

Maestría en Ingeniería Civil

Evaluación y comparación de un diseño de un sistema de alcantarillado pluvial convencional y un sistema de drenaje mediante tecnología SUDS, para el sector de Mochuelo Bajo en la localidad de ciudad Bolívar en Bogotá D.C.

Laura Rocío Bucheli Campos

Ana Gabriela Rodríguez Romero

Bogotá D.C., 13 de diciembre 2022

Evaluación y comparación de un diseño de un sistema de alcantarillado pluvial convencional y un sistema de drenaje mediante tecnología SUDS, para el sector de Mochuelo Bajo en la localidad de ciudad Bolívar en Bogotá D.C.

Trabajo de grado para optar al título de Magíster en Ingeniería civil, con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente

Germán Eduardo Acero Riveros

Director

Bogotá D.C., 13 de diciembre 2022

El Trabajo de grado de maestría titulada “Evaluación y comparación de un diseño de un sistema de alcantarillado pluvial convencional y un sistema de drenaje mediante tecnología SUDS, para el sector de Mochuelo Bajo en la localidad de ciudad Bolívar en Bogotá D.C.”, presentada por Laura Roció Bucheli Campos y Ana Gabriela Rodríguez Romero, cumple con los requisitos establecidos para optar al título de Magíster en Ingeniería Civil con énfasis en Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente.

Director de la tesis
Germán Eduardo Acero Riveros

Germán Ricardo Santos Granados
Jurado 1

Manuel Contreras Martinez
Jurado 2

Bogotá D.C., 13 12 2022

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

A nuestro director de tesis, German Eduardo Acero Riveros por su apoyo, acompañamiento, dedicación y confianza en el desarrollo del presente trabajo de grado.

A los profesores de la Escuela Colombiana de Ingeniería que durante el transcurso de la maestría aportaron conocimiento y experiencias que lograron ser aplicados en este documento.

A el ingeniero José Carlos Vergara Mendoza y la ingeniera Sandra Jannette Forero Simijaca y en general a INALTER S.A.S. por el suministro de la información base para el desarrollo de la presente investigación.

De Laura Rocio a:

A mis padres Rocio y Juan Fernando y a mi hermana Ana Maria por acompañarme y apoyarme en este proceso.

A mi novio Raúl por aguantar mis días de estrés y por apoyarme y aconsejarme tanto personalmente como profesionalmente durante la realización de este proyecto.

Finalmente a Abby, Milú y más recientemente a Quesito, que siempre están presentes.

De Ana Gabriela a:

Mis padres Lucia y Gabriel que me acompañaron y animaron en todo este proceso.

Mi hermana Cindy y mi cuñado Andres que me guían y aconsejan.

Mi novio Sergio Andres que me ha apoyado, guiado y aconsejado en los procesos personales y profesionales para el desarrollo de la maestría y el presente documento.

Ginger y Martín que están siempre presentes.

ABSTRACT

Due to the exponential growth of cities and the increase of non-permeable hard areas and runoff volumes, accompanied by climate change, it is important to implement systems that mitigate the problems associated with the poor performance of conventional storm sewers when extreme events occur.

This leads to the implementation of non-conventional alternative systems that, through nature-based solutions, mitigate and delay storm peaks, thus avoiding the collapse of sewerage networks. Similarly, it has been proven in other implementation cases that the application of Sustainable Urban Drainage Systems not only leads to a technical benefit, but also, since most of them are accompanied by the implementation of green areas and urban renewal, there is an improvement in the conductivity of fauna species, an increase in vegetation cover and an improvement in the quality of life of the benefited population.

The sector of Mochuelo Bajo in the locality of Ciudad Bolivar, in the city of Bogota, is taken as a case study, based on the Consulting Contract No. Uaesp-752-2020, whose purpose is "Preparation of detailed studies and designs to complete 100% of the sanitary and storm sewerage networks of Mochuelo Alto and Mochuelo Bajo and the optimization of the wastewater plant of both sectors, in the locality of Ciudad Bolivar".

This study seeks to solve the problem of rainwater management in the sector of Mochuelo Bajo, which currently generates flooding and damming of both rainwater and wastewater in different sectors of the area, designing a conventional storm sewer system and a system where SUDS are implemented.

