecimiento de la población, podrá emplearse proyecciones del censo departamental administrativo nacional de estadísticas (DANE), datos poblacionales de instrumentos de planeación territorial, Sistema de selección de beneficiarios para programas sociales (SISBEN). O datos locales de centros educativos.

por lo anterior, se toma como base el artículo 5 de la resolución 0884 de 2018, a su vez, se realizó la respectiva verificación de la tasa de crecimiento por medio de los datos estadísticos del DANE que se encuentran en la página; se encontraron datos del 2018 al 2020 y del 2005 al 2020, los cuales arrojaron los siguientes resultados:

Tabla Datos DANE 2018-2005

		Método Lineal	Método Geométrico	Método exponencial
DATOS DANE 2018		$m = \frac{Pu - Pc}{Tu - Tc} \quad r = \left[\frac{Pu}{Pi} \right]^{\left(\frac{1}{Tu - Ti} \right)} - 1 \quad K = \left[\frac{LnP_{cp} - LnP_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}} \right]$		
Año	Habitantes Casco Urbano el retorno	TASAS DE CRECIMIENTO		
2018	10298	Hab/año	%	%
2020	10152	-73	-0.7%	-0.7%
		Método Lineal	Método Geométrico	Método exponencial
DATOS DANE 2005		$m = \frac{Pu - Pc}{Tu - Tc} \quad r = \left[\frac{Pu}{Pi} \right]^{\left(\frac{1}{Tu - Ti} \right)} - 1 \quad K = \left[\frac{LnP_{cp} - LnP_{ca}}{T_{cp} - T_{ca}} \right]$		
Año	Habitantes Casco Urbano el retorno	TASAS DE CRECIMIENTO		
2005	11715	Hab/año	%	%
2020	11350	-25	-0.2%	-0.2%

Fuente: DANE

Los dos censos del DANE nos arrojan tasa de crecimiento negativa para la zona rural de municipio del retorno Guaviare, por lo q se tomó como como tasa de crecimiento final 0.5% que nos establece la resolución 0884 para zonas que no se cuenta con información.

El contrato de ejecución inicial cuenta con una certificación dada por la secretaria del municipio del retorno, indicando que se cuenta con un porcentaje del 5% de población flotante, Con estos criterios los resultados de las proyecciones de población se obtienen a partir de factores como: un período de diseño de 25 años, la capacidad financiera de la inspección la Unilla y la población flotante, a continuación, se realiza la proyección de población con los métodos descritos anteriormente.

De acuerdo a lo anterior, se asumieron los datos del método exponencial con una tasa de crecimiento **0.5%**.

Tabla Resultados población final uso residencial

tasa crecimiento		0,005	0,50%			
AÑO	Viviendas	Habitante/Vivienda	POBLACION VEREDAS	PORCENTAJE POBLACION FLOTANTE	POBLACION FLOTANTE	POBLACION FINAL
	und	und	Hab	%	Hab	Hab
2024	197	5	985	5,0%	49	1034
2025			990	5,0%	50	1040

2026	995	5,0%	50	1045
2027	1000	5,0%	50	1050
2028	1005	5,0%	50	1055
2029	1010	5,0%	51	1061
2030	1015	5,0%	51	1066
2031	1020	5,0%	51	1071
2032	1025	5,0%	51	1076
2033	1030	5,0%	52	1082
2034	1036	5,0%	52	1088
2035	1041	5,0%	52	1093
2036	1046	5,0%	52	1098
2037	1051	5,0%	53	1104
2038	1056	5,0%	53	1109
2039	1062	5,0%	53	1115
2040	1067	5,0%	53	1120
2041	1072	5,0%	54	1126
2042	1078	5,0%	54	1132
2043	1083	5,0%	54	1137
2044	1089	5,0%	54	1143
2045	1094	5,0%	55	1149
2046	1100	5,0%	55	1155
2047	1105	5,0%	55	1160
2048	1111	5,0%	56	1167
2049	1116	5,0%	56	1172
2050	1122	5,0%	56	1178

Fuente: Consultor

Para el uso comercial, institucional y escolar se estimó igualmente un crecimiento del 0.5% los cuales al horizonte del diseño nos arrojó los siguientes resultados:

Uso escolar

Tabla Resultados población final uso Escolar

AÑO	ALUMNOS
	Hab
2024	200
2025	201
2026	202
2027	203
2028	204
2029	205
2030	206
2031	207
2032	208

2033	209
2034	210
2035	211
2036	212
2037	213
2038	215
2039	216
2040	217
2041	218
2042	219
2043	220
2044	221
2045	222
2046	223
2047	224
2048	225
2049	227
2050	228

Fuente: Consultor

Uso Institucional

Tabla Resultados población final uso Institucional

AÑO	INTERNOS
	Hab
2024	90
2025	90
2026	91
2027	91
2028	92
2029	92
2030	93
2031	93
2032	94
2033	94
2034	95
2035	95
2036	96
2037	96
2038	97
2039	97
2040	97
2041	98
2042	98

2043	99
2044	99
2045	100
2046	100
2047	101
2048	101
2049	102
2050	102

Fuente: Consultor

Uso privado

Tabla3 Resultados población final uso privado

AÑO	ASISTENTES
	Und
2024	20
2025	20
2026	20
2027	20
2028	20
2029	21
2030	21
2031	21
2032	21
2033	21
2034	21
2035	21
2036	21
2037	21
2038	21
2039	22
2040	22
2041	22
2042	22
2043	22
2044	22
2045	22
2046	22
2047	22
2048	23
2049	23
2050	23

Fuente: Consultor

3.2. DOTACIÓN Y DEMANDA

3.2.1. Periodo de diseño para el sistema de acueducto la Unilla

Para todos los componentes del sistema de acueducto, alcantarillado y aseo, se adopta como periodo de diseño 25 años, según lo establece la resolución 0330 del 08 de junio de 2017 “Por la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2330 de 2009” del ministerio de vivienda, ciudad y territorio en el artículo 40 “Periodo de diseño”.

3.2.2. Evaluación de las Dotaciones del Sistema de Acueducto

La dotación es la asignación de agua que se le hace a un habitante usuario de un sistema de acueducto; existen dos (2) tipos de dotaciones, la **dotación neta** y la **dotación bruta**.

3.2.2.1. . Dotación Neta

La dotación neta para el diseño está determinada de acuerdo a la información histórica de los consumos de agua potable de los suscriptores, que debe estar recopilada por parte de la empresa prestadora del servicio de acueducto de agua potable y alcantarillado; de lo contrario, recopilada por la superintendencia de servicios públicos domiciliarios (SSPD) siempre y cuando la información sea consistente, de lo contrario se debe usar los valores determinados en la tabla de dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida definida en el artículo 43 Dotación neta máxima, de resolución 0330 del 08 de junio de 2017 “Por la cual se adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2330 de 2009” del ministerio de vivienda, ciudad y territorio

Tabla. Dotación neta máxima por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida.

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACION NETA MAXIMA (L/HAB*DIA)
> 2000 m.s.n.m	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Fuente: RAS

Debido a que en nuestra zona del proyecto no se cuenta con datos históricos, se toma que la inspección la Unilla está por debajo de los 1000 msnm por lo que su dotación neta es de 140 l/hab-día.

3.2.2.2. Porcentaje de Pérdidas Técnicas

La dotación bruta está afectada por las pérdidas que se presentan en el sistema, para la Unilla, se adoptó un porcentaje de pérdidas en los sistemas del 10%. Lo cual se cumple con lo estipulado en la resolución 0330.

3.2.2.3. Dotación Bruta para la Unilla

La resolución 0330 de 08 de junio de 2017 en el artículo 44 “DOTACION BRUTA” establece que para el diseño de cada uno de los componentes que conforman un sistema de acueducto se debe calcular la dotación bruta conforme a la siguiente ecuación:

$$\text{Dotación bruta} = \frac{\text{Dotación neta}}{1 - \% \text{ Pérdidas}}$$

$$\text{Dotación bruta} = \frac{140 \frac{l}{\text{hab} - \text{día}}}{1 - 0.10}$$

$$\text{Dotación bruta} = 156 \frac{l}{\text{hab} - \text{día}}$$

Tabla Resumen de dotaciones

Población	Dotación neta (l/hab-día)	Dotación bruta (l/hab-día)	Porcentaje de pérdidas (%)
El Unilla	140	156	10

Fuente: consultor

3.2.3. Cálculo de las demandas

Caudal medio diario (Qmd)

El caudal medio diario, Qmd, es el caudal medio calculado para la población proyectada, teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. Corresponde al promedio de los consumos diarios en un período de un año y puede calcularse mediante la siguiente ecuación:

$$Qmd = \frac{\text{Población} * D_{\text{bruta}}}{86400}$$

Caudal máximo diario (QMD)

El caudal máximo diario, QMD, corresponde al consumo máximo registrado durante 24 horas durante un período de un año. Se calcula multiplicando el caudal medio diario por el coeficiente de consumo máximo diario, K_1 . El caudal máximo diario se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$QMD = Qmd * K_1$$

Donde:

QMD	Caudal máximo diario el l/s
Qmd	Caudal medio diario en l/s
K1	Coeficiente de consumo máximo diario

El coeficiente de consumo máximo diario, k_1 , se obtiene de la relación entre el mayor consumo diario y el consumo medio diario, utilizando los datos registrados en un período mínimo de un año. En caso de sistemas nuevos, el valor del coeficiente de consumo máximo diario, k_1 , será 1.30 para poblaciones menores o iguales a 12.500 habitantes; para poblaciones mayores a 12.500 habitantes, en ningún caso el factor k_1 puede ser superior a 1.2. Según lo estipulado por la resolución 0330 del 08 de junio de 2017 en el artículo 47 párrafo 2 "CAUDALES DE DISEÑO".

Para nuestro proyecto se tomará un factor K_1 de 1.3 tal como se estipula anteriormente por tener una población menor a 12.500.

Caudal máximo horario (QMH)

El caudal máximo horario, QMH, corresponde al consumo máximo registrado durante una hora en un período de un año sin tener en cuenta el caudal de incendio. Se calcula como el caudal máximo diario multiplicado por el coeficiente de consumo máximo horario, K_2 . El caudal máximo horario se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$QMH = QMD * K_2$$

QMH	Caudal máximo horario en l/s
QMD	Caudal máximo diario el l/s
K2	Coeficiente de consumo máximo horario

El coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario, k_2 , puede calcularse, para el caso de ampliaciones o extensiones de sistemas de acueducto, como la relación entre el caudal máximo horario, QMH, y el caudal máximo diario, QMD, registrados durante un

período mínimo de un año, sin incluir los días en que ocurran fallas relevantes en el servicio. En el caso de sistemas de acueductos nuevos, el coeficiente de consumo máximo horario con relación al consumo máximo diario, k2, corresponde a un valor comprendido entre 1.6 para poblaciones menores o iguales a 12.500 habitantes y 1.5 para poblaciones mayores a 12.500 habitantes como se estipula en la resolución 0330 del 8 de junio de 2017 en el artículo 47 párrafo 2 “CAUDALES DE DISEÑO”.

Para nuestro proyecto se opta por un factor K2 de 1.6, cumpliendo con lo establecido en dicha resolución

3.2.4. Caudales del proyecto

Teniendo en cuenta los parámetros anteriormente mencionados, los caudales para el proyecto desde el año 2025 hasta el año horizonte 2050 son los siguientes:

tasa crecimiento	0,00500	0,50%	CAUDAL USO ESCOLAR		
AÑO	ALUMNOS	CONSUMO DE AGUA	CONSUMO DE AGUA	JORNADA	CONSUMO DE AGUA
	hab	l/alumno/jornada	l/jornada	Hr	l/s
2024	200	20	4000	6	0,19
2025	201	20	4020	6	0,19
2026	202	20	4040	6	0,19
2027	203	20	4060	6	0,19
2028	204	20	4080	6	0,19
2029	205	20	4100	6	0,19
2030	206	20	4120	6	0,19
2031	207	20	4140	6	0,19
2032	208	20	4160	6	0,19
2033	209	20	4180	6	0,19
2034	210	20	4200	6	0,19
2035	211	20	4220	6	0,2
2036	212	20	4240	6	0,2
2037	213	20	4260	6	0,2
2038	215	20	4300	6	0,2
2039	216	20	4320	6	0,2
2040	217	20	4340	6	0,2
2041	218	20	4360	6	0,2
2042	219	20	4380	6	0,2
2043	220	20	4400	6	0,2
2044	221	20	4420	6	0,2
2045	222	20	4440	6	0,21
2046	223	20	4460	6	0,21
2047	224	20	4480	6	0,21
2048	225	20	4500	6	0,21
2049	227	20	4540	6	0,21
2050	228	20	4560	6	0,21

2.5.3.5 Uso escolar

En aquellos casos en que la zona del municipio objeto del diseño incluya la localización de edificaciones destinadas al uso de actividades docentes y académicas, se deben tener en cuenta las dotaciones establecidas en la tabla B.2.8.

Tabla B.2.8 Consumo para uso escolar

Tipo de instalación	Consumo de agua
Educación elemental	20 l/alumno/jornada
Educación media y superior	25 l/alumno/jornada

tasa crecimiento	0,00500	0,50%	CAUDAL USO INSTITUCIONAL (INTERNADO)		
AÑO	INTERNOS	CONSUMO DE AGUA	CONSUMO DE AGUA	Día	CONSUMO DE AGUA
	hab	l/huesped/día	l/día	Hr	l/s
2024	90	300	27000	24	0,31
2025	90	300	27000	24	0,31
2026	91	300	27300	24	0,32
2027	91	300	27300	24	0,32
2028	92	300	27600	24	0,32
2029	92	300	27600	24	0,32
2030	93	300	27900	24	0,32
2031	93	300	27900	24	0,32
2032	94	300	28200	24	0,33
2033	94	300	28200	24	0,33
2034	95	300	28500	24	0,33
2035	95	300	28500	24	0,33
2036	96	300	28800	24	0,33
2037	96	300	28800	24	0,33
2038	97	300	29100	24	0,34
2039	97	300	29100	24	0,34
2040	97	300	29100	24	0,34
2041	98	300	29400	24	0,34
2042	98	300	29400	24	0,34
2043	99	300	29700	24	0,34
2044	99	300	29700	24	0,34
2045	100	300	30000	24	0,35
2046	100	300	30000	24	0,35
2047	101	300	30300	24	0,35
2048	101	300	30300	24	0,35
2049	102	300	30600	24	0,35
2050	102	300	30600	24	0,35

Tabla B.2.9 Consumo institucional

Tipo de instalación		Consumo de agua
Salud	Hospitales, clínicas y centros de salud	800 L/cama/día
	Orfanatos y asilos	300 L/huésped/día
Seguridad	Cuarteles	150 L/persona/día
	Cárceles	150 L/interno/día

tasa crecimiento	0,00500	0,50%	CAUDAL MINIMO EN PRIVADOS		
AÑO	ASISTENTES	CONSUMO DE AGUA	CONSUMO DE AGUA	Dia	CONSUMO DE AGUA
	Und	l/asistente/dia	l/dia	Hr	l/s
2024	20	150	3000	24	0,03
2025	20	150	3000	24	0,03
2026	20	150	3000	24	0,03
2027	20	150	3000	24	0,03
2028	20	150	3000	24	0,03
2029	21	150	3150	24	0,04
2030	21	150	3150	24	0,04
2031	21	150	3150	24	0,04
2032	21	150	3150	24	0,04
2033	21	150	3150	24	0,04
2034	21	150	3150	24	0,04
2035	21	150	3150	24	0,04
2036	21	150	3150	24	0,04
2037	21	150	3150	24	0,04
2038	21	150	3150	24	0,04
2039	22	150	3300	24	0,04
2040	22	150	3300	24	0,04
2041	22	150	3300	24	0,04
2042	22	150	3300	24	0,04
2043	22	150	3300	24	0,04
2044	22	150	3300	24	0,04
2045	22	150	3300	24	0,04
2046	22	150	3300	24	0,04
2047	22	150	3300	24	0,04
2048	23	150	3450	24	0,04
2049	23	150	3450	24	0,04
2050	23	150	3450	24	0,04

Tabla B.2.4 Consumo mínimo en comercios

Tipo de instalación	Consumo de agua
Oficinas (cualquier tipo)	20 L/m2/día
Locales comerciales	6 L/m2/día
Mercados	100 L/local/día
Lavanderías de autoservicio	40 L/kilo de ropa seca
Clubes deportivos y servicios privados	150 L/asistente/día
Cines y teatros	6 L/asistente/día

tasa crecimiento	0,00500			0,50%														
AÑO	Viviendas	Habitante/ Vivienda	POBLACION VEREDAS	PORCENTAJE POBLACION FLOTANTE	POBLACION FLOTANTE	POBLACION FINAL	DOTACION NETA	PERDIDAS	DOTACION BRUTA	Qmd	CONSUMO ESCOLAR (Qmd)	CONSUMO INTERNADO (Qmd)	CONSUMO MINIMO COMERCIO (Qmd)	Qmd Total	K1	QMD	K2	QMH
	und	und	hab	%	hab	hab	l/s/hab		l/s/hab	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s		l/s		l/s
2024	197	5	985	5,0%	49	1034	140	10%	156,0	1,87	0,19	0,31	0,03	2,40	1,30	3,12	1,60	5,00
2025			990	5,0%	50	1040	140	10%	156,0	1,88	0,19	0,31	0,03	2,41	1,30	3,14	1,60	5,03
2026			995	5,0%	50	1045	140	10%	156,0	1,89	0,19	0,32	0,03	2,43	1,30	3,16	1,60	5,06
2027			1000	5,0%	50	1050	140	10%	156,0	1,90	0,19	0,32	0,03	2,44	1,30	3,18	1,60	5,09
2028			1005	5,0%	50	1055	140	10%	156,0	1,91	0,19	0,32	0,03	2,45	1,30	3,19	1,60	5,11
2029			1010	5,0%	51	1061	140	10%	156,0	1,92	0,19	0,32	0,04	2,47	1,30	3,22	1,60	5,16
2030			1015	5,0%	51	1066	140	10%	156,0	1,93	0,19	0,32	0,04	2,48	1,30	3,23	1,60	5,17
2031			1020	5,0%	51	1071	140	10%	156,0	1,94	0,19	0,32	0,04	2,49	1,30	3,24	1,60	5,19
2032			1025	5,0%	51	1076	140	10%	156,0	1,95	0,19	0,33	0,04	2,51	1,30	3,27	1,60	5,24
2033			1030	5,0%	52	1082	140	10%	156,0	1,96	0,19	0,33	0,04	2,52	1,30	3,28	1,60	5,25
2034			1036	5,0%	52	1088	140	10%	156,0	1,97	0,19	0,33	0,04	2,53	1,30	3,29	1,60	5,27
2035			1041	5,0%	52	1093	140	10%	156,0	1,98	0,20	0,33	0,04	2,55	1,30	3,32	1,60	5,32
2036			1046	5,0%	52	1098	140	10%	156,0	1,99	0,20	0,33	0,04	2,56	1,30	3,33	1,60	5,33
2037			1051	5,0%	53	1104	140	10%	156,0	2,00	0,20	0,33	0,04	2,57	1,30	3,35	1,60	5,36
2038			1056	5,0%	53	1109	140	10%	156,0	2,01	0,20	0,34	0,04	2,59	1,30	3,37	1,60	5,40
2039			1062	5,0%	53	1115	140	10%	156,0	2,02	0,20	0,34	0,04	2,60	1,30	3,38	1,60	5,41
2040			1067	5,0%	53	1120	140	10%	156,0	2,03	0,20	0,34	0,04	2,61	1,30	3,40	1,60	5,44
2041			1072	5,0%	54	1126	140	10%	156,0	2,04	0,20	0,34	0,04	2,62	1,30	3,41	1,60	5,46
2042			1078	5,0%	54	1132	140	10%	156,0	2,05	0,20	0,34	0,04	2,63	1,30	3,42	1,60	5,48
2043			1083	5,0%	54	1137	140	10%	156,0	2,06	0,20	0,34	0,04	2,64	1,30	3,44	1,60	5,51
2044			1089	5,0%	54	1143	140	10%	156,0	2,07	0,20	0,34	0,04	2,65	1,30	3,45	1,60	5,52
2045			1094	5,0%	55	1149	140	10%	156,0	2,08	0,21	0,35	0,04	2,68	1,30	3,49	1,60	5,59
2046			1100	5,0%	55	1155	140	10%	156,0	2,09	0,21	0,35	0,04	2,69	1,30	3,50	1,60	5,60
2047			1105	5,0%	55	1160	140	10%	156,0	2,10	0,21	0,35	0,04	2,70	1,30	3,51	1,60	5,62
2048			1111	5,0%	56	1167	140	10%	156,0	2,11	0,21	0,35	0,04	2,71	1,30	3,53	1,60	5,65
2049			1116	5,0%	56	1172	140	10%	156,0	2,12	0,21	0,35	0,04	2,72	1,30	3,54	1,60	5,67
2050			1122	5,0%	56	1178	140	10%	156,0	2,13	0,21	0,35	0,04	2,73	1,30	3,55	1,60	5,68

4. JUSTIFICACION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los sistemas de saneamiento básico son proyectos fundamentales para la generación de calidad de vida de la comunidad, por lo cual proyectos urbanísticos deben contar con los sistemas básicos.

Los servicios públicos domiciliarios son un aspecto fundamental para satisfacer las necesidades de la población tanto de abastecimiento de agua potable, como la recolección, transporte y disposición final de las aguas residuales domésticas y aguas lluvias. Es así como las entidades territoriales y los prestadores de servicios públicos, deben garantizar los 3 principios establecidos por el gobierno nacional en este ámbito como lo son la calidad, cobertura y continuidad tanto en el sistema de acueducto como el sistema alcantarillado.

Las aguas residuales son transportadas desde su punto de origen hasta la red principal de aguas residuales, generalmente clasificadas según el tipo de agua residual que circule por ellas. Este sistema evita que estas aguas se viertan en sitios inapropiados.

Así mismo, las aguas de origen pluvial son producidas por escorrentía sobre las coberturas del urbanismo techos, pavimentos, zonas verdes entre otros, que se disponen sobre la vía y es captada por los sumideros hacia los pozos y colectores para disponerlas en el sistema de evacuación más cercano.

El Centro Poblado el Unilla en el Municipio de El Retorno, carece de un sistema para la recolección y transporte de las aguas residuales generadas en las viviendas existentes. Estas aguas son descargadas en su mayoría sobre las vías públicas desde su interior hasta la calzada, las cuales fluyen a lo largo de las mismas, generando focos de contaminación y vectores a la comunidad que allí reside. En otros casos, las descargas se realizan en sistemas individuales de tratamiento de cada predio. Esta situación genera afectaciones a la salud, dado que el agua para consumo humano y uso doméstico, es tomada de aljibes o pozos perforados construidos al interior de estas viviendas, los cuales se ven contaminados al percolar dichas aguas hasta el acuífero explotado.

En el presente documento, se establecen los estudios y diseños del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial, para lo cual se tomó como referencia los parámetros de diseño establecidos en la Resolución 0330 de 2017 Y 0799 de 2020 expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

Dicho documento comprende generalidades del Centro Poblado La Unilla, proyección de población, diagnóstico manejo de aguas residuales y diseño hidráulico del sistema propuesto tanto de alcantarillado sanitario como de alcantarillado pluvial. La población beneficiada para el presente proyecto corresponde a 1178 habitantes.

5. DIAGNOSTICO MANEJO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICA EN EL CENTRO POBLADO LA UNILLA

Como se mencionó en la justificación del presente proyecto, El Centro Poblado La Unilla en el Municipio de El Retorno, carece de un sistema para la recolección y transporte de las aguas residuales generadas en las viviendas existentes. Estas aguas son descargadas en su mayoría sobre las vías públicas desde su interior hasta la calzada, las cuales fluyen a lo largo de las mismas, generando focos de contaminación y vectores a la comunidad que allí reside. En otros casos, las descargas se realizan en sistemas individuales de tratamiento de cada predio. Esta situación genera afectaciones a la salud, dado que el agua para consumo humano y uso doméstico, es tomada de aljibes o pozos perforados construidos al interior de estas viviendas, los cuales se ven contaminados al percolar dichas aguas hasta el acuífero explotado. A continuación, se presenta registro fotográfico, donde se evidencia la problemática actual.

Fotografía 1. Vertimientos aguas residuales de las viviendas hacia las vías existentes





Fuente: El estudio.

Fotografía 2. Escorrentía aguas residuales sobre las vías





Fuente: El estudio.

Fotografía 3. Canales perimetrales sobre las vías para el transporte de aguas residuales y aguas lluvias



Fuente: El estudio.

Fotografía 4. Canales perimetrales sobre las vías para el transporte de aguas residuales y aguas lluvias y disposición final en fuente superficial



Fuente: El estudio.

6. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

Se plantean para la zona dos alternativas, originas en las condiciones de oportunidad y sostenibilidad del sistema así:

6.1. alternativa 1:

CONSTRUCCION DE SISTEMA INDIVIDUALES (INCLUYE CAJA DE INSPECCION, SISTEMA DE TRATAMIENTO Y CAMPO DE INFILTRACIÓN) + SISTEMA DE REUTILIZACION DE LAS AGUAS LLUVIAS.