Based on the designs, a technical, economic, environmental and operational comparison of the systems was made in order to identify which one is more adequate for the study area, taking into account that both designs provide a solution to the problem.

The results showed that the implementation of SUDS typologies are technically, environmentally and socially more effective than the implementation of a purely conventional sewerage system; however, their implementation is limited to the availability of areas, urban planning and economic resources, so that, for the specific case of study, where urban development has been carried out informally and there is no adequate urban planning, this is not the most efficient option.

The implementation of SUDS implies an evaluation of specific initial conditions for their use, so that, under ideal urban development conditions, it is advisable to evaluate the applicability of this type of system, since it offers important benefits in environmental and social factors.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	OBJETIVOS.....	2
2.1	OBJETIVO GENERAL.....	2
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	2
3	ESTADO DEL ARTE	2
4	MARCO TEÓRICO.....	4
4.1	Alcantarillado pluvial (NS-085).....	4
4.1.1	Periodo de retorno	4
4.1.2	Caudal De Diseño	4
4.1.3	Diámetro Mínimo.....	5
4.1.4	Capacidad Hidráulica	5
4.1.5	Coeficiente de Rugosidad de Manning	6
4.1.6	Velocidad Máxima.....	6
4.1.7	Velocidad Mínima.....	6
4.1.8	Fuerza Tractiva.....	7
4.1.9	Régimen de Flujo.....	7
4.1.10	Empates por línea de Energía.....	9
4.1.11	Profundidad Mínima a Cota Clave para Redes	12
4.1.12	Profundidad Máxima a Cota Clave para Redes	13
4.1.13	Diámetro Interno de las Estructuras de Conexión	13
4.1.14	Distancia Máxima entre Estructuras de Conexión o Inspección	13
4.2	Sumideros (NS-047).....	14
4.2.1	Criterios de Localización de Sumideros.....	14
4.2.2	Tipo de Sumideros.....	15
4.2.3	Diseño De Sumideros	16
4.3	SUDS (ns-166).....	20
4.3.1	Aspectos de construcción.....	20
4.3.2	Tipologías.....	20
5	ANTECEDENTES	26
6	ZONA DE ESTUDIO.....	30
7	CLIMATOLOGÍA DEL AREA DE ESTUDIO.....	32
7.1	Análisis información climatológica.....	34

8	CONTEXTO GEOGRÁFICO Y SOCIAL DEL AREA DE ESTUDIO	39
8.1	Dimensión Social	39
8.2	Servicios Públicos.....	39
8.2.1	Acueducto.....	39
8.2.2	Alcantarillado	39
8.2.3	Recolección De Basuras	40
8.3	Relleno Sanitario Doña Juana.....	40
8.4	Componente Cultural	41
8.4.1	Recreación.....	41
9	EVALUACION DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE.....	41
9.1	Pozos de alcantarillado	42
9.1.1	Detección de pozos no exitosos en la red de drenaje	42
9.1.2	Profundidad de los pozos de alcantarillado.....	45
9.1.3	Material de los pozos de alcantarillado	46
9.2	Sumideros	46
9.3	Redes de alcantarillado.....	47
9.3.1	Longitudes en la red de alcantarillado sanitario	47
9.3.2	Pendientes en la red de alcantarillado sanitario	48
9.4	Evaluación física del sistema de alcantarillado	49
10	APORTES PLUVIALES	51
10.1	Generalidades	51
10.1.1	Características morfométricas	51
10.1.2	Coefficiente de escorrentía.....	55
10.1.3	Caudales máximos instantáneos	55
10.2	Redes existentes	55
10.3	Alternativa No. 1 – Diseño de alcantarillado pluvial convencional	69
10.3.1	Cálculo de Aportes Pluviales	69
10.4	Alternativa No. 2 – Diseño de alcantarillado pluvial implementando SUDS	82
10.4.1	SUDS	82
10.4.2	Alcantarillado complementario.....	84
11	EVALUACIÓN HIDRÁULICA ALCANTARILLADO PLUVIAL	87
11.1	Redes existentes	87
11.1.1	Capacidad Hidráulica	96
11.1.2	Velocidades Máximas y Mínimas.....	97