Se plantea acorde a la tradición en la zona, teniendo en cuenta que actualmente la vereda en algunas viviendas cuentas con pozos sépticos, sin embargo, no realizan ningún tratamiento previo, a su vez, a una distancia no acorde se encuentra aljibes que utilizan para el suministro de agua generando focos de enfermedades.

6.2. Alternativa 2

CONSTRUCCIÓN DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO CONVECIONAL (REDES Y POZOS DE INSPECCIÓN) + SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GENERAL HASTA LLEGAR AL DESCOLE FINAL (FUENTE SUPERFICIAL ALEDAÑA) + SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL HASTA DESCOLAR EN LA FUENTE SUPERFICIAL.

Esta alternativa plantea aprovechar que en la zona se cuenta con predio para construir el sistema de tratamiento de aguas residuales y fuente superficial para descolar las aguas residuales una vez son tratadas, ayudando a la comunidad a disminuir enfermedades generadas por el mal manejo de las aguas; por otro lado, se proyecta construir una red de alcantarillado pluvial hasta descolar a la fuente hídrica aledaña evitando inundaciones en la vereda.

6.3. Selección de alternativa

Realizado el análisis técnico con el planteamiento de la alternativa o alternativas plasmado en este documento, que solucionan el problema evidenciado con el desarrollo del diagnóstico del sistema de alcantarillado sanitario y pluvial de la vereda la Unilla, y la valoración en un acercamiento preliminar de los costos económicos de las soluciones planteadas a nivel de pre-dimensionamiento realizados en este informe, se procede con la selección de aquella alternativa cometiendo dos tipos de análisis una de forma cuantitativa y la otra de forma cualitativa valorando los criterios de sostenibilidad por componente económico, técnico, ambiental, riesgo y social.

6.3.1. METODOLOGÍA - MATRICES DE SELECCIÓN MULTI-CRITERIO

La metodología que se presenta a continuación es la formulada por el consultor y se ajusta a las condiciones del proyecto y en el ejercicio de la comparación de alternativas y selección de alternativa más viable.

6.3.1.1. Criterios de sostenibilidad por componente

A continuación, se describen los criterios de sostenibilidad por componente económico, técnico, ambiental, riesgo y social que a criterio del consultor son de relevancia para el proyecto en estudio y de acuerdo a los requerimientos mínimos que debe soportar la selección de alternativas según Resolución 0330 de 2017 Artículo 14:

Tabla 1. Criterios de sostenibilidad matriz de alternativas

COMPONENTE	CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD	
ECONÓMICO	Mano de Obra Calificada (para la operación y mantenimiento)	
	Equipos especiales (para la operación y mantenimiento)	
	Consumo de Energía	
	Costos compra de servidumbres y/o predios	
	Costos Ambientales	
	Costo de la materialización del proyecto (Suministro e instalación)	
TÉCNICO	Capacidad técnica de la entidad en la ejecución e implementación del proyecto	Disponibilidad de recursos de materiales y mano de obra
		Disponibilidad de repuestos
	Facilidad de operación y mantenimiento	
	Tiempo de ejecución en la materialización del proyecto	
AMBIENTAL	Demanda de recursos naturales	
	Generación de contaminantes	Manejo de materiales peligrosos (materialización, operación y mantenimiento)
		Generación de contaminación a la calidad del aire, ruido y fuentes hídricas
RIESGOS	Amenaza y vulnerabilidad por inundaciones	
	Amenaza y vulnerabilidad por sismicidad	
	Amenaza y vulnerabilidad por deslizamientos	
SOCIAL	Generación de empleo	
	Incremento de costos de vida en la zona del proyecto	
	Afectación a la salud en la materialización, operación y mantenimiento del proyecto	

COMPO- NENTE	CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD
	Afectación por predios a intervenir.
	Afectación de tránsito vehicular y peatonal
	Generación de expectativas de la comunidad
	Incremento de la Actividad Económica
	Deterioro de la malla vial y/o urbanística

6.3.1.2. Valoración cuantitativa y cualitativa de la alternativa

El objetivo de esta valoración es establecer los indicadores capaces de medir los criterios de sostenibilidad definidos en el numeral anterior por componente.

Para una valoración cuantitativa y cualitativa se utiliza la metodología de matrices de selección multicriterio en donde cada casilla en la matriz relaciona la alternativa valorada con un criterio de sostenibilidad, lo que permitirá determinar la importancia de la alternativa sobre cada criterio.

La importancia del criterio de sostenibilidad mide cualitativamente y cuantitativamente la alternativa, en función del grado de incidencia y la caracterización del efecto. Es entonces la escala y calificación de los criterios de sostenibilidad como se define a continuación:

COMPO- NENTE	CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD	CALIFICACIÓN CUANTITATIVA		
		1	2	3
		CALIFICACIÓN CUALITATIVA		
		MALO	ACEPTABLE	EXCELENTE
ECONÓMICO	Mano de Obra Calificada (para la operación y mantenimiento)	Profesional Especializado	Mano de obra no calificada y especializada	Mano de obra no calificada
	Equipos especiales (para la operación y mantenimiento)	Equipos Especiales	N/A	Herramientas menores
	Consumo de Energía	Consumo alto	Consumo Medio	Consumo bajo
	Costos compra de servidumbres y/o predios	Costo Máximo	Consumo Medio	Costo Mínimo
	Costos Ambientales	Costo Máximo	Consumo Medio	Costo Mínimo
	Costo de la materialización del proyecto (Suministro e instalación)	Costo Máximo	Consumo Medio	Costo Mínimo

COMPO-NENTE	CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD		CALIFICACIÓN CUANTITATIVA		
			1	2	3
			CALIFICACIÓN CUALITATIVA		
			MALO	ACEPTABLE	EXCELENTE
TÉCNICO	Capacidad técnica de la entidad en la ejecución e implementación del proyecto	Disponibilidad de recursos de materiales y mano de obra	No Cuenta	N/A	Cuenta
		Disponibilidad de repuestos	No Cuenta	N/A	Cuenta
	Facilidad de operación y mantenimiento		Difícilmente Operable (requiere de capacitaciones)	Condiciones intermedias de operación y mantenimiento	Fácilmente operable
	Tiempo de ejecución en la materialización del proyecto		Largo	Mediano	Corto
AMBIENTAL	Demanda de recursos naturales		No Cuenta	N/A	Cuenta
	Generación de contaminantes	Manejo de materiales peligrosos (materialización, operación y mantenimiento)	Alto	Medio	Bajo
		Generación de contaminación a la calidad del aire, ruido y fuentes hídricas	Alto	Medio	Bajo
RIESGOS	Amenaza y vulnerabilidad por inundaciones		Alto	Medio	Bajo
	Amenaza y vulnerabilidad por sismicidad		Alto	Medio	Bajo
	Amenaza y vulnerabilidad por deslizamientos		Alto	Medio	Bajo
SOCIAL	Generación de empleo		Bajo	Medio	Alto
	Incremento de costos de vida en la zona del proyecto		Empeora	Sigue igual	Mejora
	Afectación a la salud en la materialización, operación y mantenimiento del proyecto		Alto	Medio	Bajo
	Afectación por predios a intervenir.		Alto	Medio	Bajo
	Afectación de tránsito vehicular y peatonal		Alto	Medio	Bajo
	Generación de expectativas de la comunidad		Bajo	Medio	Alto
	Incremento de la Actividad Económica		Empeora	Sigue igual	Mejora
	Deterioro de la malla vial y/o urbanística		Alto	Medio	Bajo

Ahora bien, en la valoración cualitativa y cuantitativa de la alternativa se expresa a partir de los componentes con la siguiente ecuación lineal:

$$I: 0.8E + 1.2T + 1.6A + 1.6R + 0.6S$$

Ecuación 1. Ecuación lineal matriz de evaluación

Como puede observarse la función de importancia de la alternativa se ha definido a partir de cinco componentes, siendo: E – Económico, T – Técnica, A – Ambiental, R - Riesgo, S – Social.

En la ecuación presentada y de acuerdo a la práctica general se le da el mismo peso a cada componente de la ecuación de acuerdo a su escala y calificación por la suma correspondiente en su calificación de criterios de sostenibilidad. De esta manera en la siguiente tabla, se describe la obtención de los coeficientes que acompaña cada componente en la ecuación lineal.

COMPONENTE	CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD		PESO DEL COMPONENTE	SUB-ESCALA DE VALORIZACIÓN MÁXIMA	TOTAL SUB-ESCALA DE VALORIZACIÓN MÁXIMA	COEFICIENTE DE ECUACIÓN LINEAL NORMALIZADO	PESO DEL COMPONENTE EN ECUACIÓN LINEAL NORMALIZADO
ECONÓMICO	Mano de Obra Calificada (para la operación y mantenimiento)		1.0	3.0	18.0	0.80	20%
	Equipos especiales (para la operación y mantenimiento)			3.0			
	Consumo de Energía			3.0			
	Costos compra de servidumbres y/o predios			3.0			
	Costos Ambientales			3.0			
	Costo de la materialización del proyecto (Suministro e instalación)			3.0			
TÉCNICO	Capacidad técnica de la entidad en la ejecución e implementación del proyecto	Disponibilidad de recursos de materiales y mano de obra	1.0	3.0	12.0	1.20	20%
		Disponibilidad de repuestos		3.0			
	Facilidad de operación y mantenimiento			3.0			
	Tiempo de ejecución en la materialización del proyecto			3.0			
A	Demanda de recursos naturales		1.0	3.0	9.0	1.60	20%

COMPONENTE	CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD		PESO DEL COMPONENTE	SUB-ESCALA DE VALORIZACIÓN MÁXIMA	TOTAL SUB-ESCALA DE VALORIZACIÓN MÁXIMA	COEFICIENTE DE ECUACIÓN LINEAL NORMALIZADO	PESO DEL COMPONENTE EN ECUACIÓN LINEAL NORMALIZADO
	Generación de contaminantes	Manejo de materiales peligrosos (materialización, operación y mantenimiento)		3.0			
		Generación de contaminación a la calidad del aire, ruido y fuentes hídricas		3.0			
RIESGOS	Amenaza y vulnerabilidad por inundaciones		1.0	3.0	9.0	1.60	20%
	Amenaza y vulnerabilidad por sismicidad			3.0			
	Amenaza y vulnerabilidad por deslizamientos			3.0			
SOCIAL	Generación de empleo		1.0	3.0	24.0	0.60	20%
	Incremento de costos de vida en la zona del proyecto			3.0			
	Afectación a la salud en la materialización, operación y mantenimiento del proyecto.			3.0			
	Afectación por predios a intervenir.			3.0			
	Afectación de tránsito vehicular y peatonal			3.0			
	Generación de expectativas de la comunidad			3.0			
	Incremento de la Actividad Económica			3.0			
	Deterioro de la malla vial y/o urbanística			3.0			
TOTALES				72.0	72.0	5.80	100%

De esta manera con la ecuación lineal se puede analizar de forma numérica mediante la escala de valores definida, la importancia de la alternativa, que refleja entonces la de mayor valor con un peso cuantitativo de 72 puntos y en escala cualitativa como se describe a continuación:

- Entre un 0 y 25% para una escala de valores entre 0 y 18 puntos se califica la alternativa cualitativamente como MALA.
- Entre un 25 y 75% para una escala de valores entre 18 y 54 puntos se califican la alternativa cualitativamente como ACEPTABLE.

- Entre un 75 y 100% para una escala de valores entre 54 y 72 puntos se califican la alternativa cualitativamente como EXCELENTE.

De acuerdo a lo anterior, en la matriz de jerarquización calificación cualitativa la clasificación del efecto será el siguiente:

Calificación cualitativa

MALA:	M
ACEPTABLE:	A
EXCELENTE:	E

6.3.1.3. RESULTADO ANÁLISIS DE ALTERNATIVA

Explicada la metodología de matrices de selección multicriterio, a continuación, se presenta sus resultados en la selección de la mejor alternativa para aquellos problemas o necesidades identificadas en la etapa de diagnóstico que amerito el planteamiento de más de una alternativa, las matrices de selección y de valoración cualitativa y cuantitativa que se relacionan a continuación

			COMPONENTE:	ECONÓMICO					
			CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD:	Mano de Obra Calificada (para la operación y mantenimiento)	Equipos especiales (para la operación y mantenimiento)	Consumo de Energía	Costos compra de servidumbres y/o predios	Costos Ambientales	Costo de la materialización del proyecto (Suministro e instalación)
COMPONENTE	PROBLEMA O NECESIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	ALTERNATIVAS PLANTEADAS						
sistema de alcantarillado sanitario y pluvial	la vereda no cuenta con un manejo adecuado de las aguas residuales y las aguas lluvias	Actualmente la población de la vereda La Unilla, no cuenta con ningún sistema de alcantarillado sanitario y pluvial adecuado, la comunidad en general descola las aguas residuales a la calzada frente a sus vivienda generando problemas de salubridad, a su vez las aguas lluvias generan afectaciones en algunos predios por no tener el manejo adecuado	Alternativa No. 1: CONSTRUCCION DE SISTEMA INDIVIDUALES (INCLUYE CAJA DE INSPECCION, SISTEMA DE TRATAMIENTO Y CAMPO DE INFILTRACIÓN) + SISTEMA DE REUTILIZACION DE LAS AGUAS LLUVIAS.	2	2	3	3	1	1
			Alternativa No. 2: CONSTRUCCIÓN DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO CONVECCIONAL (REDES Y POZOS DE INSPECCIÓN) + SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GENERAL HASTA LLEGAR AL DESCOLE FINAL (FUENTE SUPERFICIAL ALEDAÑA) + SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL HASTA DESCOLAR EN LA FUENTE SUPERFICIAL.	3	3	1	3	3	3

COMPONENTE:	TÉCNICO				AMBIENTAL		
CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD:	Capacidad técnica de la entidad en la ejecución e implementación del proyecto		Facilidad de operación y mantenimiento	Tiempo de ejecución en la materialización del proyecto	Demandas de recursos naturales	Generación de contaminantes	
	Disponibilidad de recursos de materiales y mano de obra	Disponibilidad de repuestos				Manejo de materiales peligrosos (materialización, operación y mantenimiento)	Generación de contaminación a la calidad del aire, ruido y fuentes hídricas

COMPONENTE	PROBLEMA O NECESIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	ALTERNATIVAS PLANTEADAS						
sistema de alcantarillado sanitario y pluvial	la vereda no cuenta con un manejo adecuado de las aguas residuales y las aguas lluvias	Actualmente la población de la vereda La Unilla, no cuenta con ningún sistema de alcantarillado sanitario y pluvial adecuado, la comunidad en general descola las aguas residuales a la calzada frente a sus vivienda generando problemas de salubridad, a su vez las aguas lluvias generan afectaciones en algunos predios por no tener el manejo adecuado	Alternativa No. 1: CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA INDIVIDUALES (INCLUYE CAJA DE INSPECCION, SISTEMA DE TRATAMIENTO Y CAMPO DE INFILTRACIÓN) + SISTEMA DE REUTILIZACION DE LAS AGUAS LLUVIAS.	3	2	2	2	2	2
			Alternativa No. 2: CONSTRUCCIÓN DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO CONVECCIONAL (REDES Y POZOS DE INSPECCIÓN) + SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GENERAL HASTA LLEGAR AL DESCOLE FINAL (FUENTE SUPERFICIAL ALEDAÑA) + SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL HASTA DESCOLAR EN LA FUENTE SUPERFICIAL.	3	3	3	3	2	2

			COMPONENTE:	RIESGOS			SOCIAL								
			CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD:	Amenaza y vulnerabilidad por inundaciones	Amenaza y vulnerabilidad por sismicidad	Amenaza y vulnerabilidad por deslizamientos	Generación de empleo	Incremento de costos de vida en la zona del proyecto	Afectación a la salud en la materialización, operación y mantenimiento del proyecto	Afectación por predios a intervenir.	Afectación de tránsito o vehicular y peatonal	Generación de expectativas de la comunidad	Incremento de la Actividad Económica	Deterioro de la malla vial y/o urbanística	Total, valoración alternativa
COMPONENTE	PROBLEMA O NECESIDAD	DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	ALTERNATIVAS PLANTEADAS												
sistema de alcantarillado sanitario y pluvial	la vereda no cuenta con un manejo adecuado de las aguas residuales y las aguas lluvias	Actualmente la población de la vereda La Unilla, no cuenta con ningún sistema de alcantarillado sanitario y pluvial adecuado, la comunidad en general descola las aguas residuales a la calzada frente a sus vivienda generando problemas de salubridad, a su vez las aguas lluvias generan afectaciones en algunos predios por no tener el manejo adecuado	Alternativa No. 1: CONSTRUCCION DE SISTEMA INDIVIDUALES (INCLUYE CAJA DE INSPECCION, SISTEMA DE TRATAMIENTO Y CAMPO DE INFILTRACIÓN) + SISTEMA DE REUTILIZACION DE LAS AGUAS LLUVIAS.	1	3	3	1	2	1	1	3	3	3	3	51,40
			Alternativa No. 2: CONSTRUCCIÓN DE RED DE ALCANTARILLADO SANITARIO CONVECCIONAL (REDES Y POZOS DE INSPECCIÓN) + SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES GENERAL HASTA LLEGAR AL DESCOLE FINAL (FUENTE SUPERFICIAL ALEDAÑA) + SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL HASTA DESCOLAR EN LA FUENTE SUPERFICIAL.	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	64,40

7. DISEÑO SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO CENTRO POBLADO LA UNILLA - MUNICIPIO DE EL RETORNO

PARAMETROS DE DISEÑO

A continuación, se presentan las consideraciones técnicas que se tuvieron en cuenta para el diseño hidráulico del sistema:

Dotación neta

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

Dotación neta por habitante según la altura sobre el nivel del mar de la zona atendida

ALTURA PROMEDIO SOBRE EL NIVEL DEL MAR DE LA ZONA ATENDIDA	DOTACIÓN NETA MÁXIMA (L/HAB*DÍA)
> 2000 m.s.n.m	120
1000 – 2000 m.s.n.m	130
< 1000 m.s.n.m	140

Fuente: Resolución 0330/2017.

Para este proyecto se asignará como dotación neta 140 l/hab*día.

Caudal medio diario

El caudal medio diario de aguas residuales (QMD) para un colector con un área de drenaje dada es la suma de los aportes domésticos, industriales, comerciales e institucionales.

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

Teniendo en cuenta las características del sitio, en este no se encuentran sectores de aporte de aguas industriales, comerciales e institucionales, el agua residual será producto de aportes domésticos (residenciales).

Por tanto, el caudal medio diario de aguas residuales corresponderá al caudal doméstico.

$$Q_{MD} = Q_D$$

El caudal medio diario es el caudal medio calculado para la población proyectada o en términos de la densidad poblacional obtenida con la población proyectada, además teniendo en cuenta la dotación bruta asignada. La ecuación que se emplea es:

$$Q_{md} = \frac{(dp * d_{neta} * C)}{86400}$$

Donde:

QMD: Caudal medio diario en l/s/Ha

dp: Densidad población proyectada en Número de habitantes/Hectárea

dneta: Dotación Neta en l/hab.-día

C: Coeficiente de retorno

Densidad poblacional

El valor de la densidad poblacional para el periodo inicial de diseño, corresponde a 71.7 Hab/Ha, la cual resulta de dividir el número de habitantes para el año 2025 (889 habitantes), entre el valor del área efectiva del Centro Poblado (12.4 hectáreas). Para el periodo final de diseño, corresponde a 81.30 Hab/Ha, la cual resulta de dividir el número de habitantes para el año 2050 (1060 habitantes), entre el valor del área efectiva del Municipio (12.4 hectáreas). Se cubre con la red de alcantarillado solo el 95% de la población.

Coeficiente de retorno

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

Factor de mayoración

El factor de mayoración para estimar el caudal máximo horario, con base en el caudal medio diario, tiene en cuenta las variaciones en el consumo de agua por parte de la población. Este valor se estimó con base en la relación aproximada de Harmon, en la cual se estima F en función del número de habitantes, La ecuación empleada es:

$$F = 1 + \frac{14}{(4 + P^{0.5})} \quad \text{Harmon}$$

Donde

F: Factor de mayoración (-)

P: Población (miles de habitantes)

Caudal máximo horario

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

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

Conexiones erradas

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

Infiltración

El caudal de infiltración debe estimarse a partir de aforos en el sistema y de consideraciones sobre la naturaleza y permeabilidad del suelo, la topografía de la zona y su drenaje, la cantidad y distribución temporal de la precipitación, la variación del nivel freático, con respecto a las cotas clave de las tuberías, las dimensiones, estado y tipo de tuberías, los tipos número y calidad constructiva de uniones y juntas, el número de estructuras de conexión y demás estructuras, y su calidad constructiva. Ante la ausencia de información, se debe utilizar un factor entre 0.1 y 0.3 L/s-ha, de acuerdo con las características topografías, de suelos, los niveles freáticos y la precipitación de la zona del proyecto. Para situaciones en las cuales el nivel freático se encuentre por debajo del nivel de cimentación de la red, el caudal de infiltración podrá excluirse como componente del caudal de diseño.

Caudal de diseño

El caudal de diseño de cada tramo de la red de colectores se obtiene sumando al caudal máximo horario del día máximo, QMH, los aportes por infiltraciones y conexiones erradas.

$$QDT = QMH + QINF + QCEf$$

Donde:

Q DT: Caudal de Diseño (l/s-Ha)

Q MH: Caudal Máximo Horario (l/s-Ha)

Q INF: Caudal por Infiltración (l/s-Ha)

Q CEf: Caudal por Conexiones Erradas (l/s-Ha)

Caudal final de diseño

Cuando el caudal de diseño calculado en el tramo sea inferior a 1,5 L/s, debe adoptarse este valor como caudal de diseño. Artículo 134 Resolución 0330/17. De otra forma, el caudal de diseño se adopta como el caudal propio según el área tributaria correspondiente, más el caudal que llega de los tramos aguas arriba.

PARÁMETROS TÉCNICOS DE DISEÑO DE LAS REDES

El tamaño y la pendiente de un colector deben ser adecuados para conducir el caudal de diseño, evitar la sedimentación de sólidos para las condiciones iniciales de servicio y garantizar su adecuada operación y funcionalidad.

Estimación de profundidades a cota clave

Las profundidades de la tubería del alcantarillado sanitario están condicionadas por la red construida de alcantarillado sanitario, de manera que se llegue a la cota del colector construido.

Profundidad mínima a la cota clave

Los colectores de redes de recolección y evacuación de aguas residuales se diseñaron a una profundidad adecuada para permitir el drenaje por gravedad, aceptando una pendiente mínima de éstas de 2%. Además, el cubrimiento mínimo del colector debe evitar la ruptura de éste, ocasionada por cargas vivas que pueda experimentar.

Profundidad mínima de colectores

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

Fuente: Resolución 0330/2017.

Profundidad máxima a la cota clave

En general la máxima profundidad de los colectores es del orden de 5m, aunque puede ser mayor siempre y cuando se garanticen los requerimientos geotécnicos de las cimentaciones y estructurales de los materiales y colectores durante (y después de) su construcción.

Criterios de autolimpieza en el alcantarillado sanitario

La velocidad mínima real permitida en el colector de alcantarillado sanitario es aquella que genere un esfuerzo cortante en la pared de la tubería mínimo de 1.0 Pa. Los criterios de velocidad y esfuerzo cortante se deben determinar para el caudal de diseño, en las condiciones iniciales y finales del periodo de diseño.

Diámetro interno de tuberías

El diámetro interno real mínimo permitido en redes de alcantarillado sanitario es 170mm. Para poblaciones menores de 2500 habitantes el diámetro interno real permitido es 140mm.

Velocidad máxima

La velocidad máxima real en un colector por gravedad no debe sobrepasar 5.0 m/s, determinada para el caudal de diseño.

En condiciones hidráulicas especiales y complejas como es el caso de topografías con pendientes superiores al 30%, colectores de gran diámetro iguales o superiores a 600mm o caudales de flujo superiores a 500 l/s, se permitirán velocidades de flujo superiores a 5 m/s; sin embargo, la velocidad máxima no deberá sobrepasar los límites de velocidad recomendados para el material del ducto y/o de los accesorios a emplear y no deberá superar los 10 m/s. Las tuberías con velocidad de flujo superior a 5 m/s deben seleccionarse con revestimientos internos especiales que permitan soportar el fenómeno de abrasión a largo plazo. El diseño deberá prever las protecciones del sistema y plantear las soluciones de disipación de energía necesarias.

Estructuras complementarias - estructuras de unión de colectores y pozos de inspección

La unión o conexión de dos o más tramos de colectores debe hacerse con estructuras hidráulicas denominadas estructuras de conexión. Usualmente, estas estructuras son pozos de unión o conexión o estructuras – pozo. Estas estructuras están comunicadas con la superficie mediante pozos de inspección, los cuales permiten el acceso para la revisión y mantenimiento de la red. El término pozo de inspección usualmente hace referencia al conjunto estructura de conexión-pozo de inspección. Por lo general, la forma de la estructura – pozo es cilíndrica en su parte inferior y de cono truncado en su parte superior. Sus dimensiones deben ser suficientemente amplias para que el personal de operación y mantenimiento pueda ingresar y maniobrar en su interior.

A continuación, se presenta un resumen de los cálculos realizados para el diseño del alcantarillado sanitario del proyecto.

Resumen cálculos hidráulicos

Pozos		Area	casas			Mayoración			Aguas servidas			Caudal institucional		Caudales de diseño	
Inicial	Final	st/recr/co	Propia	Anterior	Acum	Pobl.	F	F	Qmd	Qmhor	Qcerr	Qinf	Qi	Qd	Qdmin
		(Ha)	(-)	(-)	(-)	(miles)	(Flores)	(Flores)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)	(l/s)
1	2	0.144	4.000	0.00	4.00	0.0200	5.176	3.800	0.028	0.105	0.014	0.029	0.000	0.148	1.500
2	3	0.254	2.000	4.00	6.00	0.0300	4.970	3.800	0.041	0.157	0.025	0.051	0.000	0.233	1.500
3	8	0.424	0.00	6.00	6.00	0.0300	4.970	3.800	0.041	0.157	0.042	0.085	0.000	0.284	1.500
8	9	0.324	0.000	6.00	6.00	0.0300	4.970	3.800	0.041	0.157	0.032	0.065	0.000	0.254	1.500
9	10	0.434	0.000	6.00	6.00	0.0300	4.970	3.800	0.041	0.157	0.043	0.087	0.000	0.287	1.500
10	11	0.544	2.00	6.00	8.00	0.0400	4.829	3.800	0.055	0.209	0.054	0.109	0.000	0.373	1.500
11	12	0.644	9.000	8.00	17.00	0.0850	4.478	3.800	0.117	0.445	0.064	0.129	0.000	0.638	1.500
12	23	0.704	0.000	21.00	21.00	0.1050	4.385	3.800	0.145	0.550	0.070	0.141	0.000	0.761	1.500
13	14	0.020	2.000	0.00	2.00	0.0100	5.547	3.800	0.014	0.052	0.002	0.004	0.000	0.058	1.500
14	12	0.050	2.000	2.00	4.00	0.0200	5.176	3.800	0.028	0.105	0.005	0.010	0.000	0.120	1.500
15	16	0.020	2.000	0.00	2.00	0.0100	5.547	3.800	0.014	0.052	0.002	0.004	0.000	0.058	1.500
17	16	0.020	2.000	0.00	2.00	0.0100	5.547	3.800	0.014	0.052	0.002	0.004	0.000	0.058	1.500
16	18	0.050	0.000	4.00	4.00	0.0200	5.176	3.800	0.028	0.105	0.005	0.010	0.000	0.120	1.500
18	19	0.060	0.000	4.00	4.00	0.0200	5.176	3.800	0.028	0.105	0.006	0.012	0.000	0.123	1.500
19	20	0.100	4.000	4.00	8.00	0.0400	4.829	3.800	0.055	0.209	0.010	0.020	0.000	0.239	1.500
20	21	0.140	2.000	8.00	10.00	0.0500	4.722	3.800	0.069	0.262	0.014	0.028	0.000	0.304	1.500
21	22	0.180	4.000	10.00	14.00	0.0700	4.566	3.800	0.096	0.366	0.018	0.036	0.000	0.420	1.500
22	23	0.190	0.000	14.00	14.00	0.0700	4.566	3.800	0.096	0.366	0.019	0.038	0.000	0.423	1.500
23	24	0.944	6.000	35.00	41.00	0.2050	4.101	3.800	0.282	1.073	0.094	0.189	0.000	1.356	1.500
24	25	1.034	10.000	41.00	51.00	0.2550	4.012	3.800	0.351	1.335	0.103	0.207	0.000	1.645	1.645
25	26	1.154	15.000	51.00	66.00	0.3300	3.910	3.800	0.455	1.727	0.115	0.231	0.000	2.073	2.073
26	27	1.224	8.000	66.00	74.00	0.3700	3.866	3.800	0.510	1.937	0.122	0.245	0.000	2.304	2.304
31	32	0.020	5.000	0.00	5.00	0.0250	5.061	3.800	0.034	0.131	0.002	0.004	0.000	0.137	1.500
42	43	0.100	3.000	0.00	3.00	0.0150	5.327	3.800	0.021	0.079	0.010	0.020	0.000	0.109	1.500
44	43	0.050	2.000	0.00	2.00	0.0100	5.547	3.800	0.014	0.052	0.005	0.010	0.000	0.067	1.500
43	45	0.220	3.000	5.00	8.00	0.0400	4.829	3.800	0.055	0.209	0.022	0.044	0.000	0.275	1.500
45	33	0.260	3.000	8.00	11.00	0.0550	4.678	3.800	0.076	0.288	0.026	0.052	0.000	0.366	1.500
33	32	0.310	5.000	11.00	16.00	0.0800	4.506	3.800	0.110	0.419	0.031	0.062	0.000	0.512	1.500
32	27	0.350	2.000	21.00	23.00	0.1150	4.345	3.800	0.158	0.602	0.035	0.070	0.000	0.707	1.500
27	28	1.644	4.000	97.00	101.00	0.5050	3.747	3.747	0.696	2.607	0.164	0.329	0.000	3.100	3.100
28	29	1.704	5.000	101.00	106.00	0.5300	3.729	3.729	0.730	2.722	0.170	0.341	0.000	3.234	3.234
29	30	2.034	2.000	157.00	159.00	0.7950	3.581	3.581	1.095	3.921	0.203	0.407	0.560	5.092	5.092
34	35	0.040	7.000	7.00	14.00	0.0700	4.566	3.800	0.096	0.366	0.004	0.008	0.000	0.378	1.500
35	36	0.080	2.000	14.00	16.00	0.0800	4.506	3.800	0.110	0.419	0.008	0.016	0.000	0.443	1.500
37	36	0.030	2.000	4.00	6.00	0.0300	4.970	3.800	0.041	0.157	0.003	0.006	0.000	0.166	1.500
36	38	0.180	2.000	22.00	24.00	0.1200	4.327	3.800	0.165	0.628	0.018	0.036	0.000	0.682	1.500
38	39	0.250	6.000	24.00	30.00	0.1500	4.231	3.800	0.207	0.785	0.025	0.050	0.000	0.860	1.500
40	39	0.040	5.000	8.00	13.00	0.0650	4.600	3.800	0.090	0.340	0.004	0.008	0.000	0.352	1.500
39	41	0.350	4.000	43.00	47.00	0.2350	4.045	3.800	0.324	1.230	0.035	0.070	0.000	1.335	1.500
41	30	0.400	4.000	47.00	51.00	0.2550	4.012	3.800	0.351	1.335	0.040	0.080	0.000	1.455	1.500
46	47	0.050	5.000	0.00	5.00	0.0250	5.061	3.800	0.034	0.131	0.005	0.010	0.000	0.146	1.500
47	48	0.130	4.000	5.00	9.00	0.0450	4.773	3.800	0.062	0.236	0.013	0.026	0.000	0.275	1.500
48	49	0.130	2.000	9.00	11.00	0.0550	4.678	3.800	0.076	0.288	0.013	0.026	0.560	0.887	1.500
49	50	0.200	3.000	11.00	14.00	0.0700	4.566	3.800	0.096	0.366	0.020	0.040	0.560	0.986	1.500
50	29	0.280	2.000	14.00	16.00	0.0800	4.506	3.800	0.110	0.419	0.028	0.056	0.560	1.063	1.500
30	51	9.730	2.000	210.00	212.00	1.0600	3.480	3.480	1.460	5.080	1.216	1.946	0.560	8.802	8.802
51	52	9.730	0.000	212.00	212.00	1.0600	3.480	3.480	1.460	5.080	1.216	1.946	0.560	8.802	8.802
52	53	9.730	0.000	212.00	212.00	1.0600	3.480	3.480	1.460	5.080	1.216	1.946	0.560	8.802	8.802

Topografía			Profundidades a cota clave		Cota Clave							Verificación de autolimpieza				
							Delta	Pend.	ϕ	ϕ	ϕ	V	Q	q/Q	H/D	H
L	Cota ini.	Cota fin.	Inicial	Final	Inicial	Final	Δh	s	teórico	comer	Inter	lleno	lleno	(-)	(-)	(m)
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(%)	(in)	(in)	(in)	(m/s)	(l/s)			
99.80	262.32	262.32	1.20	1.60	261.12	260.72	0.40	0.40	2.761	8	0.182	0.73	19.08	0.079	0.140	0.025
81.33	262.32	259.30	1.62	1.20	260.70	258.10	2.60	3.20	1.870	8	0.182	2.07	53.89	0.028	0.067	0.012
117.82	259.30	258.30	1.22	1.30	258.08	257.00	1.08	0.92	2.364	8	0.182	1.11	28.86	0.052	0.116	0.021
120.00	258.30	258.79	1.32	2.29	256.98	256.50	0.48	0.40	2.762	8	0.182	0.73	19.06	0.079	0.140	0.025
69.10	258.79	258.57	2.31	2.37	256.48	256.20	0.28	0.41	2.755	8	0.182	0.74	19.19	0.078	0.140	0.025
88.23	258.57	255.66	2.39	1.20	256.18	254.46	1.72	1.95	2.052	8	0.182	1.62	42.09	0.036	0.086	0.016
88.23	255.66	253.16	1.22	1.20	254.44	251.96	2.48	2.81	1.916	8	0.182	1.94	50.54	0.030	0.067	0.012
6.59	253.16	252.89	3.42	3.18	249.74	249.71	0.03	0.46	2.696	8	0.182	0.78	20.34	0.074	0.140	0.025
29.30	250.80	251.64	0.75	1.70	250.05	249.94	0.11	0.38	2.795	8	0.182	0.71	18.47	0.081	0.151	0.027
46.16	251.64	253.16	1.72	3.42	249.92	249.74	0.18	0.39	2.775	8	0.182	0.72	18.82	0.080	0.140	0.025
28.69	258.84	257.94	1.20	1.20	257.64	256.74	0.90	3.14	1.877	8	0.182	2.05	53.39	0.028	0.067	0.012
34.90	257.31	257.94	0.75	1.52	256.56	256.42	0.14	0.40	2.760	8	0.182	0.73	19.09	0.079	0.140	0.025
17.49	257.94	257.72	1.54	1.39	256.40	256.33	0.07	0.40	2.762	8	0.182	0.73	19.07	0.079	0.140	0.025
14.36	257.72	257.26	1.41	1.20	256.31	256.06	0.25	1.74	2.096	8	0.182	1.53	39.77	0.038	0.086	0.016
61.42	257.26	255.42	1.22	1.20	256.04	254.22	1.82	2.96	1.897	8	0.182	1.99	51.89	0.029	0.067	0.012
61.44	255.42	253.55	1.22	1.20	254.20	252.35	1.85	3.01	1.892	8	0.182	2.01	52.30	0.029	0.067	0.012
70.69	253.55	252.89	1.22	1.21	252.33	251.68	0.65	0.92	2.363	8	0.182	1.11	28.90	0.052	0.116	0.021
4.92	252.89	252.89	1.23	1.25	251.66	251.64	0.02	0.41	2.753	8	0.182	0.74	19.22	0.078	0.140	0.025
46.65	252.89	251.66	3.20	2.16	249.69	249.50	0.19	0.41	2.752	8	0.182	0.74	19.24	0.078	0.140	0.025
69.05	251.66	249.98	2.18	1.20	249.48	248.78	0.70	1.01	2.401	8	0.182	1.17	30.35	0.054	0.116	0.021
92.12	249.98	247.70	1.22	1.20	248.76	246.50	2.26	2.45	2.219	8	0.182	1.81	47.21	0.044	0.102	0.019
54.50	247.70	245.88	1.22	1.20	246.48	244.68	1.80	3.30	2.184	8	0.182	2.11	54.78	0.042	0.102	0.019
23.89	245.15	245.74	1.20	1.90	243.95	243.84	0.11	0.46	2.690	8	0.182	0.79	20.45	0.073	0.140	0.025
119.06	252.54	249.45	1.20	1.20	251.34	248.25	3.09	2.60	1.945	8	0.182	1.87	48.56	0.031	0.086	0.016
67.47	250.26	249.45	1.20	1.20	249.06	248.25	0.81	1.20	2.247	8	0.182	1.27	33.03	0.045	0.102	0.019
85.04	249.45	247.04	1.22	1.20	248.23	245.84	2.39	2.81	1.916	8	0.182	1.94	50.53	0.030	0.067	0.012
65.24	247.04	247.39	1.22	1.84	245.82	245.55	0.27	0.41	2.744	8	0.182	0.75	19.39	0.077	0.140	0.025
56.41	247.04	247.39	1.92	2.50	245.12	244.89	0.23	0.41	2.752	8	0.182	0.74	19.25	0.078	0.140	0.025
56.41	247.39	245.74	2.52	1.20	244.87	244.54	0.33	0.59	2.572	8	0.182	0.89	23.05	0.065	0.128	0.023
49.92	245.88	244.19	1.22	1.20	244.66	242.99	1.67	3.35	2.435	8	0.182	2.12	55.13	0.056	0.116	0.021
57.80	244.19	242.15	1.22	1.20	242.97	240.95	2.02	3.49	2.453	8	0.182	2.17	56.35	0.057	0.116	0.021
50.06	242.15	240.96	1.22	1.20	240.93	239.76	1.17	2.34	3.137	8	0.182	1.77	46.08	0.110	0.179	0.033
48.90	251.14	249.89	1.20	1.20	249.94	248.69	1.25	2.56	1.951	8	0.182	1.85	48.19	0.031	0.086	0.016
40.53	249.89	250.76	1.22	2.26	248.67	248.50	0.17	0.42	2.737	8	0.182	0.75	19.52	0.077	0.140	0.025
40.85	250.84	250.76	1.20	1.50	249.64	249.26	0.38	0.93	2.358	8	0.182	1.12	29.07	0.052	0.116	0.021
84.46	250.76	246.63	2.28	1.20	248.48	245.43	3.05	3.61	1.828	8	0.182	2.20	57.28	0.026	0.067	0.012
84.97	246.63	244.51	1.22	1.20	245.41	243.31	2.10	2.47	1.963	8	0.182	1.82	47.39	0.032	0.086	0.016
65.53	245.32	244.51	1.20	1.20	244.12	243.31	0.81	1.24	2.235	8	0.182	1.29	33.51	0.045	0.102	0.019
63.05	244.51	243.17	1.22	1.20	243.29	241.97	1.32	2.09	2.025	8	0.182	1.68	43.61	0.034	0.086	0.016
63.03	243.17	240.96	1.22	1.20	241.95	239.76	2.19	3.47	1.841	8	0.182	2.16	56.19	0.027	0.067	0.012
87.61	246.74	244.49	1.22	1.20	245.52	243.29	2.23	2.55	1.952	8	0.182	1.85	48.09	0.031	0.086	0.016
110.52	244.49	241.89	1.22	1.20	243.27	240.69	2.58	2.33	1.984	8	0.182	1.77	46.05	0.033	0.086	0.016
5.98	241.89	241.89	1.22	1.28	240.67	240.61	0.06	1.00	2.324	8	0.182	1.16	30.19	0.050	0.102	0.019
76.36	241.89	244.02	1.30	3.76	240.59	240.26	0.33	0.43	2.722	8	0.182	0.76	19.82	0.076	0.140	0.025
76.35	244.02	242.15	3.78	2.22	240.24	239.93	0.31	0.41	2.754	8	0.182	0.74	19.21	0.078	0.140	0.025
65.32	240.96	239.92	2.22	1.42	238.74	238.50	0.24	0.36	5.466	8	0.182	0.70	18.12	0.486	0.443	0.081
94.42	239.92	239.75	1.44	1.64	238.48	238.11	0.37	0.39	5.383	8	0.182	0.73	18.87	0.466	0.429	0.078
48.61	239.75	239.58	1.66	1.66	238.09	237.92	0.17	0.35	5.499	8	0.182	0.69	17.83	0.494	0.450	0.082

TRAMO	Verificación de autolimpieza										Cota Batea	Froude	Prof		MATERIAL
	Pozos		d/D	d	θ	R	t	v/v	v	pozo ini			pozo fin.		
	Inicial	Final	(-)	(m)	(rad)	(m)	(N/m2)	(-)	real						
									(m/s)	inicial	final		(m)	(m)	
PROYECTADA	1	2	0.249	0.045	2.089	0.030	1.17	0.492	0.361	260.92	260.52	0.72	1.603	2.003	PVC
PROYECTADA	2	3	0.136	0.025	1.509	0.017	5.39	0.362	0.750	260.50	257.90	2.17	2.023	1.603	PVC
PROYECTADA	3	8	0.184	0.033	1.773	0.023	2.04	0.453	0.503	257.88	256.80	1.10	1.623	1.703	PVC
PROYECTADA	8	9	0.249	0.045	2.089	0.030	1.16	0.492	0.361	256.78	256.30	0.72	1.723	2.693	PVC
PROYECTADA	9	10	0.249	0.045	2.088	0.030	1.18	0.492	0.363	256.28	256.00	0.73	2.713	2.773	PVC
PROYECTADA	10	11	0.151	0.028	1.598	0.019	3.64	0.400	0.647	255.98	254.26	1.65	2.793	1.603	PVC
PROYECTADA	11	12	0.139	0.025	1.530	0.018	4.86	0.362	0.703	254.24	251.76	2.03	1.623	1.603	PVC
PROYECTADA	12	23	0.246	0.045	2.075	0.029	1.31	0.492	0.385	249.54	249.51	0.77	3.823	3.583	PVC
PROYECTADA	13	14	0.250	0.046	2.096	0.030	1.10	0.505	0.359	249.85	249.74	0.69	1.153	2.103	PVC
PROYECTADA	14	12	0.249	0.045	2.092	0.030	1.14	0.492	0.356	249.72	249.54	0.71	2.123	3.823	PVC
PROYECTADA	15	16	0.136	0.025	1.512	0.017	5.31	0.362	0.743	257.44	256.54	2.15	1.603	1.603	PVC
PROYECTADA	17	16	0.249	0.045	2.089	0.030	1.17	0.492	0.361	256.36	256.22	0.72	1.153	1.923	PVC
PROYECTADA	16	18	0.249	0.045	2.089	0.030	1.17	0.492	0.361	256.20	256.13	0.72	1.943	1.793	PVC
PROYECTADA	18	19	0.155	0.028	1.621	0.020	3.33	0.400	0.612	256.11	255.86	1.56	1.813	1.603	PVC
PROYECTADA	19	20	0.138	0.025	1.521	0.017	5.07	0.362	0.722	255.84	254.02	2.09	1.623	1.603	PVC
PROYECTADA	20	21	0.137	0.025	1.519	0.017	5.14	0.362	0.728	254.00	252.15	2.10	1.623	1.603	PVC
PROYECTADA	21	22	0.184	0.033	1.772	0.023	2.05	0.453	0.503	252.13	251.48	1.11	1.623	1.613	PVC
PROYECTADA	22	23	0.249	0.045	2.087	0.030	1.18	0.492	0.363	251.46	251.44	0.73	1.633	1.653	PVC
PROYECTADA	23	24	0.248	0.045	2.087	0.030	1.18	0.492	0.364	249.49	249.30	0.73	3.603	2.563	PVC
PROYECTADA	24	25	0.188	0.034	1.796	0.023	2.31	0.453	0.528	249.28	248.58	1.16	2.583	1.603	PVC
PROYECTADA	25	26	0.168	0.031	1.688	0.021	5.03	0.427	0.775	248.56	246.30	1.82	1.623	1.603	PVC
PROYECTADA	26	27	0.164	0.030	1.668	0.020	6.64	0.427	0.899	246.28	244.48	2.11	1.623	1.603	PVC
PROYECTADA	31	32	0.246	0.045	2.074	0.029	1.33	0.492	0.387	243.75	243.64	0.77	1.603	2.303	PVC
PROYECTADA	42	43	0.142	0.026	1.544	0.018	4.56	0.400	0.747	251.14	248.05	1.91	1.603	1.603	PVC
PROYECTADA	44	43	0.171	0.031	1.704	0.021	2.50	0.427	0.542	248.86	248.05	1.27	1.603	1.603	PVC
PROYECTADA	43	45	0.139	0.025	1.530	0.018	4.86	0.362	0.703	248.03	245.64	2.03	1.623	1.603	PVC
PROYECTADA	45	33	0.248	0.045	2.086	0.030	1.20	0.492	0.367	245.62	245.35	0.73	1.623	2.243	PVC
PROYECTADA	33	32	0.248	0.045	2.087	0.030	1.19	0.492	0.364	244.92	244.69	0.73	2.323	2.903	PVC
PROYECTADA	32	27	0.241	0.044	2.051	0.029	1.65	0.473	0.419	244.67	244.34	0.88	2.923	1.603	PVC
PROYECTADA	27	28	0.192	0.035	1.817	0.024	7.77	0.453	0.960	244.46	242.79	2.11	1.623	1.603	PVC
PROYECTADA	28	29	0.195	0.035	1.828	0.024	8.20	0.453	0.981	242.77	240.75	2.16	1.623	1.603	PVC
PROYECTADA	29	30	0.268	0.049	2.177	0.032	7.25	0.553	0.980	240.73	239.56	1.73	1.623	1.603	PVC
PROYECTADA	34	35	0.142	0.026	1.547	0.018	4.51	0.400	0.741	249.74	248.49	1.89	1.603	1.603	PVC
PROYECTADA	35	36	0.248	0.045	2.084	0.030	1.22	0.492	0.369	248.47	248.30	0.74	1.623	2.663	PVC
PROYECTADA	37	36	0.183	0.033	1.769	0.023	2.07	0.453	0.506	249.44	249.06	1.11	1.603	1.903	PVC
PROYECTADA	36	38	0.132	0.024	1.490	0.017	5.95	0.362	0.797	248.28	245.23	2.30	2.683	1.603	PVC
PROYECTADA	38	39	0.143	0.026	1.553	0.018	4.39	0.400	0.729	245.21	243.11	1.86	1.623	1.603	PVC
PROYECTADA	40	39	0.170	0.031	1.697	0.021	2.56	0.427	0.550	243.92	243.11	1.29	1.603	1.603	PVC
PROYECTADA	39	41	0.149	0.027	1.584	0.019	3.85	0.400	0.671	243.09	241.77	1.71	1.623	1.603	PVC
PROYECTADA	41	30	0.133	0.024	1.496	0.017	5.77	0.362	0.782	241.75	239.56	2.26	1.623	1.603	PVC
PROYECTADA	46	47	0.142	0.026	1.548	0.018	4.49	0.400	0.739	245.32	243.09	1.89	1.623	1.603	PVC
PROYECTADA	47	48	0.145	0.026	1.563	0.018	4.19	0.400	0.708	243.07	240.49	1.81	1.623	1.603	PVC
PROYECTADA	48	49	0.179	0.033	1.749	0.022	2.19	0.427	0.496	240.47	240.41	1.16	1.623	1.683	PVC
PROYECTADA	49	50	0.247	0.045	2.081	0.029	1.25	0.492	0.375	240.39	240.06	0.75	1.703	4.163	PVC
PROYECTADA	50	29	0.249	0.045	2.088	0.030	1.18	0.492	0.363	240.04	239.73	0.73	4.183	2.623	PVC
PROYECTADA	30	51	0.495	0.090	3.122	0.050	1.79	0.840	0.585	238.53	238.30	0.66	2.627	1.823	PVC
PROYECTADA	51	52	0.483	0.088	3.075	0.050	1.91	0.830	0.602	238.28	237.91	0.69	1.843	2.043	PVC
PROYECTADA	52	53	0.500	0.091	3.141	0.051	1.74	0.845	0.579	237.89	237.72	0.65	2.063	2.063	PVC

Tal como se muestra en la tabla anterior, la red de alcantarillado cumple con los parámetros hidráulicos de la resolución 0330 de 2017.

8. ESTACION DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES

Cálculo de los Diámetros

Para predefinir el diámetro más económico de las tuberías de impulsión y descarga de una estación de bombeo, se debe hacer uso de la siguiente ecuación:

$$Di = 1,2 * \left(\frac{t}{24}\right) * \sqrt{Q}$$

Donde:

- Di: Diámetro real interno de la tubería (m)
t: Número de horas de bombeo por día (h)
Q: Caudal de bombeo (m³/s)

Con el diámetro calculado se verifica que la velocidad cumple el rango requerido:

$$V = \frac{Q * 4}{\pi * Di^2}$$

El diámetro que se utiliza es el Di equivalente en metros. El valor de la velocidad es de 1.5 m/s que se encuentra en el rango de 1,0 a 3,0 m/s.

Se determinan las alturas del tanque y pozo de llegada.

Ajuste altura	0.80	m
Cota clave	237.92	m
Cota terreno	239.58	m
Diametro tubo salida	8	in
	0.2	m
profundidad a batea del tubo	1.86	m
profundida pozo	3.19	m

Las longitudes equivalentes de los accesorios, fueron tomadas de la tabla 7.7 del libro elementos de diseño para Acueductos y Alcantarillados, para el cálculo de pérdidas, esto aplica para a tubería de succión y de impulsión.

Para el cálculo de las pérdidas se utilizó la ecuación de Hazen Williams:

$$Q = 0,2785 * C * D^{2,63} * J^{0,54}$$

Este factor se multiplicará por la longitud equivalente total calculado con los accesorios desde el pozo hasta el tanque elevado sumando la longitud de tubería.

Se procedió a calcular la altura de velocidad de descarga (Vi):

$$h = \frac{V_d^2}{2 * g}$$

Los cálculos mencionados anteriormente se muestran a continuación.

Datos de Entrada		
Caudal Máximo Diario	1.50	l/s
Altura sobre el nivel del mar:	235.00	m.s.n.m.
Temperatura del agua:	26.00	°C
Material de la tubería:	Plástico (PE, PVC)	
Coeficiente Hazen Williams, Tubería:	150.00	
Operación de manera continua?:	No	
No. de horas de bombeo x día:	24.00	hr
Altura de Succión	0.00	m
Altura de Impulsión	6.86	m
Distancia Succión	0.00	m
Distancia Impulsión	11.00	m
Gravedad	9.08067	m/s^2
Rugosidad Darcy	0.00150	
porcentaje de utilización de la bomba	100.00	%
Caudal de Diseño	1.50	l/s
Caudal de Diseño	0.0015	m3/s

Cálculos Hidráulicos			
Calculo Diámetro Tubería de Impulsión y Succión			
Parámetro	Ecuación/sigla	Resultado	Calificación
A) Tubería de Impulsión			
Constante y promedio según Bresse:	K, X	1.00	----
Diámetro teórico, según Bresse:	Dimp	0.0503 m	----
Diámetro teórico en pulgadas:	Dimp	1.98 pulg	----
Diámetro comercial, Dc:	Dc	1.50 pulg	----
Velocidad en la tubería:	Vi	1.32 m/s	Cumple
<i>Evaluación cumplimiento de velocidad</i>			
<u>Según autor RAS-2010 (8,4,8,3)</u>			
Velocidad min. admisible en la línea:	Vmin	1.00 m/s	Cumple
Velocidad max. admisible en la línea:	Vmax	6.00 m/s	Cumple
<u>Según autor R. López</u>			
Velocidad max. admisible en la línea:	Vmax, controlar golpe de ariete	1.50 m/s	Cumple

Calculo Altura Dinámica de Elevación (Darcy)			
Parámetro	Ecuación/sigla	Resultado	Calificación
A) Altura estática total (succión + impulsión)			
Altura estática de succión:	H1	0.00 m	----
Altura estática de impulsión:	H2	6.86 m	----
Altura estática total:	H1 + H2	6.86 m	----

C) Perdidas en la impulsión (se calcula utilizando método por longitudes equivalentes)			
Diámetro comercial, Dc:	Dc	1.50 pulg	----
No. columna tabla de long. equivalente:	No.	6	----
Tipo / Descripción accesorio	Pérdidas localizadas en long. equivalentes (En metros de tubería recta)	Cantidad de accesorios en el sistema (acometida)	Total long. equivalentes (En metros de tubería recta)
Expansión concéntrica	1.82	1.00	1.82
Codo 90° radio corto	1.30	3.00	3.90
Entrada normal	0.50	1.00	0.50
Valv. retención T. liviano	3.20	1.00	3.20
Codo 45°	0.60	1.00	0.60
Te de paso lateral	2.80	1.00	2.80
Válvula globo	13.40	1.00	13.40
Longitud de tubería recta	11.00	m	11.00
Longitud equivalente total:			37.22
Perdida de carga total por Darcy			
Viscosidad Cinemática		0.00000088 m ² /s)	----
Reynolds	$Re = \frac{vs * D}{v}$	42966.46 4.30.E+04	----
	E/D	0.000030	----
Factor F		0.022	----
Perdida de carga total:	$hf = f \frac{l}{D} \times \frac{v^2}{2g}$	2.048 m.c.a.	----
D) Altura de velocidad en la descarga			
Altura de velocidad	H ₅ = V ² /2g	0.10 m	----
Altura dinámica total de elevación:		9.22 m	----

Calculo Potencia de Motor			
Parámetro	Ecuación/sigla	Resultado	Calificación
Caudal de diseño bomba:	Q	0.00150 m ³ /s	----
Caudal de diseño bomba:	Q	23.78 gpm	----
Altura dinámica total de elevación:	H _{tot}	9.22 m	----
Altura dinámica total de elevación:	H _{tot}	30.24 ft	----
Eficiencia:	e	65.00 %	----
Potencia de la bomba:	P _b	0.21 kW	----
Factor de seguridad potencia motor:	FS	1.20	----
Potencia del motor:	P _m	0.25 kW	----
Potencia del motor:	P _m	0.34 HP	----

Se debe instalar cuatro bombas en el pozo, cada una que maneje 1.50 l/s y una altura dinámica de 10 m.

Pozo de Bombeo

Determinación del volumen del pozo húmedo

Para un caudal de 5.08 l/s se tienen 4 bombas de 1.5 l/s para atender este caudal. El número de arranques permitido por hora es de máximo diez (10). El volumen del pozo de succión es:

$$V = 15 \times Q_D \times t$$

Donde:

V: Volumen mínimo requerido del pozo de succión con respecto al número de ciclos (m3)

QD: Caudal de diseño (m3/s)

t: Tiempo mínimo de un ciclo (min)

Se asumen las dimensiones del pozo,

Caudal	5.08 l/s
Volumen	1.524 m3
Longitud	2 m
Diámetro	2 m
Area	3.142 m2
Altura almacenamiento	0.49 m
Ajuste altura	0.80 m

La altura de almacenamiento queda entonces:

$$h_{alm} = \frac{V}{A}$$

Se toma una profundidad mínima de 0.80 m para el almacenamiento y funcionamiento de la bomba. El tiempo para vaciar el pozo en el caudal máximo se calcula como:

$$t = \frac{V}{Q - I}$$

donde

t: tiempo de vaciado del pozo (s)

V: Volumen de almacenamiento (m3)

Q: Caudal de bombeo (m3/s)

I: Caudal de entrada (m3/s)

El tiempo de llenado es:

$$T = \frac{V}{I}$$

donde

T: tiempo de llenado del pozo (s)
V: Volumen de almacenamiento (m³)
I: Caudal de entrada (m³/s)

La duración del ciclo ϕ es:

$$\phi = t + T$$

ϕ : duración del ciclo (min)
T: tiempo de llenado del pozo (min)
t: tiempo de vaciado del pozo (min)

El resumen de los cálculos se muestra a continuación para los tres caudales.

Parametros	Qmin
Q bomba (l/s)	6.00
Caudal (l/s)	3.41
Volumen (m ³)	1.02
Area (m ²)	3.14
Altura agua (m)	0.33
Tiempo vaciado del pozo (min)	6.58
Tiempo de llenado del pozo (min)	5.00
Duracion del ciclo	11.58
numero de arranques x hora	5.18

Se tienen 5 arranques por hora, con lo que se cumplen las recomendaciones del fabricante.

Según recomendaciones del RAS literal D.8.4.7.1 en caso de operación intermitente de bombas sumergibles, se recomienda un máximo de 10 arranques por hora por lo que esta condición se cumple. Adicionalmente el tiempo recomendable de un ciclo de bombeo debe estar entre 10 y 20 minutos, para nuestro bombeo tenemos una duración del ciclo de 11.58 minutos.

9. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El objetivo principal de cualquier tratamiento biológico de aguas residuales es descomponer los compuestos orgánicos contenidos en estas. La cantidad de materia orgánica que se puede descomponer en un agua residual se cuantifica por medio de su DQO (demanda química de oxígeno), ya que esta determina la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica que se descompone hacia biogás, es decir, CO₂ y H₂O [Méndez, 2005].

Los procesos de digestión anaerobia son utilizados para el tratamiento de aguas residuales, donde una corriente contaminada de aguas residuales con una alta carga orgánica es procesada por unas bacterias que se alimentan de estos componentes orgánicos, en ausencia de oxígeno. De esta forma producen biogás, que se compone principalmente de CO₂ y metano [Estaben, 1997]. Se produce también lodos residuales, que consta de subproductos orgánicos y biomasa. El resultado más importante, es que se obtiene una corriente de agua con menos contaminación orgánica. Las ventajas de la digestión anaerobia son la alta eficiencia en la purificación, estimada en un 80 por ciento de remoción de la DQO, la baja producción de lodos [Méndez, 2005], y el bajo consumo de energía, si se le compara con la digestión aerobia [Bernard, 2001]. La desventaja principal radica en la fácil desestabilización, en la cual puede llegar a la condición de lavado. En este punto hay desaparición de la biomasa, de forma que debe realizarse una inoculación de las bacterias nuevamente.

Caudal de diseño

El volumen de aguas residuales aportadas a un sistema de recolección y evacuación está integrado por las aguas residuales domésticas, industriales, comerciales e institucionales. Su estimación debe basarse, en lo posible, en información histórica de consumos, mediciones periódicas y evaluaciones regulares.

Para el dimensionamiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, deberán tenerse en cuenta los caudales indicados en la tabla 22 (resolución 0330 de 2017), en este documento se referencia dicha tabla en el numeral 4.4.2.8. De acuerdo con los resultados de los cálculos de caudales en el numeral anterior, se realiza un resumen de estos para el diseño del Sistema de Tratamiento de Agua Residual (STAR).

Factores pico para caudales de Tratamiento de Aguas Residuales

Rango de caudales (l/s)	Factor máximo horario	Factor máximo diario	Factor máximo mensual
0 - 10	4	3	1,7
Los valores de los factores máximos horario, diario y mensual para caudales entre 10 y 90 l/s se interpolarán linealmente			
90	2,9	2,1	1,5
Los valores de los factores máximos horario, diario y mensual para caudales entre 90 l/s y 700 l/s se interpolarán linealmente.			
Mayor a 700	2	1,5	1,2

Fuente: Resolución 0330 de 2017, tabla 23

Para este proyecto se tomó como caudal de diseño, el Caudal Máximo Horario (QMH) siendo este de 5.08 l/s.

Diseño Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR)

De esta manera y siguiendo los criterios de diseño del sistema de alcantarillado sanitario, cuyas aguas residuales domésticas son las prioritarias para ser tratadas en la PTAR, se destacan los parámetros que deben tenerse en cuenta en este sistema de tratamiento, a su vez, los relacionados en el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV) para dar cumplimiento con los Objetivos de Calidad establecidos por la autoridad ambiental. (Datos suministrados por el contratista).

Balance de Cargas Aguas Residuales Domesticas (ARD)

De acuerdo con el PLAN DE SANEAMIENTO Y MANEJO DE VERTIMIENTOS (PSMV) EL UNILLA-EL RETORNO (GUAVIARE) 2024, en el capítulo 8 PROYECCIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES se establece una proyección de valores para cargas contaminantes de DBO5 Y SST, tal como se muestra en la siguiente imagen.

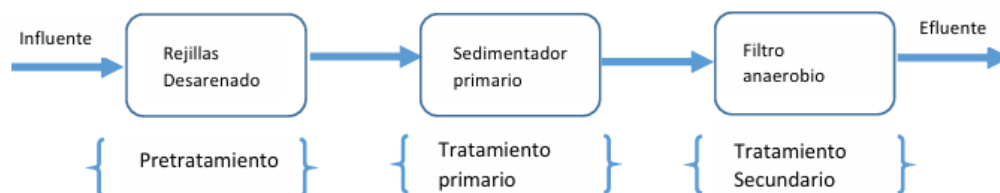
Tabla 8-12 Cálculo de aporte per cápita- Vertimiento unificado

AÑO	POBLACIÓN	CONCENTRACIÓN MEDIDA		REMOCIÓN DE CARGA EN LA PTAR		APORTE PERCAPITA DE CARGA (g/hab-d)	
		[DBO5]	[SST]	(DBO5)	(SST)	DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO5)	SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST)
		(mg/L)	(mg/L)				
1	202	50	50	0,0%	0,0%	5,60	5,60
2	204	50	50	0,0%	0,0%	5,60	5,60
3	206	50	50	0,0%	0,0%	5,60	5,60
4	208	50	50	0,0%	0,0%	5,60	5,60
5	210	50	50	80,0%	80,0%	5,60	5,60
6	212	50	50	80,0%	80,0%	5,60	5,60
7	214	50	50	80,0%	80,0%	5,60	5,60
8	217	50	50	80,0%	80,0%	5,60	5,60
9	219	50	50	80,0%	80,0%	5,60	5,60
10	221	50	50	80,0%	80,0%	5,60	5,60

Fuente: Plan Ambiental Guaviare 2022

En el capítulo 9 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS del PSMV, se seleccionó la alternativa 1 la cual está compuesta por el siguiente tren de tratamiento.

Rejilla gruesa
Rejilla fina
Desarenador
Tanque séptico
Sedimentador primario convencional
Filtro anaerobio



A continuación, se muestra el balance de carga, el cual nos indica la eficiencia de remoción aproximada del tren de tratamiento seleccionado.

Rangos de eficiencias en los procesos de tratamiento

	Unidades de tratamiento	Eficiencia mínima de remoción de parámetros, porcentajes (%)						Observaciones
		DBO5	DQO	SST	SSED	Grasas y aceites	Patógenos	
Pre-tratamiento	Cribado o desbaste	0-15	0-10	10-50	0-6	0-40	N/A	Remociones con militamices y microcribas
	Desarenadores	0-5	0-5	0-10	N/A	N/A	N/A	
	Trampa de grasas	0-5	0-3	10-15	N/A	85-95	N/A	
Tratamiento Primario	Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	75-85	60-70	30-50	
	Lagunas anaerobias	50-70	30-50	50-60	75-85	80-90	80-90	
	Tanque Imhoff	25-40	15-30	50-70	75-85	60-70	-30-50	
Tratamiento Secundario	Reactor UASB (RAFA)	65-80	60-80	60-70	N/A	N/A	20-40	
	Lagunas facultativas	80-90	40-50	63-75	75-85	70-90	80-90	Sin contar con algas
	Lagunas aireadas	80-95	60-70	N/A	N/A	N/A	80-90	Con sedimentación secundaria
	Reactor anaerobio RAP	65-80	60-80	60-70	N/A	N/A	20-40	
	Filtros anaerobios	65-80	60-80	60-70	N/A	N/A	20-40	
	Lodos activados (convencionales)	80-95	70-80	80-90	N/A	N/A	80-90	
	Filtros percoladores De alta tasa, roca	65-90	55-70	60-85	N/A	N/A	80-90	
Desinfección	De alta tasa, plástico	75-95	60-80	65-85	N/A	N/A	80-90	
	Rayos UV	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	100	
	Cloración	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	100	
	Laguna de maduración	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	99,99	

Fuente: Resolución 0330 de 2017, tabla 29

Tabla 2. Balance de cargas PTAR

PARAMETROS	UNIDAD	CARACTERIZACION	DESARENADOR		CRIBADO		SEDIMENTACION PRIMARIA		FILTRO ANAEROBIO		DESINFECCION	RESULTADO EFLUENTE	PORCENTAJE REMOCION (%)	VALOR LIMITE MAXIMO PERMISIBLE ARD (Resolucion 631 de 2015)	CUMPLE VALOR PERMISIBLE
			EFICIENCIA	RESULTADO	EFICIENCIA	RESULTADO	EFICIENCIA	RESULTADO	EFICIENCIA	RESULTADO					
DBO	mg/l	50	3%	48.5	10%	43.65	65%	15.28	75%	3.82	0%	3.82	92.36	90	SI
DQO	mg/l	100	3%	97	8%	89.24	35%	58.01	70%	17.4	0%	17.4	82.60	180	SI
SST	mg/l	50	5%	47.5	35%	30.88	55%	13.9	65%	4.87	0%	4.87	90.26	90	SI
SSED	ml/h	0.1	0%	0.1	5%	0.1	80%	0.02	0%	0.02	0%	0.02	80.00	5	SI
G Y A	mg/l	10	0%	10	35%	6.5	70%	1.95	0%	1.95	0%	1.95	80.50	20	SI

Fuente: Consultor, 2025

Diseño Cribado o Desbaste

Las rejillas deben colocarse aguas arriba de cualquier dispositivo de tratamiento subsecuente que sea susceptible de obstruirse por el material grueso que trae el agua residual sin tratar. Se consideran rejillas gruesas aquellas en que sus barrotes distan entre sí de 4 a 10 cm, rejillas medias entre 2 y menores de 4 cm, y rejillas finas entre 1 y menores de 2 cm. La velocidad máxima de aproximación debe ser de 1,2 m/s para caudal máximo y de 0,3 m/s para caudal mínimo. La limpieza de las rejillas medias o finas se podrá hacer manualmente o mecánicamente; debe considerarse el empleo de rejillas de limpieza mecánica para caudales medios de diseño, iguales o superiores a 100 L/s.

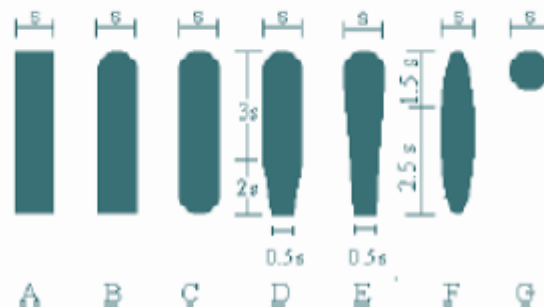
El desbaste se hace mediante rejillas, normalmente de barra paralelas. Este es el método más utilizado para remover los materiales gruesos presentes en el agua residual, tales como papeles, plásticos, etc. Su objeto es proteger la operación correcta de válvulas, bombas, aireadores y demás equipo necesario para una STAR.

Las rejillas deben colocarse aguas arriba de las estaciones de bombeo o de cualquier dispositivo de tratamiento subsecuente que sea susceptible de obstruirse por el material grueso que trae el agua residual sin tratar.

TABLA E.4.6
Coeficiente de pérdida para rejillas

Sección transversal							
Forma	A	B	C	D	E	F	G
β	2.42	1.83	1.67	1.035	0.92	0.76	1.79

FIGURA E.4.1
Diferentes formas de rejillas



Diseño de la rejilla

$$area\ util = \frac{Caudal\ diseño}{Velocidad\ entre\ barras}$$

$$area\ Total = area\ util \times \left(\frac{Espaciamiento\ barras + diametro\ barra}{Espaciamiento\ barras} \right)$$

$$Perdida\ energia = \left(\frac{\sin \alpha \times \beta \times diametro\ barra}{espaciamiento\ barras} \right)^{1.33} \times \frac{velocidad\ entre\ barras^2}{2g}$$

$$Numero\ de\ barras = \frac{ancho\ camara}{espaciamiento\ barras + diametro\ barra}$$

$$Numero\ de\ espacios = numero\ de\ barras + 1$$

REJILLA GRUESA		
Espaciamiento entre barras	40.0	mm
Diametro de la barra (1/2")	15.9	mm
Factor forma (β)	1.79	
Velocidad entre barras	0.3	m/s
Angulo de inclinacion de la rejilla (α)	45.0	º
Area Util	0.02	m2
Area Total	0.03	m2
Perdida de energia	0.010	m
Numero de barras	9.00	barras
Numero de espacios	10.00	Espacios
Longitud de la rejilla	0.50	m

REJILLA FINA		
Espaciamiento entre barras	20.0	mm
Diametro de la barra (1/2")	15.9	mm
Factor forma (β)	1.79	
Velocidad entre barras	0.3	m/s
Angulo de inclinacion de la rejilla	45.0	º
Area Util	0.02	m2
Area Total	0.04	m2
Perdida de energia	0.005	m
Numero de barras	14.00	barras
Numero de espacios	15.00	Espacios
Longitud de la rejilla	0.50	m

De acuerdo con los cálculos realizados el ancho del canal de entrada al desarenador es de 0.50 m, el ancho de las rejillas es de 0.50 m.

Desarenador

deben emplearse desarenadores cuando sea necesario cumplir con lo siguiente:

Protección de equipos mecánicos contra la abrasión.

Reducción de la formación de depósitos pesados en tuberías, conductos y canales Reducción la frecuencia de limpieza de la arena acumulada en tanques de sedimentación primaria y digestores de lodos.

Minimización de pérdida de volumen en tanques de tratamiento biológico. Antes de las centrífugas, intercambiadores de calor y bombas de diafragma de alta presión.

Los desarenadores deben diseñarse de manera tal que la velocidad pueda controlarse. La variación debe estar únicamente en un rango entre 0.2 m/s y 0.4 m/s.

El tiempo de retención debe basarse en el tamaño de las partículas que deben separarse; se recomienda un tiempo entre 20 segundos y 3 minutos. Esto se logra mediante dispositivos que permitan regular la velocidad del flujo

Operación y Mantenimiento

Se recomienda que los desarenadores con un caudal inferior a 50 L/s sean limpiados manualmente; para caudales mayores de 150 L/s se recomienda una limpieza mecánica. Para caudales intermedios debe justificarse la selección realizada. En desarenadores de limpieza manual que se usen con aguas negras combinadas debe llevarse a cabo lo siguiente:

Medición periódica del lecho de arena acumulado.

Aislamiento del desarenador en el momento en que la arena ocupe 2/3 del volumen.

Drenaje del agua residual en la cámara. Este se puede realizar, en algunas instalaciones, por medio de canalizaciones que devuelven el líquido drenado al afluente o a una unidad del sistema de tratamiento adoptado.

Remoción de la arena.

Estimación de la cantidad de arena removida para los registros en las fichas de operación.
Transporte del material removido hacia el sitio de disposición.

Lavado del desarenador para ser utilizado nuevamente.

Analizar una muestra de la arena removida en términos de sólidos volátiles. Adopción de medidas de corrección para las muestras que presenten alto contenido de estos.

Verificación de la cantidad de arena en las unidades subsecuentes.

Remoción de la arena, si fuera el caso, retenida en las demás unidades de tratamiento.

DESARENADOR CONVENCIONAL		
Velocidad (V_w)	0.2	m/s
Tiempo de retencion (T_r)	45	seg
Qa:	1.18	Qdis/QMH
Relacion de Caudales (Q_R)	0.32	
W (3"):	0.0762	m
Altura lamina agua desare. (H_{max})	0.120	m
Altura real lamina de agua (Y)	0.04	m
Profundidad max. Canal (Y_{max})	0.080	m
Ancho desarenador (B_{Desa})	0.40	m
Profundidad max. Canal (Y_{max})	0.08	m
Longitud desarenador (L_{Desa})	9	m
# dias de remocion de arenas (Θ)	30.0	dias
Volumen de arenas (V_{arenas})	13167	m3
Volumen de arenas real ($V_{arenas\ real}$)	0.86	m3
Altura capa de arena (Y_a)	0.20	m
Tasa de Desbordamiento Superficial	141	m3/m2/d

Se manejarán dos desarenadores con una longitud de 9.0 m y un ancho de 0.50 m.

Tanque Séptico

Un tanque séptico es un recipiente o cámara cerrada en donde se depositan temporalmente las aguas negras provenientes de una casa, de un conjunto residencial o de instituciones como escuelas, Hoteles, etc. El sistema puede diseñarse con uno, dos o más tanques conectados entre sí adecuadamente según las necesidades de cada caso. Su tamaño, forma y la disposición de los tubos de entrada y salida están diseñados para que las aguas negras permanezcan en el tanque un mínimo de 24 Horas con el fin de que se efectúen procesos bioquímicos y físicos mediante los cuales las bacterias anaeróbicas contenidas en las aguas negras descomponen la materia orgánica convirtiéndola en gases, líquidos y sólidos que se separan dentro del tanque séptico por procesos físicos de sedimentación y flotación formando tres capas bien definidas: Una capa de lodos en el fondo; una capa flotante de natas en la superficie y la capa intermedia liquida que es la que fluye hacia afuera en la medida en que entran las aguas negras. De acuerdo a lo anterior es lógico que las capas de lodo en el fondo y de natas en la superficie vayan aumentando paulatinamente y por lo

tanto se hace necesario sacar tanto el lodo como las natas cada dos o tres años según el uso que hayan tenido el sistema. Los lodos previamente mezclados con cal agrícola son un buen fertilizante; sin embargo, si no han de utilizarse como abono deberán enterrarse junto con las natas.

Parámetros de diseño

Los tanques sépticos se utilizan en los siguientes casos: para áreas desprovistas de redes públicas de alcantarillado, para vivienda rural dispersa con suficiente área de contorno para acomodar el tanque con sus procesos de pos tratamiento, para retención previa de los sólidos sedimentables y cuando hace parte de los alcantarillados sin arrastre de sólidos.

Como parámetros generales de diseño, deberán tenerse en cuenta los siguientes:

El tiempo de retención hidráulica debe estar entre 12 a 24 horas.

La relación entre el largo-ancho del tanque séptico será como mínimo de 2:1 y como máximo de 5:1.

El pozo debe constar como mínimo de dos cámaras; el volumen de la primera cámara debe ser igual a $\frac{2}{3}$ del total del volumen.

La profundidad útil debe estar entre los valores mínimos y máximos dados en la tabla 25 (resolución 0330 de 2017) de acuerdo con el volumen útil obtenido.

Tabla 25. Profundidad útil

Volumen útil (m ³)	Profundidad útil mínima (m)	Profundidad útil máxima (m)
Hasta 6	1,2	2,2
De 6 a 10	1,5	2,5
Más de 10	1,8	2,8

Se debe diseñar de tal manera que se facilite su inspección y mantenimiento.

Se debe contar con un dispositivo para la evacuación de gases.

Debe ubicarse aguas abajo de cualquier pozo o manantial destinado al abastecimiento de agua para consumo humano.

Localización

Deben conservarse las siguientes distancias mínimas:

1.50 m distantes de construcciones, límites de terrenos, sumideros y campos de infiltración.

3.0 m distantes de árboles y cualquier punto de redes públicas de abastecimiento de agua.

15.0 m distantes de pozos subterráneos y cuerpos de agua de cualquier naturaleza.

TANQUE SEPTICO		
Caudal de diseño	5.080	l/s
	438.91	m3/día
Longitud	12.00	m
Ancho	3.00	m
Profundidad útil	1.60	m
Volumen	57.60	m3
Relacion L:B	4.0:1	
Tiempo Retención	0.13	día
Hidráulica	3.15	Horas
Cantidad	4.00	unidades
Tiempo Retención Hidráulica total	12.60	Horas

Se proyectan 4 estructuras con una longitud de 12 m y un ancho de 3.0 m cada una.

Sedimentador

El objeto de este tratamiento es básicamente la remoción de los sólidos suspendidos y DBO en las aguas residuales, mediante el proceso físico de asentamiento en tanques de sedimentación. Se recomienda utilizar el método de laboratorio por tandas para estimar la tasa de desbordamiento superficial necesaria, el tiempo de retención o profundidad del tanque y el porcentaje de remoción de sólidos suspendidos. Este método puede encontrarse en la norma colombiana o internacional vigente. Deben utilizarse las gráficas de porcentaje de remoción de DBO y sólidos suspendidos como función de la tasa de desbordamiento superficial y del tipo de clarificador que se tenga (circular o rectangular). En los casos que el ingeniero considere necesario, se pueden adicionar coagulantes para incrementar la eficiencia de remoción de fósforo, sólidos suspendidos y DBO.

Las dimensiones del tanque están determinadas por la cantidad de aguas negras que se requiera tratar y debe diseñarse para el caudal máximo horario esperado. Para el caso de tanques rectangulares la relación longitud: ancho debe estar entre 1.5:1 y 15:1. Para el caso de tanques circulares se recomienda un diámetro entre 3 y 60 m, una pendiente de fondo entre 6 y 17%. Los tanques cuadrados no se recomiendan y los de forma hexagonal y ortogonal son considerados como si fueran a los circulares debido a que estos están dotados de un equipo rotatorio para remoción de los sólidos.

Debe basarse en el caudal de aguas negras y en el volumen del tanque. Se recomienda un período de retención mínimo de 1.5 y 2.5 horas tanto para los sedimentadores circulares como para los rectangulares.

En el caso que se planee o exista un tratamiento secundario seguido del tanque de sedimentación primaria se recomienda una TDS para flujo medio de 30 a 50 m³/m²/día y para flujo horario pico de 80 a 120 m³/m²/día.

$$C_s = \frac{Q}{A}$$

donde

Cs: Carga superficial
 Q: Caudal (m³/s)
 A: Área (m²)

La carga superficial de la unidad se encuentra dentro de los parámetros dados por la resolución 0330 de 2017 artículo 189.

Velocidad promedio de flujo en el sedimentador

Vo: Velocidad promedio de flujo en el sedimentador (m/s)
 θ : Inclinação de placas 60º

$$V_o = \frac{Q}{A \sin \theta}$$

Tiempo de retención en el tanque de sedimentación

$$T_r = \frac{V}{Q}$$

donde

V: Volumen del sedimentador (m³)
 Q: Caudal (m³/s)

Caudal de diseño	Q	5.08	l/s
Ancho del sedimentador	B	1.80	m
Largo del sedimentador	L	7.20	m
Altura modulo	hm	0.60	m
Atura sedimentador	H	2.50	m
Altura útil sedimentador	Hu	3.00	m
Separación entre placas	d	0.06	m
Long de celda	l	0.70	m
Ángulo Placas	θ	60.00	1.04719755
Carga hidraulica superficial	Cs	33.867	m3/m2/dia
Volumen del sedimentador	V	38.880	m3/m2/dia
Tiempo de retencion	Tr	127.559	min
Velocidad media en los modulos	Vo	0.0005	m/s
		39.106	m/día

Para la estructura de sedimentación, se proyectarán cuatro (4) tanques de sedimentación con una longitud de 7.20 m y un ancho de 1.80 m.

Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)

El Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA) es utilizado para el tratamiento de aguas residuales con una alta carga orgánica, constituyendo un proceso de eliminación de la materia orgánica soluble. Mediante el proceso de digestión, la carga orgánica disuelta es reducida con la ayuda de microorganismos (bacterias) que se encuentran adheridos sobre la superficie del material del lecho filtrante, alimentándose de los componentes orgánicos en ausencia de oxígeno (Anaerobios).

De esta forma producen biogás, que se compone principalmente de CO₂ y Metano; se producen también lodos residuales que constan de subproductos orgánicos y biomasa. El resultado más importante, es que se obtiene una corriente de agua con menos carga orgánica.

Las ventajas de la digestión anaerobia son la alta eficiencia en la purificación, estimada en un 80% de remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), la baja producción de lodos y el bajo consumo de energía, si se le compara con la digestión aerobia. La desventaja principal radica en la fácil desestabilización, en la cual puede llegar a la condición de lavado; en este punto hay desaparición de la biomasa, de forma que debe realizarse una inoculación de las bacterias nuevamente.

El agua a tratar pasa de abajo hacia arriba por el interior de la columna, donde los microorganismos realizan la depuración. Entra el agua contaminada a tratar y asciende por el medio granular y por la columna de agua en cuyo interior las bacterias realizan la depuración, por la parte superior se obtiene el biogás y un efluente con menor carga orgánica.

La actividad de limpieza y lavado del filtro es de gran importancia porque desaparece la biomasa razón por la cual se debe restablecer la población microbiana y la biomasa (Aplicación de bacterias y/o recirculación de lodos) para la degradación de la materia orgánica. Cuando se mantienen condiciones de operación normales, la biomasa se mantiene activa.

En este tipo de reactores existe un medio de soporte fijo inerte al cual crecen adheridos los microorganismos. El agua residual puede tener un flujo vertical ascendente o descendente a través de la cámara. Usualmente no tiene un comportamiento final de sedimentación.

De acuerdo a los criterios y parámetros establecidos en el RAS 2010, capítulo E.4.7 “Tratamientos Anaerobios”, numeral E.4.7.9 “Filtros Anaerobios”, los datos utilizados para verificar el cumplimiento del sistema de tratamiento fueron los siguientes:

Tiempos de retención Hidráulica

Rango de la concentración orgánica del afluente al filtro anaerobio (Expresada en DBO5 TOTAL en mg/L)	Rango del tiempo de retención hidráulica en el filtro anaerobio. Se expresa en tmin, td1, td2, tmax. Donde el tiempo de diseño es igual a ((td1 + td2)/2. (horas)				Valores del coeficiente característico del sustrato en digestión, K, para un sustrato "típico" doméstico o municipal, correspondiente a los t expresados en la columna anterior			
	tmin	td1	td2	tmax	Para tmin	Para td1	Para td2	Para tmax
Mínima : 50 Co (media): 65 Máxima: 80	3,0	4,0	6,5	12,0	1,4	1,5	1,6	1,8
Mínima : 80 Co (media): 190 Máxima: 300	2,5	4,0	6,5	12,0	1,0	1,1	1,3	1,7
Mínima : 300 Co (media): 650 Máxima: 1000	2,5	4,0	6,5	12,0	1,4	1,6	1,8	2,1
Mínima : 1000 Co (media): 3000 Máxima: 5000	3,0	6,0	8,0	12,0	1,7	1,9	2,1	2,5

Fuente: RAS, Tabla E.4.29

$$\theta = \frac{(\Sigma As * H)}{Qd} \approx \frac{V}{Qd}$$

donde

θ: Tiempo de retención hidráulico (h)
 V: Volumen del FAFA (m³)
 As: Área superficial FAFA (m²)
 H: Altura FAFA (m)
 Qd: Caudal de diseño (m³/s)

Con el tiempo de retención promedio se calculará el volumen de la estructura, dicho volumen se menciona en la siguiente tabla.

Tiempo Retención	4	H
Hidráulica	6.5	H
Promedio TR	5.2500	H
Caudal de diseño	5.090	l/s
	18.32	m³/h
Volumen FAFA	96.20	m³

Con el volumen calculado para el Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA), se determina la geometría de cada uno de los FAFA'S.

Longitud (L)	6	m
Ancho (B)	2	m
Altura (H) lecho	2.1	m
Volumen (V)	25.2	m ³
# FAFA'S	4	Und
Volumen total (V)	100.8	m ³

De acuerdo con los cálculos anteriores, las dimensiones de los FAFA'S quedan así longitud 6.0 m, ancho 2.0 m y altura del medio filtrante 2.1 m, se requieren 4 unidades de estas.

Medio de Soporte

Se instalará el mismo para el proceso de biofiltración. Se instalará un medio filtrante aglomerado sintético tipo mariposa (material de gran superficie específica), que hace de soporte de la biomasa, descomponiendo la materia orgánica que aún queda en el agua residual. El soporte mantendrá las características del filtro anaerobio de acuerdo a sus dimensiones.

El fondo de cada módulo del FAFA será acondicionado para adecuar una tolva o zona de almacenamiento de lodos, sobre la cual se instalará una tubería en forma vertical para el ingreso de la manguera flexible o tubería de succión de la bomba de extracción y evacuación de lodos. Se debe utilizar medio filtrante para FAFA en polipropileno o plástico (rosetón, biosferas, etc.) superficie de contacto $\geq 95 \text{ m}^2/\text{m}^3$ e índice de huecos superior al 95%.

Desinfección

El proceso de desinfección debe realizarse en el efluente de plantas de tratamiento cuando éste último pueda crear peligros de salud en las comunidades aguas abajo de la descarga.

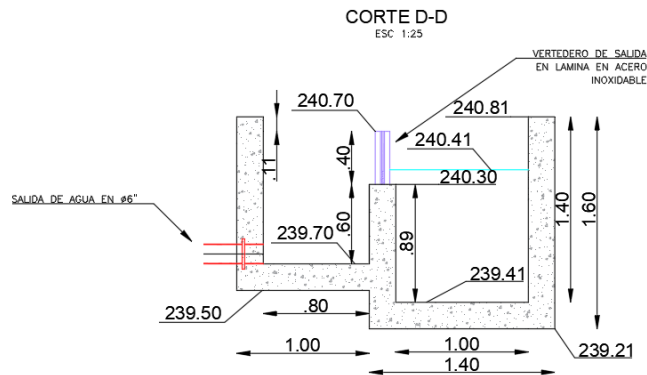
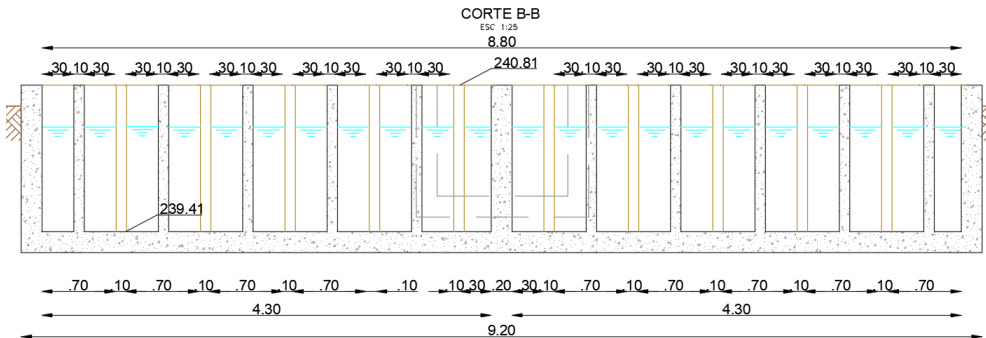
En el PSMV no está especificado en los objetivos de calidad de la fuente, desinfección de las aguas tratadas, sin embargo, se considerará un tanque de cloración para mejorar la calidad del agua tratada.

Tanque de contacto

El tanque de contacto de cloro debe ser construido de manera que reduzca al mínimo los cortocircuitos. Deben proveerse tabiques de direccionamiento de flujo con este fin. El desagüe debe estar provisto de válvula. El punto de descarga debe asegurar tratamiento adecuado al agua de desagüe, lo cual puede requerir bombeo. Deben proveerse unidades duales para el contacto de cloro. Se instalarán instalaciones de lavado para estas cámaras. La cámara de contacto se divide en dos secciones con el propósito de no suspender la operación mientras se limpie una de ellas.

El período de contacto en la cámara de cloración no será menor de 30 minutos con base en el caudal medio diario.

PARAMETRO	SIMBOLO	VALOR	UNIDAD	EXPRESION
Caudal diseño	Qd	5.09	l/s	
Unidades	Und	2	und	
Caudal x unidad	Qu	0.16	m3	Qd*60/1000/und
Tiempo de retención	Tr	30	min	
Relación tanque L/a	-	4	-	
Profundidad	H	1	m	
Volumen tanque	Vt	4.8	m3	Qu*Tr
Área	A	4.8	m	Vt/H
Ancho	B	1.1	m	(A/(L/a))^0.5
Largo	L	4.4	m	B*L/a



Como se puede observar se cumple con el tiempo de contacto de cloro en el tanque.

Lechos de Secado

Para el cálculo de los lechos de secado se utilizó la “Guía para el diseño de tanque séptico, tanque imhoff y lagunas de estabilización” de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) OPS-CEPIS-05.163-UNATSABAR

Msd: Masa de Sólidos que conforman los lodos (Kg SS/día):

$$Msd = (0,5 * 0,7 * 0,5 * C) + (0,5 * 0,3 * C)$$

Vld: Volumen Diario de Lodos Digeridos (L/día):

$$Vld = \frac{Msd}{\rho_{lodo} * \left(\frac{\% \text{ sólidos}}{100}\right)}$$

Donde:

Msd: Masa de sólidos que conforman los lodos (Kg SS/día)

Plodo: Densidad de lodos = 1,04 Kg/L

% sólidos: Porcentaje sólidos contenidos en el lodo, varía entre 8% a 12%

Vel: Volumen de Extracción de Lodos (m3):

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000}$$

Donde:

Vld: Volumen diario lodos digeridos (L/día)

Td: Tiempo de digestión (días) en función de la Temperatura, así:

Temperatura °C	tiempo de digestion (días)
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

Donde:

Als: Área Lecho de Secado (m2):

Ha: Profundidad de aplicación de lodo (Entre 0.20m a 0.40m)

Caudal	Q	5.08	l/s
Solidos suspendidos	SS	65	mg/l
Porcentaje de solidos presentes e el lodo	%solidos	45%	%
Densidad del lodo	ρ lodo	1.7	Kg/l
Carga de solidos	C	330.2	mg/s
Masa de solidos que conforman los lodos	Msd	107.32	mg
Volumen diario de lodos	Vld	140.29	l
Ciclo de secado	Td	30	días
Volumen de lodo a extraer	Vel	4.21	m3
Profundidad de aplicación	H	0.2	m
Area lecho de secado	Als	21.05	m2
Numero de lechos	NL	4.00	und
Area lecho de secado individual	Alsi	5.27	m2
Ancho del lecho	b	1.40	m
Longitud del lecho	L	3.76	m
Longitud del lecho ajustado	L	3.80	m

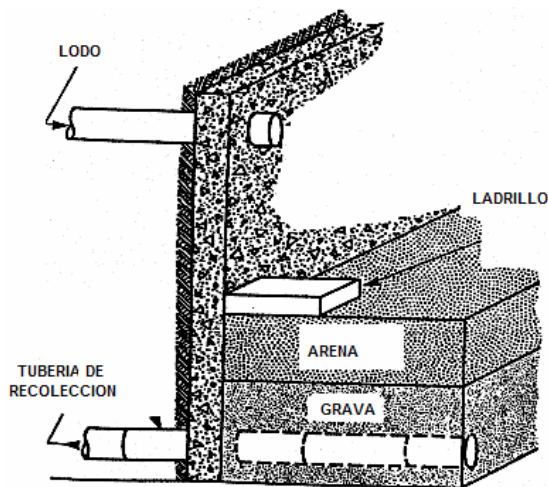
De acuerdo al área disponible en el sitio de la PTAR, se dispondrán tres (4) lechos de secado, cada uno con un área de 5.27 m2

Según esta disposición, las dimensiones de cada lecho de secado son:

Largo: 3.80 m

Ancho: 1.40 m

Profundidad: 0.20m



La capa depositada de lodo en los lechos de secado será la correspondiente a una altura de 0.20m. Para la madurez del lodo se estima un tiempo de secado de 30 días, también la dará su apariencia de agrietamiento; cuando esto se observe, se retirarán y se aplicará tratamiento y se depositarán en lonas para ser trasladados hacia la planta de tratamiento de residuos sólidos y dispuestos finalmente en las celdas respectivas. Una vez se retiren los lodos, se repondrá la capa del material filtrante o arena para que inicie el proceso.

Operación y mantenimiento

Se debe tener un manual de operación y mantenimiento que contemple los siguientes aspectos:

- Control de olores.
- Control del lodo influente.
- Control de las dosificaciones.
- Operación bajo condiciones de carga mínima y máxima.
- Operación bajo condiciones de caudal mínimo y caudal máximo.
- Programa de inspección periódico.
- Control de insectos y crecimiento de plantas.
- Manejo de la torta de lodos seca.

10. RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL

CONSIDERACIONES GENERALES

El diseño hidráulico del sector mencionado se realizó en varias etapas las cuales se enumeran de forma general a continuación:

Levantamiento Topográfico
Curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia
Análisis hidrológico
Diseño hidráulico

A continuación, se presenta de forma detallada cada uno de estos ítems.

10.1. CURVAS INTENSIDAD-DURACIÓN-FRECUENCIA

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) constituyen la base climatológica para la estimación de los caudales de diseño. Estas curvas sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con periodos de retorno específicos. Es necesario verificar la existencia de curvas IDF para la localidad. Si no existen, es necesario obtenerlas a partir de información existente de lluvias con información pluviográfica de estaciones ubicadas próximas a la localidad.

La generación de las curvas intensidad-duración-frecuencia, permite evaluar las intensidades asociadas a un fenómeno de precipitación, para un periodo de retorno dado. De esta forma, se puede calcular el caudal de escorrentía asociado a un fenómeno de precipitación con un periodo de retorno adecuado para el dimensionamiento de una estructura.

El grado de proyección de las estructuras está condicionado por los riesgos que se tienen en cuenta mediante los análisis hidrológicos en los que se evalúan eventos que pueden llegar a ocurrir en un determinado tiempo o la frecuencia con la que estos pueden ocurrir.

Uno de los primeros pasos que se sigue en diversos proyectos es el análisis hidrológico, para el diseño de drenaje urbano, se determina el evento o los eventos de lluvia que deben usarse para tal diseño. Para ello se utiliza una tormenta de diseño o un evento que involucra la relación entre la intensidad de la lluvia, la duración y la frecuencia o periodos de retorno apropiados para el proyecto y el lugar. Dicha relación se resume en las denominadas curvas IDF para cada lugar.

10.2. Intensidad

Se define como la tasa temporal de precipitación, la altura de la lámina de agua por unidad de tiempo, generalmente expresada en milímetros por hora (mm/h). Puede ser medida como intensidad instantánea o promedio, comúnmente para la elaboración de las curvas IDF se emplea esta última, expresada como la precipitación promedio sobre el tiempo de duración, como se muestra a continuación (Ven Te Chow et al, 1994):

$$i = \frac{P}{T_d}$$

En dónde:

i : Intensidad, en mm/h

P : Profundidad de lluvia, en mm

T_d : Duración usualmente, en horas

Este parámetro debe ser determinado para calcular los caudales utilizando métodos lluvia escorrentía, para ello se elaboraron las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), sintéticas, con base en la precipitación máxima en 24 horas promedio multianual y siguiendo el procedimiento descrito más adelante.

Metodología: curvas sintéticas método simplificado (Vargas/Díaz-Granados)

Para la elaboración de las curvas IDF se emplea la metodología del Método Simplificado, presentado en el Manual de Drenaje de Carreteras del Invia del cual se extrae su procedimiento (Tabla 8, 10 y 11) (Ilustración 10).

Para Colombia se propone el método que se presenta VARGAS M.R., DÍAZ-GRANADOS O.M., Universidad de los Andes, “Curvas Sintéticas Regionalizadas de Intensidad-Duración-Frecuencia para Colombia”, Santafé de Bogotá, 1998. En este estudio se dedujeron curvas intensidad-duración-frecuencia por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, el número promedio de días de lluvia al año, la precipitación total media anual y la elevación de la estación.

La mejor correlación obtenida, sin embargo, fue la que se obtuvo con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas en una estación, y es la que se propone para los estudios, además de que es la más sencilla de utilizar.

La expresión resultante está dada por:

$$i = \frac{a \times T^b \times M^d}{(t/60)^c}$$

Dónde:

i : Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).

T. Periodo de retorno, en años.

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h.

t: Duración de la lluvia, en minutos (min).

a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión. Estos parámetros fueron regionalizados

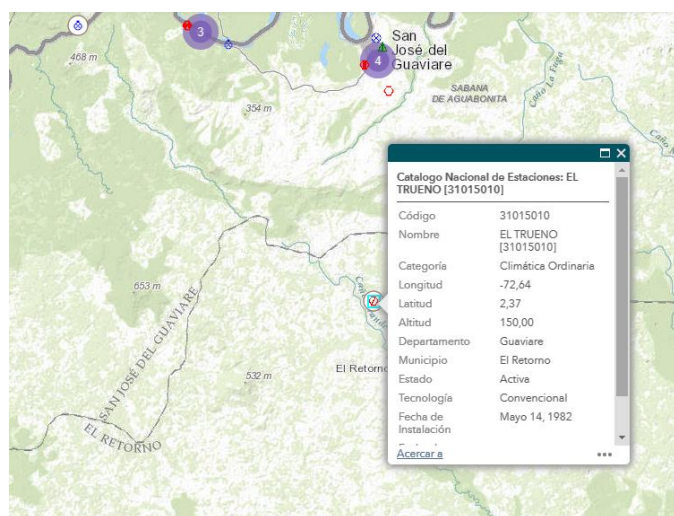
Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas

Intensidad-duración-frecuencia, IDF, para Colombia (Fuente tabla. 2.12 MDC-INVIAS).

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.5	0.1
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.2
Orinoquia (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

10.3. Estación El Trueno municipio de El Retorno

Se selecciona la estación EL TRUENO (31015010), la cual cuenta con los registros para la elaboración de curvas IDF, además se encuentra en el sitio del proyecto.



Codigo Estación	Nombre Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Categoría	Departamento	Municipio	Id Parámetro	DescripcionSerie	Fecha	Valor
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2000 0:00	24.0

Codigo Estación	Nombre Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Categoría	Departamento	Municipio	Id Parámetro	DescripciónSerie	Fecha	Valor
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2000 0:00	14.2
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2000 0:00	15.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/04/2000 0:00	91.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2000 0:00	90.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2000 0:00	69.2
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/07/2000 0:00	44.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/08/2000 0:00	75.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/09/2000 0:00	58.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2000 0:00	36.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2000 0:00	54.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2000 0:00	69.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2001 0:00	25.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2001 0:00	1.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2001 0:00	11.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/04/2001 0:00	42.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2001 0:00	89.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2001 0:00	68.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/07/2001 0:00	72.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/08/2001 0:00	41.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/09/2001 0:00	47.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2001 0:00	75.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2001 0:00	55.2
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2001 0:00	35.0

Codigo Estación	Nombre Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Categoría	Departamento	Municipio	Id Parámetro	DescripciónSerie	Fecha	Valor
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2002 0:00	63.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2002 0:00	36.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2002 0:00	20.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/04/2002 0:00	25.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2002 0:00	38.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2002 0:00	54.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/07/2002 0:00	51.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/08/2002 0:00	87.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/09/2002 0:00	37.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2002 0:00	60.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2002 0:00	93.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2002 0:00	34.8
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2003 0:00	30.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2003 0:00	10.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2003 0:00	14.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/04/2003 0:00	31.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2003 0:00	77.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2003 0:00	65.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/07/2003 0:00	82.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/08/2003 0:00	91.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/09/2003 0:00	82.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2003 0:00	60.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2003 0:00	104.0

Codigo Estación	Nombre Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Categoría	Departamento	Municipio	Id Parámetro	DescripciónSerie	Fecha	Valor
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2003 0:00	41.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2004 0:00	56.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2004 0:00	5.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2004 0:00	68.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/04/2004 0:00	35.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2004 0:00	70.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2004 0:00	81.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/07/2004 0:00	46.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/08/2004 0:00	60.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/09/2004 0:00	57.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2004 0:00	53.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2004 0:00	82.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2004 0:00	85.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2005 0:00	48.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2005 0:00	35.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2005 0:00	44.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/04/2005 0:00	38.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2005 0:00	45.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2005 0:00	95.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/07/2005 0:00	51.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/08/2005 0:00	35.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/09/2005 0:00	35.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2005 0:00	31.0

Codigo Estación	Nombre Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Categoría	Departamento	Municipio	Id Parámetro	DescripciónSerie	Fecha	Valor
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2005 0:00	146.9
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2005 0:00	50.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2006 0:00	77.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2006 0:00	35.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2006 0:00	33.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/04/2006 0:00	78.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2006 0:00	46.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2006 0:00	109.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/07/2006 0:00	97.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/08/2006 0:00	42.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/09/2006 0:00	63.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2006 0:00	51.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2006 0:00	85.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2006 0:00	57.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2007 0:00	40.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2007 0:00	20.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2007 0:00	45.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/04/2007 0:00	60.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2007 0:00	59.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2007 0:00	67.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/07/2007 0:00	47.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/08/2007 0:00	19.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/09/2007 0:00	39.0

Codigo Estación	Nombre Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Categoría	Departamento	Municipio	Id Parámetro	DescripciónSerie	Fecha	Valor
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2007 0:00	29.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2007 0:00	48.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2007 0:00	24.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2008 0:00	41.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2008 0:00	4.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2008 0:00	40.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/04/2008 0:00	20.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2008 0:00	45.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2008 0:00	56.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/08/2008 0:00	68.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/09/2008 0:00	73.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2008 0:00	45.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2008 0:00	60.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2008 0:00	45.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2009 0:00	21.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2009 0:00	45.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2009 0:00	7.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/04/2009 0:00	109.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2009 0:00	26.9
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2009 0:00	68.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/07/2009 0:00	77.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/08/2009 0:00	98.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/09/2009 0:00	87.0

Codigo Estación	Nombre Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Categoría	Departamento	Municipio	Id Parámetro	DescripciónSerie	Fecha	Valor
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2009 0:00	23.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2009 0:00	78.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2009 0:00	35.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2010 0:00	21.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2010 0:00	2.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2010 0:00	87.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/04/2010 0:00	32.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2010 0:00	55.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2010 0:00	40.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/07/2010 0:00	54.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/08/2010 0:00	70.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/09/2010 0:00	86.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2010 0:00	36.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2010 0:00	63.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2010 0:00	42.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2011 0:00	23.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2011 0:00	36.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2011 0:00	6.5
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/04/2011 0:00	82.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2011 0:00	34.7
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2011 0:00	99.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/07/2011 0:00	40.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/08/2011 0:00	57.0

Codigo Estación	Nombre Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Categoría	Departamento	Municipio	Id Parámetro	DescripciónSerie	Fecha	Valor
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2011 0:00	82.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2011 0:00	57.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2011 0:00	56.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2012 0:00	31.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2012 0:00	20.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2012 0:00	78.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/04/2012 0:00	95.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2012 0:00	47.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2012 0:00	42.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/07/2012 0:00	59.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/08/2012 0:00	85.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/09/2012 0:00	93.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2012 0:00	60.8
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2012 0:00	92.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2012 0:00	34.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2013 0:00	26.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2013 0:00	0.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2013 0:00	50.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/04/2013 0:00	25.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2013 0:00	99.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2013 0:00	70.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/07/2013 0:00	33.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/08/2013 0:00	70.0

Codigo Estación	Nombre Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Categoría	Departamento	Municipio	Id Parámetro	DescripciónSerie	Fecha	Valor
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/09/2013 0:00	93.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2013 0:00	45.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2013 0:00	27.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2013 0:00	37.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2014 0:00	54.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2014 0:00	23.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2014 0:00	53.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/04/2014 0:00	74.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2014 0:00	44.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2014 0:00	74.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/07/2014 0:00	85.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/08/2014 0:00	61.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/09/2014 0:00	60.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2014 0:00	58.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2014 0:00	47.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2014 0:00	61.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2015 0:00	30.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2015 0:00	45.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2015 0:00	14.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2015 0:00	49.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2015 0:00	90.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/07/2015 0:00	80.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/09/2015 0:00	40.0

Codigo Estación	Nombre Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Categoría	Departamento	Municipio	Id Parámetro	DescripciónSerie	Fecha	Valor
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2015 0:00	51.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2015 0:00	67.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2015 0:00	55.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2016 0:00	39.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2016 0:00	0.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2016 0:00	13.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/04/2016 0:00	43.2
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2016 0:00	74.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2016 0:00	81.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/07/2016 0:00	41.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/08/2016 0:00	80.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/09/2016 0:00	59.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2016 0:00	85.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2016 0:00	85.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2016 0:00	73.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2017 0:00	28.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2017 0:00	42.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2017 0:00	7.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/04/2017 0:00	34.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2017 0:00	44.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2017 0:00	126.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/07/2017 0:00	46.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/08/2017 0:00	68.0

Codigo Estación	Nombre Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Categoría	Departamento	Municipio	Id Parámetro	DescripciónSerie	Fecha	Valor
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/09/2017 0:00	30.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2017 0:00	23.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2017 0:00	32.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2017 0:00	179.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2018 0:00	29.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2018 0:00	46.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2018 0:00	7.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/04/2018 0:00	105.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2018 0:00	90.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2018 0:00	88.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/07/2018 0:00	108.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/08/2018 0:00	28.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/09/2018 0:00	39.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2018 0:00	50.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2018 0:00	32.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2018 0:00	19.2
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/01/2019 0:00	20.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/02/2019 0:00	9.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/03/2019 0:00	65.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/04/2019 0:00	55.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/05/2019 0:00	52.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/06/2019 0:00	62.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/07/2019 0:00	80.0

Codigo Estación	Nombre Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Categoría	Departamento	Municipio	Id Parámetro	DescripciónSerie	Fecha	Valor
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/08/2019 0:00	120.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/09/2019 0:00	60.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/10/2019 0:00	57.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/11/2019 0:00	74.0
31015010	EL TRUENO [31015010]	2.37	-72.64	150	Climática Ordinaria	Guaviare	El Retorno	PRECIPITACION	Precipitación máxima mensual	1/12/2019 0:00	51.0

Precipitación Máxima Mensual en 24 Horas (mm)																				
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ENERO	24.0	25.0	63.0	30.0	56.0	48.0	77.0	40.0	41.0	21.0	21.0	23.0	31.0	26.0	54.0	30.0	39.0	28.0	29.0	20.0
FEBRERO	14.2	1.0	36.0	10.0	5.0	35.0	35.0	20.0	4.0	45.0	2.0	36.0	20.0	0.0	23.0	45.0	0.0	42.0	46.0	9.0
MARZO	15.0	11.0	20.0	14.0	68.0	44.0	33.0	45.0	40.0	7.0	87.0	6.5	78.0	50.0	53.0	14.0	13.0	7.0	7.0	65.0
ABRIL	91.0	42.0	25.0	31.0	35.0	38.0	78.0	60.0	20.0	109.0	32.0	82.0	95.0	25.0	74.0		43.2	34.0	105.0	55.0
MAYO	90.0	89.0	38.0	77.0	70.0	45.0	46.0	59.0	45.0	26.9	55.0	34.7	47.0	99.0	44.0	49.0	74.0	44.0	90.0	52.0
JUNIO	69.2	68.0	54.0	65.0	81.0	95.0	109.0	67.0	56.0	68.0	40.0	99.0	42.0	70.0	74.0	90.0	81.0	126.0	88.0	62.0
JULIO	44.0	72.0	51.0	82.0	46.0	51.0	97.0	47.0		77.0	54.0	40.0	59.0	33.0	85.0	80.0	41.0	46.0	108.0	80.0
AGOSTO	75.0	41.0	87.0	91.0	60.0	35.0	42.0	19.0	68.0	98.0	70.0	57.0	85.0	70.0	61.0		80.0	68.0	28.0	120.0
SEPTIEMBRE	58.0	47.0	37.0	82.0	57.0	35.0	63.0	39.0	73.0	87.0	86.0		93.0	93.0	60.0	40.0	59.0	30.0	39.0	60.0
OCTUBRE	36.0	75.0	60.0	60.0	53.0	31.0	51.0	29.0	45.0	23.0	36.0	82.0	60.8	45.0	58.0	51.0	85.0	23.0	50.0	57.0
NOVIEMBRE	54.0	55.2	93.0	104.0	82.0	146.9	85.0	48.0	60.0	78.0	63.0	57.0	92.0	27.0	47.0	67.0	85.0	32.0	32.0	74.0
DICIEMBRE	69.0	35.0	34.8	41.0	85.0	50.0	57.0	24.0	45.0	35.0	42.0	56.0	34.0	37.0	61.0	55.0	73.0	179.0	19.2	51.0
Pmax (mm)	91.0	89.0	93.0	104.0	85.0	146.9	109.0	67.0	73.0	109.0	87.0	99.0	95.0	99.0	85.0	90.0	85.0	179.0	108.0	120.0

10.4. Curvas Intensidad Duración Frecuencia

IDF ESTACION EL TRUENO MUNICIPIO DE EL RETORNO - GUAVIARE

Datos precipitación máxima en 24 horas a nivel anual.

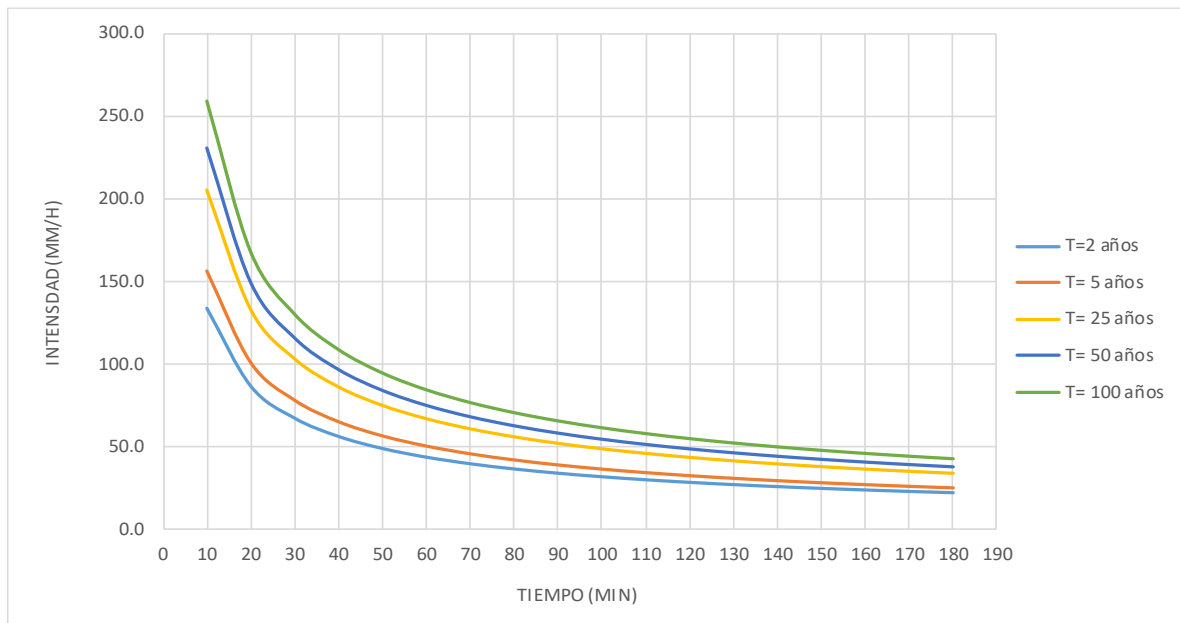
ESTACION CLIMATOLOGICA ORDINARIA EL TRUENO PRECIPITACION MAXIMA MENSUAL HISTORICA EN 24 HORAS	
AÑO	PRECIPITACIÓN (mm)
2000	90.0
2001	89.0
2002	93.0
2003	104.0
2004	85.0
2005	146.9
2006	109.0
2007	67.0
2008	73.0
2009	109.0
2010	87.0
2011	99.0
2012	95.0
2013	99.0
2014	85.0
2015	90.0
2016	85.0
2017	179.0
2018	108.0
2019	120.0
Numero de datos	20
Promedio	100.65
Desviacion	25.27

Datos intensidad-Duración-Frecuencia

ESTACIÓN CLIMATOLOGICA ORDINARIA EL TRUENO CURVAS INTENSIDAD- DURACIÓN- FRECUENCIA (valores en mm/h)						
Tiempo (min)	Período de retorno					
	2	5	10	25	50	100
10	133.4	155.9	175.4	205.0	230.7	259.5
20	86.2	100.8	113.4	132.5	149.0	167.7
30	66.8	78.0	87.8	102.6	115.4	129.9
40	55.7	65.1	73.3	85.6	96.3	108.4
50	48.4	56.6	63.6	74.4	83.7	94.1
60	43.2	50.4	56.7	66.3	74.6	83.9
70	39.2	45.8	51.5	60.2	67.7	76.2
80	36.0	42.1	47.3	55.3	62.2	70.0
90	33.4	39.1	44.0	51.4	57.8	65.0
100	31.3	36.6	41.1	48.1	54.1	60.8
110	29.5	34.4	38.7	45.3	50.9	57.3
120	27.9	32.6	36.7	42.8	48.2	54.2
130	26.5	31.0	34.9	40.7	45.8	51.6
140	25.3	29.6	33.3	38.9	43.7	49.2
150	24.2	28.3	31.9	37.2	41.9	47.1
160	23.3	27.2	30.6	35.7	40.2	45.2
170	22.4	26.2	29.4	34.4	38.7	43.5
180	21.6	25.2	28.4	33.2	37.3	42.0

Curvas Intensidad, duración y frecuencia para la estación El Trueno.

Municipio de El Retorno.



10.5. MODELACIÓN HIDROLÓGICA

Con la información de precipitación y la caracterización de las áreas de drenaje se puede calcular el caudal máximo producido por un evento de tormenta, el cual debe ser evacuado por el sistema de drenaje a diseñar. Para esto aplicamos el método racional.

El método racional es posiblemente el modelo más antiguo de la relación lluvia- escorrentía. Este modelo toma en cuenta, además del área de la cuenca, la altura o intensidad de la precipitación y es hoy en día muy utilizado, particularmente en el diseño de drenes urbanos.

Supóngase que en una cuenca impermeable se hace caer uniformemente una lluvia de intensidad constante durante un largo tiempo. Al principio, el caudal que sale de la cuenca será creciente con el tiempo, pero llegará un momento en el que se alcance un punto de equilibrio, es decir, en el que el volumen que entra por unidad de tiempo por la lluvia sea el mismo.

El tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del caudal de equilibrio se denomina tiempo de concentración, y equivale al tiempo que tarda el agua en pasar del punto más alejado hasta la salida de la cuenca. Naturalmente, el tiempo de concentración t_c depende de la longitud máxima que debe recorrer el agua hasta la salida de la cuenca y de la velocidad que adquiere, en promedio, dentro de la misma. Esta velocidad está en función de las pendientes del terreno y los cauces, y de la rugosidad de la superficie de los mismos. El tiempo de concentración se calcula mediante la ecuación:

$$t_c = \frac{L}{3600v}$$

Donde:

- t_c : Tiempo de concentración (h)
- L : Longitud del cauce principal de la cuenca (m)
- v : Velocidad media del agua en el cauce principal (m/s)

En una cuenca no impermeable, sólo una parte de la lluvia con intensidad escurre directamente hasta la salida. Si se acepta que, durante la lluvia, o al menos una vez que se ha establecido el caudal de equilibrio, no cambia la capacidad de infiltración en la cuenca, se puede escribir la llamada fórmula racional:

$$Q_p = CiA_c$$

Donde C es un coeficiente de escurrimiento, que representa la fracción de la lluvia que escurre en forma directa y Q_p es el caudal máximo posible que puede producirse con una lluvia de intensidad i en una cuenca de área A_c y coeficiente de escurrimiento C .

El coeficiente de escurrimiento toma valores entre 0 y 1 y varía según el tipo de cobertura y uso del suelo, en la siguiente tabla se muestran los coeficientes de escorrentía típicos.

Considerando que el área de drenaje corresponde a una cobertura futura de vías pavimentadas y cubiertas de viviendas, que genera la impermeabilización de las áreas, pero a su vez existen dentro de los predios áreas abiertas, y en la parte externa terrenos con cobertura natural; se seleccionara

el tipo de coeficiente para cubiertas y vías, junto con el correspondiente a cobertura natural o zonas verdes.



Coeficiente de escorrentía o impermeabilidad

Tipo de superficie	C
Cubiertas	0,75-0,95
Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0,70-0,95
Vías adoquinadas	0,70-0,85
Zonas comerciales o industriales	0,60-0,95
Residencial, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0,75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre éstos	0,60-0,75
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0,40-0,60
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0,45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0,30
Laderas sin vegetación	0,60
Laderas con vegetación	0,30
Parques recreacionales	0,20-0,35

COBERTURA	AREA (%)	C
CUBIERTAS / PAVIMENTOS	60	0.70
ZONA NATURAL	40	0.20

Se tomará un coeficiente general de 0.50.

Periodo de retorno

Características del área de drenaje	Período de retorno (años)
-------------------------------------	---------------------------



A continuación, se presenta la descripción de cada una de las variables estimadas en el diseño hidráulico de colectores:

Parámetros geométricos

Las primeras variables indican las características geométricas de los colectores

No.:	Identificador del colector
Pozo ini:	Pozo inicial del colector
Pozo fin:	Pozo final del colector
Aafer:	Área de drenaje propia del colector (Ha)
Aant:	Área de drenaje aguas arriba del colector (Ha)
L:	Longitud del colector (m)

Parámetros topográficos

A continuación, se presentan las características topográficas de la red

Cota rasante	Cota ini:	Cota rasante inicial del colector (m)
	Cota fin:	Cota rasante final del colector (m)
Profundidades a cota clave:		Profundidades a cota clave inicial y final (m)
Cota Clave	Cota ini:	Cota Clave inicial del colector (m)
	Cota fin:	Cota Clave final del colector (m)
Stub:		Pendiente de la tubería (%)

Cálculo del caudal de diseño

Se presenta a continuación el cálculo del caudal de diseño para cada colector, basado en el método racional e incluyendo el cálculo del tiempo de concentración de cada colector y, por ende, la intensidad de lluvia crítica para cada uno.

Tcini:	Tiempo de entrada (min)
ΔT_c :	Tiempo de recorrido (min)
ΣT_c :	Tiempo de concentración total (min)
Tc:	Tiempo de concentración de diseño (min)
i:	intensidad de lluvia (l/s/Ha)
Qd:	Caudal de diseño (l/s)

Diámetros de diseño

Se calculan los diámetros teóricos para transportar a superficie libre los caudales de diseño, tomando como base la ecuación de Manning para conductos circulares, y después se ajustan a los diámetros comerciales disponibles.

Diámetros de diseño: ϕ_{teo} : Diámetro teórico (in)
 ϕ_{com} : Diámetro comercial (in) y (m)

Los diámetros obtenidos son: 12, 16, 24, 27, 30, y 33.

Verificación de autolimpieza

Siguiendo con los lineamientos de autolimpieza establecidos en la Resolución 0330 de 2017, se calculan los esfuerzos cortantes sobre las paredes de las tuberías, asegurándose que superen los 2.0 N/m². También se verifican el criterio de velocidad máxima real ($v < 10$ m/s para PVC). Las variables asociadas son:

QII:	Caudal a flujo lleno (l/s)
v _{lleno} :	Velocidad a flujo lleno (m/s)
q/Q:	Relación caudal real – Caudal flujo lleno (-)
d/D:	Relación Profundidad real- Diámetro de tubería (-)
v/V:	Relación velocidad real – Velocidad a flujo lleno (-)
V _{real} :	Velocidad real (m/s)
V ² /2g:	Cabeza de velocidad (m)
D:	Profundidad real (m)
θ :	Ángulo interno (rad)
R:	Radio hidráulico (m)
τ :	Esfuerzo cortante sobre la pared de la tubería (N/m ²)

Unión de colectores

Una vez hecha la verificación de parámetros hidráulicos se realizó la unión de colectores por medio del método de la línea de energía. Las variables relacionadas son:

Parámetros Generales

E:	Energía Específica (m)
H:	Profundidad hidráulica (m)
Fr:	Número de Froude
k:	Coefficiente de pérdidas por unión de tuberías
k _c :	Coefficiente de pérdidas por radio de curvatura
D _p :	Diámetro interno de pozo (m)

Flujo subcrítico

h _{tran} :	Pérdidas por transición (m)
---------------------	-----------------------------

htot: Pérdidas totales (m)
 Δc_{sub} : Diferencia cota de batea entrada salida subcrítico (m)

Flujo supercrítico

Dp/Ds: Relación diámetro pozo – Diámetro colector de salida (-)
 Kemp: Coeficiente de pérdidas por empate (-)
 Nsum: Número de sumergencia (-)
 Hw/Ds: Relación línea de energía–Batea / Diámetro de salida (-)
 Hwsup: Línea de energía-Batea supercrítica
 Δc_{sub} : Diferencia cota de batea entrada salida supercrítico (m)
 Δc_b : Diferencia cota de batea entrada salida teórica (m)
 Δc_{breal} : Diferencia cota de batea entrada salida real(m)
 Rev.: Verificación

Parámetros finales

Hechas las verificaciones finales se presentan los parámetros de cotas de batea, líneas de energía y se calculan las cantidades de excavación para estos colectores.

Cota de Batea: Cota de batea inicial y final (m)
 Cota de energía: Cota de la línea de energía inicial y final (m)

Estructuras de Unión

Para las estructuras se tienen los 3 tipos de pozos; los de diámetro interno de 1.20m, 1.50m y 1.80. Para los pozos de diámetro de 1.20 la tubería de salida va desde 8" hasta 20", para los pozos de diámetro de 1.50 m. la tubería de salida va desde 24" hasta 30" y para los pozos de diámetro de 1.80 m. la tubería de salida va desde 33" hasta 36".

Los diámetros obtenidos son: 12, 16, 24, 27, 30, y 33.

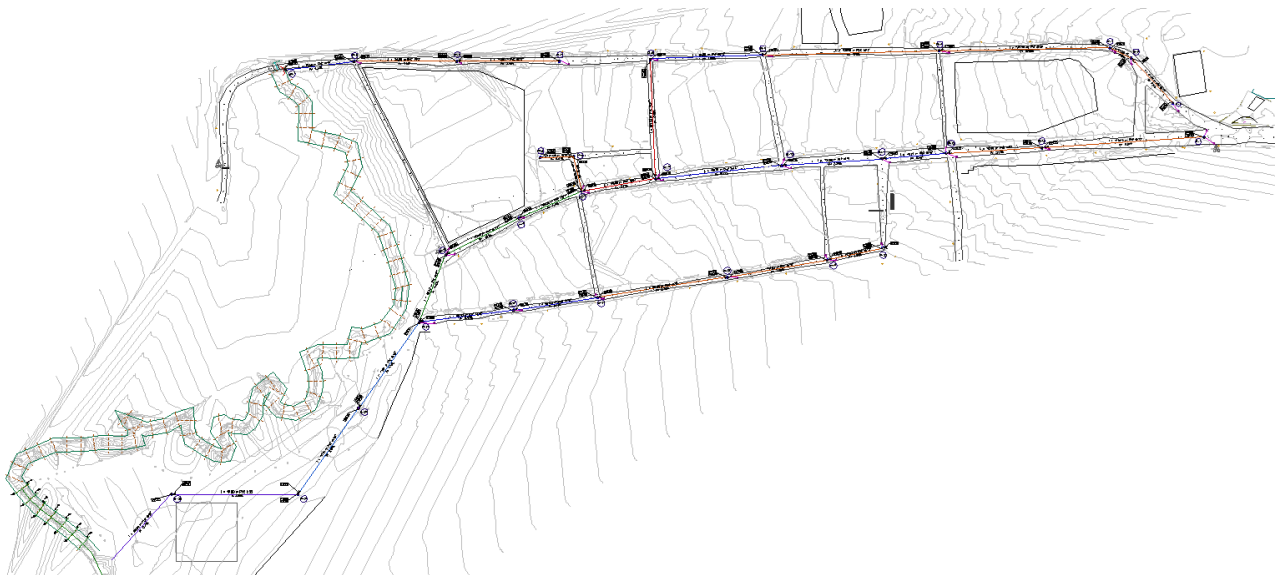
10.7. DISEÑO HIDRAULICO PLUVIAL

Período de retorno=	3	años
Período de retorno=	5	años
Período de retorno=	10	años
Coeficiente de escorrentía=	0.5	(-)
n de Manning=	0.009	(-)

La configuración de la red básicamente se ajustó a las vías principales del centro poblado, previendo el sentido topográfico del terreno, consiste en tres tramos de colectores sobre el área y confluyen a un emisario final cuya finalidad será la de la descarga de las aguas lluvias al Caño.

La red de colectores pluviales, reciben un área aproximada de 12.16 Ha (de acuerdo a plano general del sector). Los caudales, en función de la intensidad de lluvia y periodo de retorno, de acuerdo con Resolución 0330 de 2017, estos se seleccionan de 3 años en tramos iniciales y con áreas aferentes menor que 2 Ha, 5 años teniendo en cuenta el área de drenaje de los colectores de la red son menores que 10 Ha, y 10 años para el tramo de emisario final, el cual acumula como área de drenaje el área total mayor que 10 Ha.

De esta manera el diseño hidráulico define las cotas bateas, claves, pendientes y diámetros que cumplan los parámetros hidráulicos mínimos exigidos, en la siguiente tabla de cálculo se presentan los resultados.



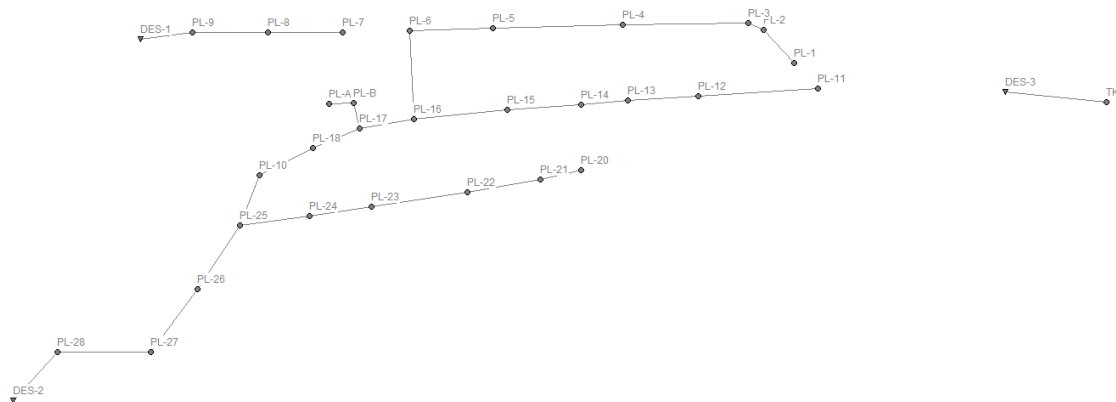
			(*)	Cota Rasante		Profundidades a cota clave		Cota Clave					Cálculo del caudal de diseño			Diámetros de diseño	
Pozo	Pozo	Atotal	L	Cota ini.	Cota fin.	Inicial	Final	Cota ini.	Cota fin.	Stub	Ster	Tc	i	Qd	φcom	φcom	
ini	fin	(Ha)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(%)	(%)	(min)	(l/s-ha)	(l/s)	(in)	(m)	
7	8	0.480	74.66	245.38	243.51	1.20	1.20	244.18	242.31	2.50	2.50	13.10	357.69	85.85	12	0.28	
8	9	0.960	74.66	243.51	242.27	1.20	1.20	242.31	241.07	1.66	1.66	14.79	331.33	159.04	16	0.36	
9	DS1	1.290	44.33	242.27	242.13	1.20	1.30	241.07	240.83	0.54	0.32	16.44	309.92	199.90	20	0.45	
1	2	0.150	44.55	258.84	257.72	1.20	1.20	257.64	256.52	2.51	2.51	10.17	419.54	31.47	12	0.28	
2	3	0.390	17.16	257.72	257.26	1.20	1.20	256.52	256.06	2.68	2.68	10.00	423.93	82.67	12	0.28	
3	4	0.570	124.31	257.26	253.55	1.20	1.20	256.06	252.35	2.98	2.98	16.14	313.61	89.38	12	0.28	
4	5	1.450	128.45	253.55	249.45	1.20	1.20	252.35	248.25	3.19	3.19	15.66	319.56	231.68	16	0.36	
5	6	2.310	81.81	249.45	247.04	1.70	1.00	247.75	246.04	2.09	2.95	12.71	397.59	459.21	20	0.45	
6	16	2.880	87.23	247.04	247.70	1.00	2.10	246.04	245.60	0.50	-0.76	29.14	235.69	339.40	24	0.60	
11	12	0.210	118.37	258.52	255.01	1.20	1.20	257.32	253.81	2.97	2.97	16.15	313.42	32.91	12	0.28	
12	13	0.630	69.86	255.01	252.89	1.20	1.20	253.81	251.69	3.03	3.03	11.79	382.15	120.38	12	0.28	
13	14	1.240	46.75	252.89	251.66	1.20	1.20	251.69	250.46	2.63	2.63	10.00	423.93	262.84	16	0.36	
14	15	1.510	73.29	251.66	249.98	1.20	1.20	250.46	248.78	2.29	2.29	13.16	356.52	269.17	16	0.36	
15	16	2.120	92.32	249.98	247.70	1.20	1.20	248.78	246.50	2.47	2.47	14.37	368.03	390.11	20	0.45	
16	17	5.800	55.00	247.70	245.88	2.10	1.20	245.60	244.68	1.67	3.31	12.48	402.21	1166.41	30	0.75	
A	B	0.160	24.33	245.15	245.74	1.00	1.80	244.15	243.94	0.86	-2.42	13.14	356.85	28.55	12	0.28	
B	17	0.250	26.18	245.74	245.88	1.80	2.10	243.94	243.78	0.61	-0.53	13.87	376.35	47.04	12	0.28	
17	18	6.440	49.59	245.88	244.19	2.15	1.80	243.73	242.39	2.70	3.41	12.31	405.73	1306.44	30	0.75	
18	10	6.680	59.55	244.19	242.15	1.90	1.20	242.29	240.95	2.25	3.43	10.24	455.46	1521.23	30	0.75	
10	25	7.510	52.66	242.15	241.15	1.20	1.20	240.95	239.95	1.90	1.90	11.69	419.00	1573.33	33	0.82	
20	21	0.440	41.28	249.89	249.40	1.20	1.20	248.69	248.20	1.19	1.19	12.33	371.54	81.74	12	0.28	
21	22	0.610	73.72	249.40	247.16	1.20	1.20	248.20	245.96	3.04	3.04	12.13	375.34	114.48	12	0.28	
22	23	0.990	96.00	247.16	244.51	1.20	1.20	245.96	243.31	2.76	2.76	14.23	339.38	167.99	12	0.28	
23	24	1.600	61.97	244.51	243.17	1.20	1.20	243.31	241.97	2.16	2.16	12.29	372.27	297.82	16	0.36	
24	25	1.820	69.07	243.17	241.15	1.20	1.20	241.97	239.95	2.92	2.92	11.73	383.32	348.82	16	0.36	
25	26	9.520	74.81	241.15	240.15	1.20	1.00	239.95	239.15	1.07	1.34	15.82	346.32	1648.46	36	0.90	
26	27	9.520	74.81	240.15	239.80	1.00	1.30	239.15	238.50	0.87	0.47	16.95	331.57	1578.27	36	0.90	
27	28	9.520	91.00	239.80	239.65	1.30	1.70	238.50	237.95	0.60	0.16	17.96	319.78	1522.15	39	0.97	
28	DS2	9.870	63.50	239.65	239.86	1.70	2.20	237.95	237.66	0.46	-0.33	18.20	317.06	1564.67	39	0.97	
TK	DS3	1.000	100.58	260.00	259.04	1.20	1.20	258.80	257.84	0.95	0.95	20.75	267.64	133.82	16	0.36	

		Verificación de Autolimpieza					Verificación de Autolimpieza					Parámetros generales			Cota Batea		Cota de Energía	
Pozo	Pozo	Qll	vlleno	q/Q	d/D	v/V	Vreal	V2/2g	d	R	τ	E	H	Fr	Cota	Cota	Cota ini.	Cota fin.
ini	fin	(l/s)	(m/s)	(-)	(-)	(-)	(m/s)	(m)	(m)	(m)	(N/m2)	(m)	(m)	(-)	(m)	(m)	(m)	(m)
7	8	199.88	3.16	0.43	0.49	0.75	2.36	0.28	0.14	0.07	17.30	0.42	0.11	2.23	243.87	242.00	244.29	242.42
8	9	310.89	3.02	0.51	0.56	0.83	2.50	0.32	0.20	0.10	15.77	0.52	0.17	1.94	241.91	240.67	242.43	241.19
9	DS1	320.88	2.00	0.62	0.65	0.93	1.87	0.18	0.29	0.13	6.91	0.47	0.25	1.19	240.57	240.33	241.04	240.80
1	2	200.26	3.16	0.16	0.28	0.49	1.54	0.12	0.08	0.05	11.17	0.20	0.06	2.00	257.33	256.21	257.52	256.40
2	3	206.79	3.26	0.40	0.47	0.72	2.35	0.28	0.13	0.07	17.93	0.41	0.11	2.28	256.21	255.75	256.62	256.16
3	4	218.19	3.44	0.41	0.48	0.73	2.51	0.32	0.14	0.07	20.18	0.46	0.11	2.41	255.75	252.04	256.20	252.49
4	5	430.99	4.19	0.54	0.58	0.85	3.56	0.65	0.21	0.10	30.92	0.86	0.17	2.73	251.95	247.85	252.81	248.71
5	6	630.50	3.93	0.73	0.73	1.03	4.06	0.84	0.33	0.14	27.81	1.17	0.29	2.40	247.25	245.54	248.42	246.71
6	16	645.00	2.32	0.53	0.57	0.84	1.95	0.19	0.34	0.16	7.97	0.53	0.28	1.17	245.42	244.98	245.95	245.51
11	12	217.49	3.43	0.15	0.27	0.48	1.65	0.14	0.08	0.04	12.98	0.22	0.06	2.15	257.01	253.50	257.22	253.71
12	13	220.02	3.47	0.55	0.59	0.86	2.99	0.45	0.17	0.08	23.23	0.62	0.14	2.56	253.50	251.38	254.12	252.00
13	14	391.29	3.80	0.67	0.69	0.98	3.72	0.71	0.25	0.11	27.51	0.96	0.22	2.56	251.29	250.06	252.25	251.02
14	15	365.24	3.55	0.74	0.74	1.04	3.70	0.70	0.27	0.11	24.48	0.96	0.24	2.43	250.06	248.38	251.02	249.34
15	16	685.34	4.27	0.57	0.61	0.88	3.76	0.72	0.27	0.13	30.54	1.00	0.23	2.52	248.28	246.00	249.28	247.00
16	17	2153.45	4.91	0.54	0.58	0.85	4.20	0.90	0.44	0.20	33.54	1.34	0.36	2.22	244.81	243.89	246.15	245.23
A	B	117.34	1.85	0.24	0.34	0.57	1.06	0.06	0.10	0.05	4.60	0.15	0.08	1.20	243.84	243.63	243.99	243.78
B	17	98.74	1.56	0.48	0.53	0.79	1.24	0.08	0.15	0.07	4.42	0.23	0.12	1.12	243.63	243.47	243.85	243.69
17	18	2737.02	6.25	0.48	0.53	0.79	4.96	1.25	0.40	0.19	51.43	1.65	0.33	2.77	242.94	241.60	244.59	243.25
18	10	2497.66	5.70	0.61	0.64	0.92	5.24	1.40	0.48	0.21	47.11	1.88	0.40	2.65	241.50	240.16	243.38	242.04
10	25	2971.69	5.58	0.53	0.57	0.84	4.71	1.13	0.47	0.22	41.58	1.60	0.39	2.41	240.09	239.09	241.69	240.69
20	21	137.60	2.17	0.59	0.63	0.90	1.97	0.20	0.18	0.08	9.37	0.37	0.15	1.62	248.38	247.89	248.75	248.26
21	22	220.16	3.48	0.52	0.57	0.83	2.90	0.43	0.16	0.08	22.79	0.59	0.13	2.55	247.89	245.65	248.47	246.23
22	23	209.84	3.31	0.80	0.79	1.10	3.65	0.68	0.22	0.09	23.38	0.90	0.20	2.59	245.65	243.00	246.55	243.90
23	24	354.73	3.45	0.84	0.82	1.14	3.93	0.79	0.30	0.11	23.36	1.08	0.26	2.47	242.91	241.57	243.99	242.65
24	25	412.55	4.01	0.85	0.83	1.15	4.59	1.07	0.30	0.11	31.59	1.37	0.26	2.89	241.57	239.55	242.94	240.92
25	26	2821.72	4.45	0.58	0.62	0.90	3.98	0.81	0.55	0.25	26.55	1.36	0.47	1.86	239.00	238.20	240.36	239.56
26	27	2543.47	4.01	0.62	0.65	0.93	3.73	0.71	0.58	0.26	22.03	1.29	0.49	1.69	238.20	237.55	239.49	238.84
27	28	2633.50	3.53	0.58	0.61	0.89	3.14	0.50	0.60	0.27	16.21	1.10	0.50	1.42	237.48	236.93	238.57	238.02
28	DS2	2289.21	3.07	0.68	0.70	0.99	3.04	0.47	0.68	0.29	12.92	1.15	0.59	1.26	236.93	236.64	238.07	237.78
TK	DS3	235.68	2.29	0.57	0.60	0.88	2.01	0.21	0.22	0.10	9.44	0.43	0.18	1.51	258.40	257.44	258.83	257.87

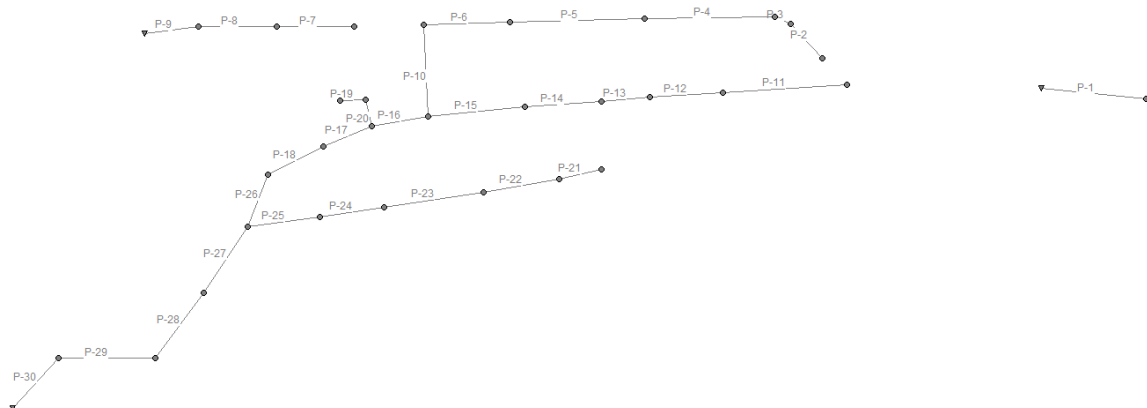
10.8. VERIFICACION DE DISEÑO HIDRAULICO PLUVIAL – SOFTWARE EPA SWMM

Modelación hidráulica en un software gratuito EPA SWMM versión 5.2.

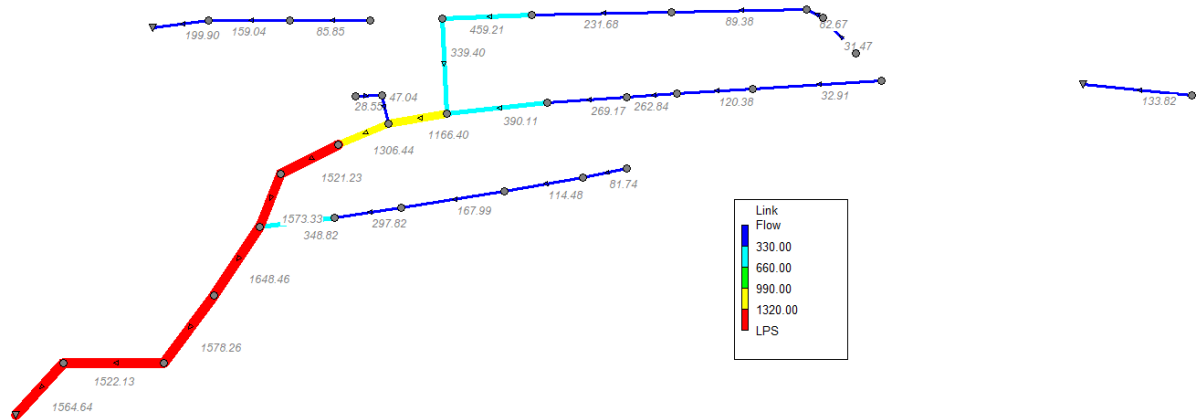
Identificación de pozos proyectados



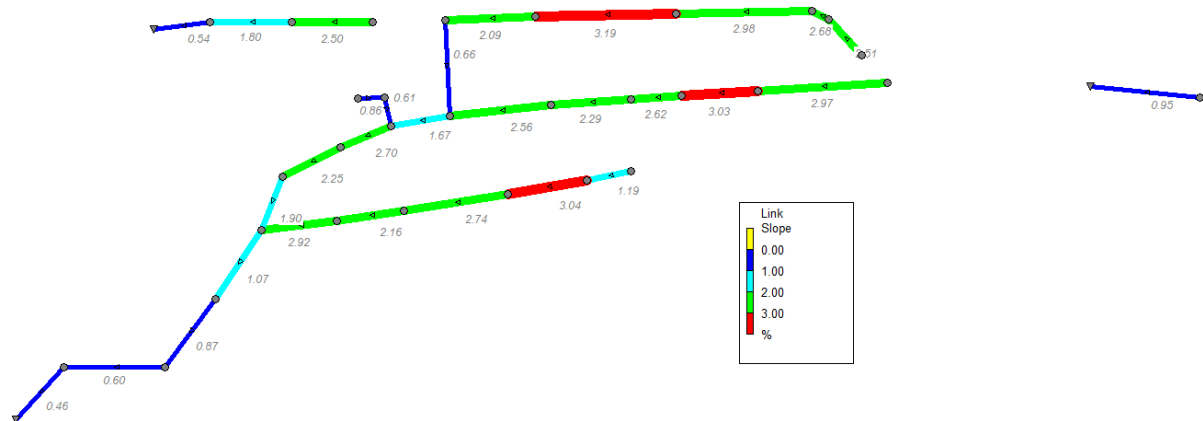
Identificación de colectores proyectados – Tuberías



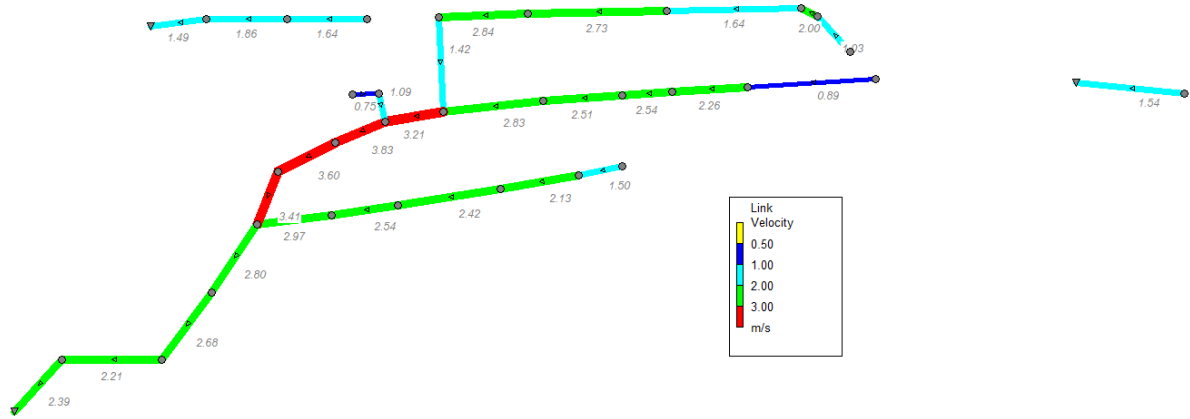
Caudal en cada colector



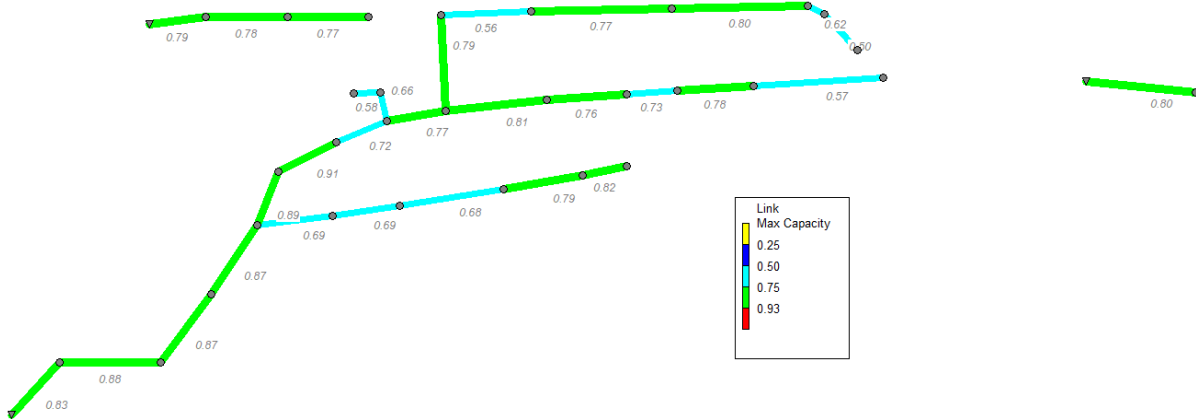
Pendientes de Colectores



Velocidades de Flujo

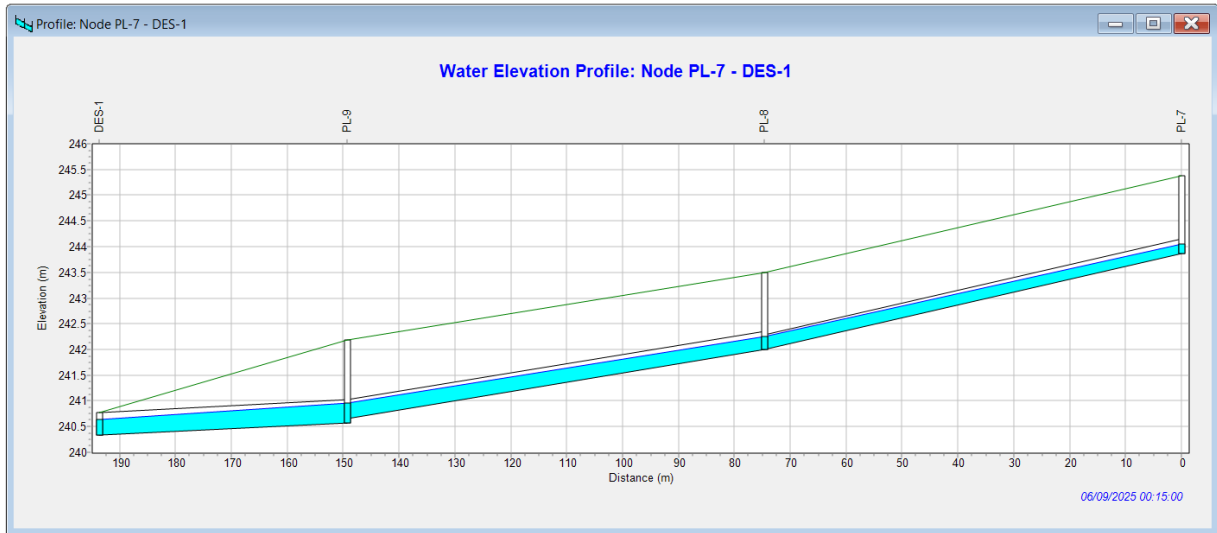


Capacidad hidráulica de Tuberías

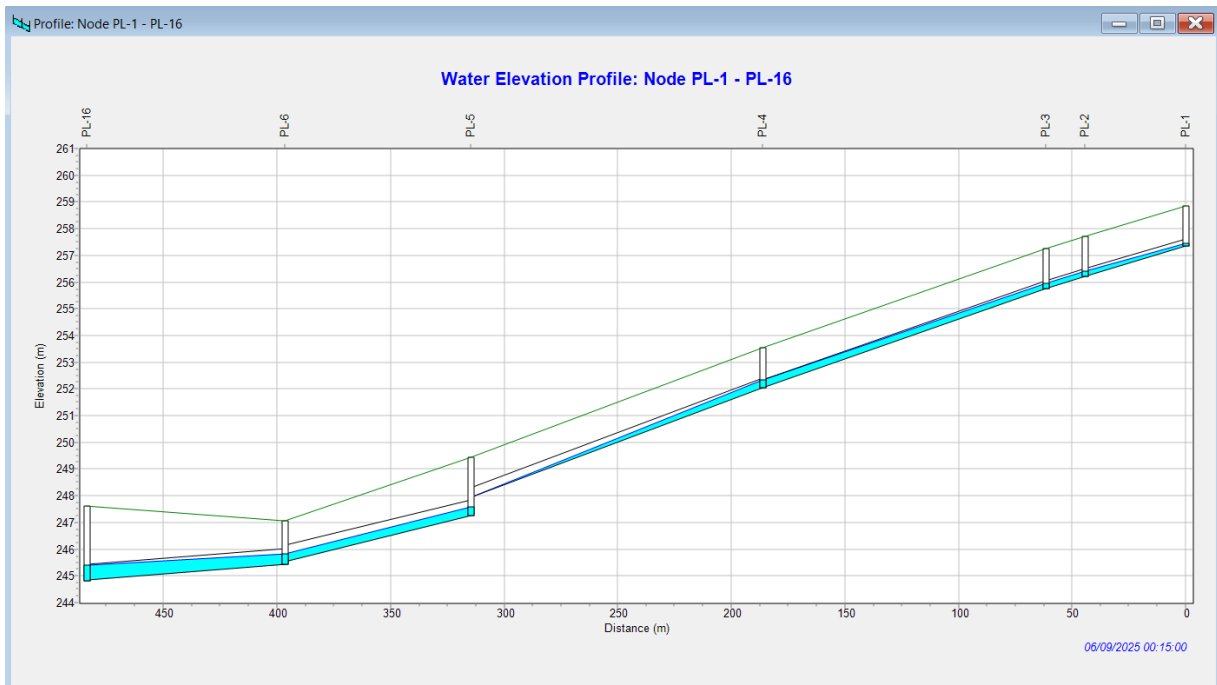


PERFILES DE FLUJO COLECTORES

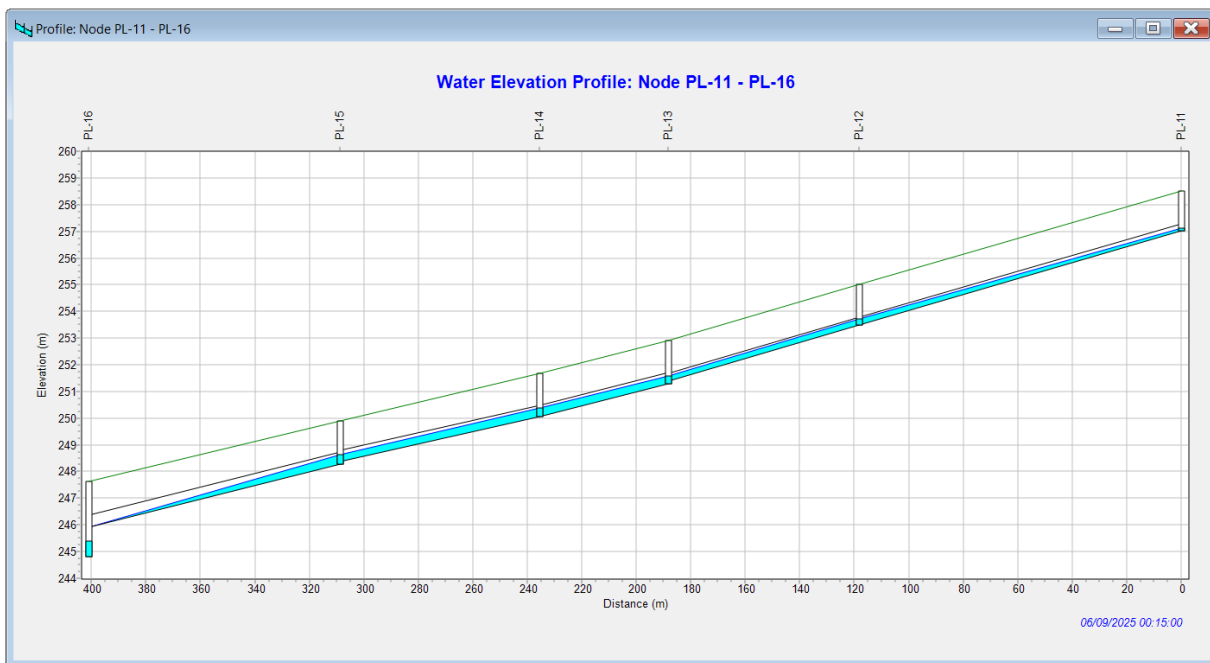
De pozo 7 a descole 1



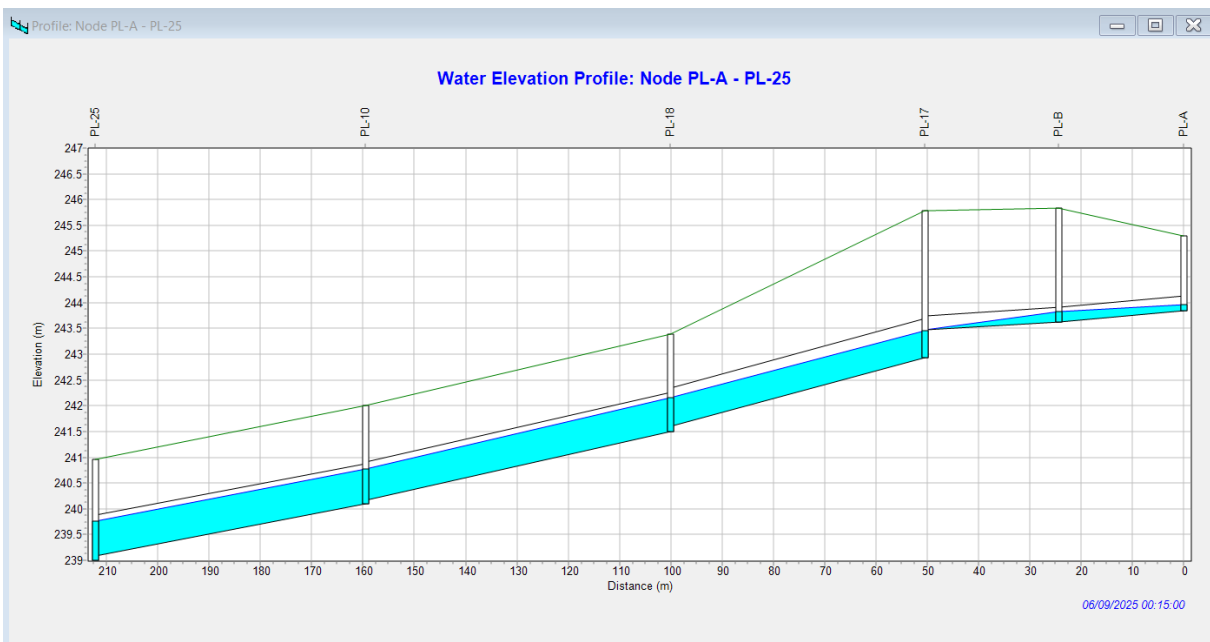
De pozo 1 a pozo 16



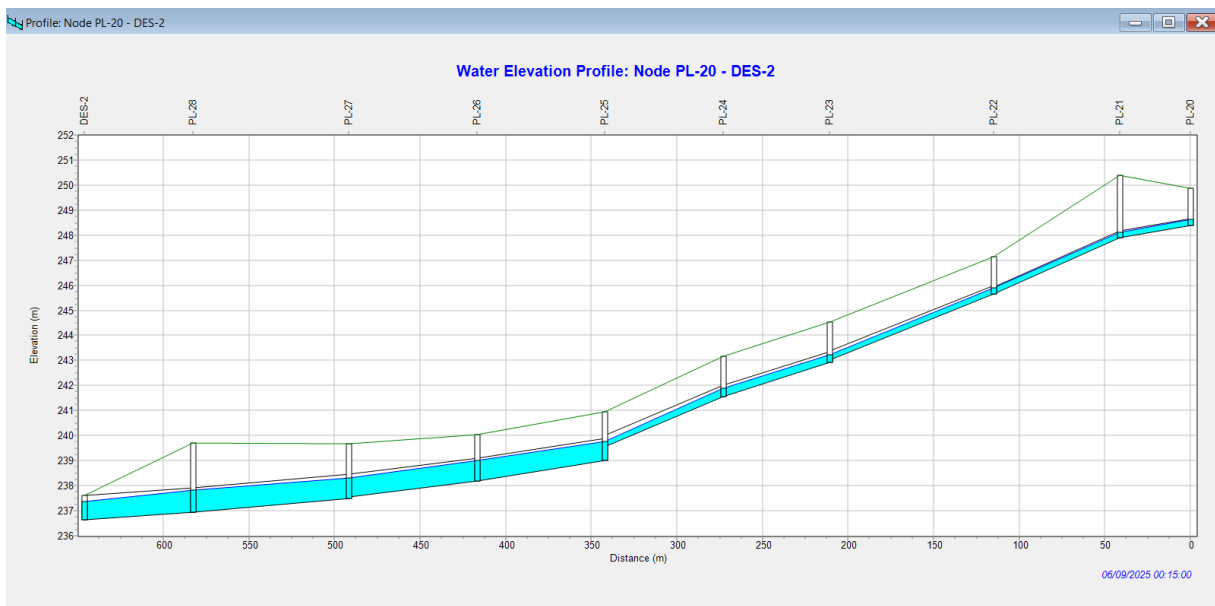
Del pozo 11 al pozo 17



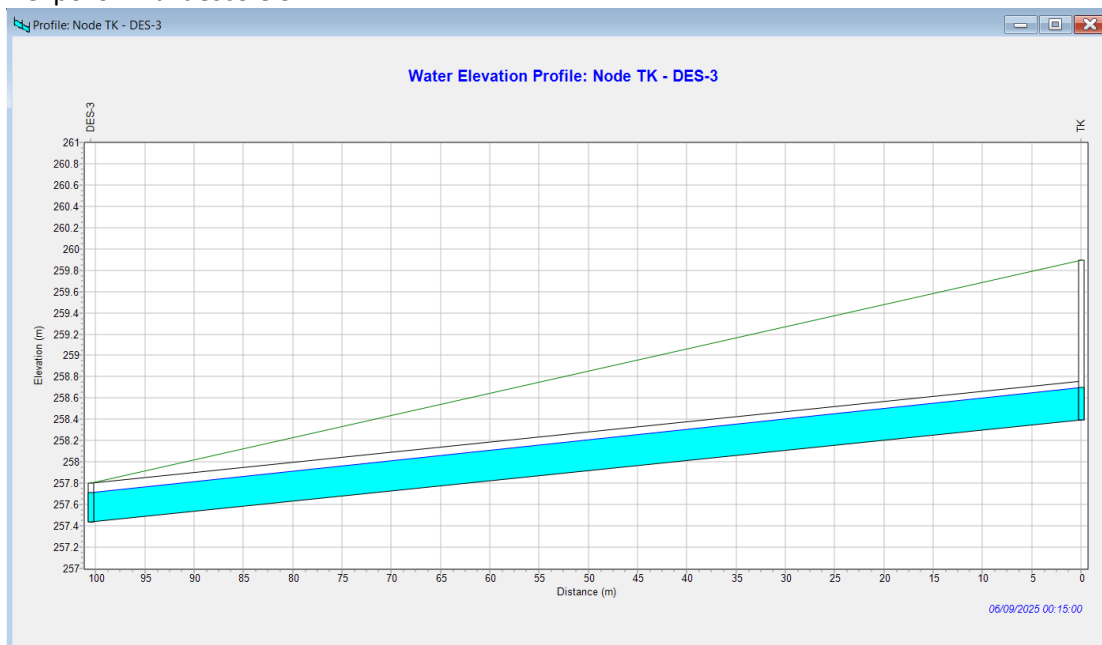
Del pozo A al pozo 25



Del pozo 20 al D2



Del pozo TK al descole 3



Datos de salida Modelo Hidráulico

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.2 (Build 5.2.4)

Analysis Options

Flow Units LPS

Process Models:

Rainfall/Runoff NO

RDII NO

Snowmelt NO

Groundwater NO

Flow Routing YES

Ponding Allowed NO

Water Quality NO

Flow Routing Method DYNWAVE

Surcharge Method EXTRAN

Starting Date 06/09/2025 00:00:00

Ending Date 06/09/2025 06:00:00

Antecedent Dry Days 0.0

Report Time Step 00:15:00

Routing Time Step 20.00 sec

Variable Time Step YES

Maximum Trials 8

Number of Threads 1

Head Tolerance 0.001524 m

Flow Routing Continuity

	Volume hectare-m	Volume 10 ⁶ ltr
	-----	-----
Dry Weather Inflow	0.000	0.000
Wet Weather Inflow	0.000	0.000
Groundwater Inflow	0.000	0.000
RDII Inflow	0.000	0.000
External Inflow	5.655	56.551
External Outflow	5.617	56.175
Flooding Loss	0.000	0.000
Evaporation Loss	0.000	0.000
Exfiltration Loss	0.000	0.000
Initial Stored Volume	0.000	0.000
Final Stored Volume	0.042	0.420
Continuity Error (%)	-0.078	

Time-Step Critical Elements

Link P-3 (99.93%)

Highest Flow Instability Indexes

All links are stable.

Most Frequent Nonconverging Nodes

Node DES-3 (0.11%)

Node DES-1 (0.11%)

Node DES-2 (0.11%)

Node PL-8 (0.06%)

Node PL-9 (0.06%)

Routing Time Step Summary

Minimum Time Step : 2.17 sec
Average Time Step : 4.01 sec
Maximum Time Step : 5.46 sec
% of Time in Steady State : 0.00
Average Iterations per Step : 2.02
% of Steps Not Converging : 0.11
Time Step Frequencies :
20.000 - 9.564 sec : 0.00 %
9.564 - 4.573 sec : 0.06 %
4.573 - 2.187 sec : 99.93 %
2.187 - 1.046 sec : 0.02 %
1.046 - 0.500 sec : 0.00 %

Node Depth Summary

Node	Type	Average Depth Meters	Maximum Depth Meters	Maximum HGL Meters	Time of Max Occurrence days hr:min	Reported Max Depth Meters
TK	JUNCTION	0.30	0.30	258.70	0 00:16	0.30
PL-1	JUNCTION	0.10	0.10	257.44	0 00:06	0.10
PL-2	JUNCTION	0.17	0.18	256.40	0 00:00	0.17
PL-3	JUNCTION	0.18	0.18	255.94	0 00:51	0.18
PL-4	JUNCTION	0.28	0.28	252.33	0 00:35	0.28
PL-5	JUNCTION	0.33	0.33	247.58	0 01:30	0.33
PL-6	JUNCTION	0.40	0.40	245.82	0 00:29	0.40
PL-7	JUNCTION	0.18	0.18	244.05	0 00:01	0.18
PL-8	JUNCTION	0.26	0.26	242.26	0 00:22	0.26
PL-9	JUNCTION	0.39	0.39	240.96	0 00:26	0.39
PL-10	JUNCTION	0.68	0.68	240.77	0 04:17	0.68
PL-11	JUNCTION	0.10	0.10	257.11	0 00:15	0.10
PL-12	JUNCTION	0.22	0.22	253.72	0 00:43	0.22
PL-13	JUNCTION	0.29	0.29	251.58	0 03:49	0.29
PL-14	JUNCTION	0.31	0.31	250.37	0 01:03	0.31
PL-15	JUNCTION	0.36	0.36	248.64	0 01:13	0.36
PL-16	JUNCTION	0.57	0.57	245.38	0 01:13	0.57
PL-17	JUNCTION	0.52	0.52	243.46	0 01:43	0.52
PL-18	JUNCTION	0.66	0.66	242.16	0 02:17	0.66
PL-B	JUNCTION	0.20	0.20	243.83	0 01:08	0.20
PL-A	JUNCTION	0.13	0.14	243.98	0 00:00	0.13
PL-20	JUNCTION	0.24	0.27	248.65	0 00:00	0.24
PL-21	JUNCTION	0.21	0.22	248.11	0 00:01	0.21
PL-22	JUNCTION	0.24	0.24	245.89	0 00:29	0.24
PL-23	JUNCTION	0.31	0.31	243.22	0 00:30	0.31
PL-24	JUNCTION	0.31	0.31	241.88	0 00:22	0.31
PL-25	JUNCTION	0.76	0.76	239.76	0 05:56	0.76
PL-26	JUNCTION	0.80	0.81	239.01	0 02:59	0.81
PL-27	JUNCTION	0.83	0.83	238.31	0 04:27	0.83
PL-28	JUNCTION	0.87	0.88	237.81	0 05:48	0.88
DES-3	OUTFALL	0.27	0.27	257.71	0 00:18	0.27
DES-1	OUTFALL	0.31	0.31	240.64	0 00:21	0.31
DES-2	OUTFALL	0.72	0.73	237.37	0 05:38	0.73

Node Inflow Summary

Flow Balance Error Node Percent	Type	Maximum	Maximum	Time of Max		Lateral	Total
		Lateral	Total			Inflow	Inflow
		Inflow	Inflow	Occurrence		Volume	Volume
		LPS	LPS	days hr:min		10^6 ltr	10^6 ltr

TK	JUNCTION	133.82	133.82	0 00:00		2.89	2.89
0.165							
PL-1	JUNCTION	31.47	31.47	0 00:00		0.68	0.68
0.075							
PL-2	JUNCTION	51.20	82.67	0 00:03		1.11	1.79
0.074							
PL-3	JUNCTION	6.71	91.62	0 00:01		0.145	1.93
0.162							
PL-4	JUNCTION	142.30	231.68	0 00:11		3.07	5
0.304							
PL-5	JUNCTION	227.53	459.21	0 01:30		4.91	9.9
0.137							
PL-6	JUNCTION	-119.81	459.21	0 01:35		-2.59	9.89
0.070							
PL-7	JUNCTION	85.85	85.85	0 00:00		1.85	1.85
0.151							
PL-8	JUNCTION	73.19	159.14	0 00:01		1.58	3.43
0.186							
PL-9	JUNCTION	40.86	199.90	0 00:21		0.883	4.31
0.095							
PL-10	JUNCTION	52.10	1573.33	0 01:05		1.13	33.8
0.069							
PL-11	JUNCTION	32.91	32.91	0 00:00		0.711	0.711
0.181							
PL-12	JUNCTION	87.47	120.38	0 00:12		1.89	2.6
0.215							
PL-13	JUNCTION	142.46	262.84	0 00:42		3.08	5.67
0.055							
PL-14	JUNCTION	6.33	269.17	0 02:33		0.137	5.8
0.184							
PL-15	JUNCTION	120.94	390.11	0 00:48		2.61	8.41
0.154							
PL-16	JUNCTION	436.89	1166.40	0 02:14		9.44	25.1
0.129							
PL-17	JUNCTION	93.00	1306.44	0 01:04		2.01	28.1
0.056							
PL-18	JUNCTION	214.79	1521.23	0 00:26		4.64	32.7
0.080							
PL-B	JUNCTION	18.49	49.30	0 00:00		0.399	1.02
0.184							
PL-A	JUNCTION	28.55	28.55	0 00:00		0.617	0.617
0.059							
PL-20	JUNCTION	81.74	81.74	0 00:00		1.77	1.77
0.071							
PL-21	JUNCTION	32.74	117.66	0 00:00		0.707	2.47
0.122							
PL-22	JUNCTION	53.51	170.73	0 00:01		1.16	3.62
0.212							
PL-23	JUNCTION	129.83	297.82	0 00:22		2.8	6.42
0.067							
PL-24	JUNCTION	51.00	348.82	0 00:22		1.1	7.52
0.161							
PL-25	JUNCTION	-273.69	1922.15	0 00:49		-5.91	41.3
0.028							

PL-26	JUNCTION	-70.19	1648.46	0	03:18	-1.52	35.4
0.179							
PL-27	JUNCTION	-56.12	1578.27	0	03:18	-1.21	33.8
0.076							
PL-28	JUNCTION	42.52	1564.67	0	02:14	0.918	33.5
0.164							
DES-3	OUTFALL	0.00	133.82	0	00:18	0	2.89
0.000							
DES-1	OUTFALL	199.90	399.80	0	00:21	4.32	8.62
0.000							
DES-2	OUTFALL	0.00	1564.67	0	05:38	0	33.4
0.000							

 Outfall Loading Summary

Outfall Node	Flow Freq Pcnt	Avg Flow LPS	Max Flow LPS	Total Volume 10^6 ltr
DES-3	100.00	133.60	133.82	2.886
DES-1	100.00	399.18	399.80	8.622
DES-2	100.00	1547.94	1564.67	33.439
System	100.00	2080.72	2098.29	44.947

 Link Flow Summary

Link	Type	Maximum Flow LPS	Time of Max Occurrence days hr:min	Maximum Veloc m/sec	Max/ Full Flow	Max/ Full Depth
P-1	CONDUIT	133.82	0 00:18	1.54	1.01	0.80
P-10	CONDUIT	339.40	0 00:30	1.42	0.78	0.79
P-11	CONDUIT	32.91	0 00:12	0.96	0.26	0.57
P-12	CONDUIT	120.38	0 00:42	2.26	0.95	0.78
P-13	CONDUIT	262.84	0 02:33	3.01	0.84	0.73
P-14	CONDUIT	269.17	0 00:48	2.51	0.92	0.76
P-15	CONDUIT	390.11	0 01:38	2.83	0.99	0.81
P-16	CONDUIT	1166.40	0 01:04	3.21	0.93	0.77
P-17	CONDUIT	1306.44	0 00:26	3.92	0.82	0.72
P-18	CONDUIT	1521.23	0 01:05	3.72	1.05	0.91
P-19	CONDUIT	30.81	0 00:00	1.12	0.46	0.58
P-2	CONDUIT	31.47	0 00:03	1.03	0.27	0.50
P-20	CONDUIT	47.04	0 00:24	1.09	0.86	0.66
P-21	CONDUIT	84.92	0 00:00	1.62	1.08	0.82
P-22	CONDUIT	117.22	0 00:01	2.37	0.93	0.79
P-23	CONDUIT	167.99	0 00:22	2.42	0.80	0.68
P-24	CONDUIT	297.82	0 00:22	2.55	0.82	0.69
P-25	CONDUIT	348.82	0 00:19	2.97	0.83	0.69
P-26	CONDUIT	1573.33	0 00:39	3.54	1.03	0.89
P-27	CONDUIT	1648.46	0 03:18	3.42	1.02	0.87
P-28	CONDUIT	1578.27	0 03:18	2.71	1.08	0.87
P-29	CONDUIT	1522.15	0 02:14	2.31	1.02	0.88
P-3	CONDUIT	84.91	0 00:01	2.49	0.72	0.62
P-30	CONDUIT	1564.67	0 05:38	2.39	1.21	0.83
P-4	CONDUIT	89.38	0 00:11	1.89	0.71	0.80
P-5	CONDUIT	231.68	0 01:30	2.73	0.94	0.77
P-6	CONDUIT	459.21	0 01:35	2.84	0.60	0.56
P-7	CONDUIT	85.95	0 00:01	1.89	0.75	0.77
P-8	CONDUIT	159.04	0 00:21	1.96	0.87	0.78
P-9	CONDUIT	199.90	0 00:21	1.49	1.10	0.79

Flow Classification Summary

Conduit	Adjusted /Actual Length	Fraction of Time in Flow Class								
		Dry	Up Dry	Down Dry	Sub Crit	Sup Crit	Up Crit	Down Crit	Norm Ltd	Inlet Ctrl
P-1	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P-10	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
P-11	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
P-12	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
P-13	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.99	0.00
P-14	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
P-15	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
P-16	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
P-17	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.01	0.99	0.00
P-18	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
P-19	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
P-2	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00
P-20	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
P-21	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P-22	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.99	0.00
P-23	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
P-24	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.99	0.00
P-25	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
P-26	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
P-27	1.00	0.00	0.00	0.00	0.99	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
P-28	1.00	0.00	0.00	0.00	0.98	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
P-29	1.00	0.00	0.01	0.00	0.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P-3	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.99	0.00
P-30	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
P-4	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00
P-5	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
P-6	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
P-7	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00
P-8	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.99	0.00
P-9	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00


Conduit Surcharge Summary

Conduit	Hours Full			Hours	
	Both Ends	Upstream	Dnstream	Above Full Normal Flow	Capacity Limited
P-1	0.01	0.01	0.01	5.97	0.01
P-18	0.01	0.01	0.01	5.94	0.01
P-21	0.01	0.01	0.01	5.99	0.01
P-26	0.01	0.01	0.01	5.93	0.01
P-27	0.01	0.01	0.01	5.91	0.01
P-28	0.01	0.01	0.01	5.93	0.01
P-29	0.01	0.01	0.01	5.90	0.01
P-30	0.01	0.01	0.01	5.93	0.01
P-9	0.01	0.01	0.01	5.97	0.01

Analysis begun on: Tue Sep 16 10:47:41 2025
Analysis ended on: Tue Sep 16 10:47:41 2025
Total elapsed time: < 1 sec

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La tasa de crecimiento utilizada para la proyección de población es del 0.5%
- La población futura es de 1122 habitantes un periodo de retorno de 25 años, partiendo desde el año 2025 y como año final 2050.
- El caudal de diseño total del sistema antes de ser vertido en la PTAR es de 8.80 l/s, el caudal seleccionado para el diseño de la PTAR es de 5.08 l/s.
- Debido a la profundidad del tubo de llegada a la PTAR, es necesario que posterior al pretratamiento se realice un bombeo hasta los tanques séptico.
- De acuerdo con el PSMV, la alternativa de tratamiento de las aguas residuales esta compuesta por, pretratamiento, desarenador, tanque séptico, sedimentador primario y Filtro Anaerobio, adicionalmente se incluyo estructura para cloración del agua tratada.
- De acuerdo con el balance de cargas, el porcentaje de eficiencia de remoción es del 80%.
- Se propone 4 líneas de tratamiento después del bombeo de aguas residuales.
- La longitud de redes de alcantarillado sanitario es de 2936 m, con diámetro de tubería de 8" en material PVC.
- La longitud de redes de alcantarillado pluvial sin contar la conexión de los sumideros es de 2098 m, los diámetros varían desde 12" hasta 39" en el punto de descole principal.
- Debido al relieve del sector del proyecto, se plantean 3 puntos de descarga de aguas lluvias.
- se realizó la modelación hidráulica de la red de alcantarillado pluvial en un software gratuito EPA SWWN versión 5.0., donde se pudo determinar el cumplimiento de los parámetros técnicos estipulados en la normatividad vigente.
- El sistema de alcantarilla sanitario contara con diámetros de 6" y 8", con una longitud total aproximada de 2689.21 metros y 56 pozos proyectados.



YEYSON JAVIER MEDINA NEIRA
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN AGUAS
M.P 25202-175933 CND