11.1.3	Fuerzas Tractivas Míminas	98
11.1.4	Régimen de Flujo.....	99
11.2	Alternativa No. 1 – Diseño de alcantarillado pluvial convencional	100
11.2.1	Descripción General.....	105
11.2.2	Componentes del sistema	109
11.2.3	Capacidad Hidráulica	133
11.2.4	Velocidades Máximas y Míminas.....	134
11.2.5	Fuerzas Tractivas Míminas	135
11.2.6	Régimen de Flujo.....	136
11.3	Alternativa No. 2 – Diseño de alcantarillado pluvia implementando SUDS.....	137
11.3.1	Preselección de tipologías y trenes de tratamiento	137
11.3.2	Análisis de implementación de las diferentes tipologías.....	143
11.3.3	Selección del tren de tratamiento	146
11.3.4	Análisis hidrológico y dimensionamiento de tipologías	149
11.3.5	Disposición de las tipologías en el sector del Mochuelo Bajo.....	159
11.3.6	Diseño de alcantarillado complementario	160
12	EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LOS CUERPOS DE AGUA RECEPTORES, EN CONDICIÓN ACTUAL Y CON LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS.....	170
12.1	Condición natural.....	170
12.2	Condición alternativa no. 1: alcantarillado pluvial convencional	175
12.3	Condición alternativa no. 2: SUDS	175
12.4	Comparación y análisis de resultados	176
13	MATRIZ MULTICRITERIO.....	176
13.1	Evaluación técnica.....	177
13.1.1	Criterios de Evaluación	177
13.1.2	Metodología de Evaluación	177
13.1.3	Resultados.....	192
13.2	Evaluación ambiental y social	192
13.2.1	Cambio en la magnitud de las crecientes en las descargas	192
13.2.2	Eficiencia en la remoción de contaminantes	192
13.2.3	Matriz de evaluación de impacto ambiental	197
13.2.4	Resultados evaluación ambiental y social.....	200
13.3	Evaluación económica	200
13.3.1	Cantidades de obra.....	200

13.3.2	Presupuesto.....	202
13.4	Evaluación operativa y de mantenimiento	203
13.4.1	Criterios de Evaluación	203
13.4.2	Resultados.....	208
13.5	Calificación total.....	208
14	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	209
15	Bibliografía	210

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Periodos de retorno mínimos según el grado de protección del sistema.....	4
Tabla 2 - Diámetro Mínimo.....	5
Tabla 3 - Valores de Coeficiente de Rugosidad de Manning.....	6
Tabla 4 - Velocidad Máxima.....	6
Tabla 5 - Velocidad Mínima.....	7
Tabla 6 - Estados de Flujo.....	8
Tabla 7 - Regímenes de Flujo.....	8
Tabla 8 - Perfiles Hidráulicos.....	10
Tabla 9 - Valores del Coeficiente Kc.....	12
Tabla 10 - Profundidad Mínima a Colectores.....	13
Tabla 11 - Profundidad Máxima a Colectores.....	13
Tabla 12 - Diámetro Interno Mínimo de las Estructuras de Conexión.....	13
Tabla 13 - Distancia Máxima entre Estructuras de Conexión.....	14
Tabla 14 - Ancho de Inundación Admisible según Clasificación de la vía.....	17
Tabla 15. Restricciones de implementación de alcorques inundables.....	20
Tabla 16. Restricciones de distancias para localización de pondajes húmedos.....	22
Tabla 17. Restricciones de implementación cuneta verde.....	23
Tabla 18. Restricciones del sitio para la implementación de tanques de almacenamiento.....	24
Tabla 19. Características de las variables de diseño de los pavimentos porosos.....	25
Tabla 20. Tasas estimadas de remoción de contaminantes para filtros.....	25
Tabla 21. Restricciones de implementación de zonas de bio-retención.....	26
Tabla 22. Estaciones climatológicas en el área de estudio.....	33
Tabla 23. Datos estación pluviográfica Quiba.....	37
Tabla 24. Curvas I-D-F Estación Quiba.....	38
Tabla 25. Georreferenciación pozos de inspección no exitosos Mochuelo Bajo.....	43
Tabla 26. Profundidades pozos de inspección Mochuelo Bajo.....	45
Tabla 27. Material pozos de inspección Mochuelo Bajo.....	46
Tabla 28. Longitudes Redes de Alcantarillado Mochuelo Bajo.....	47
Tabla 29. Pendientes Redes de Alcantarillado Mochuelo Bajo.....	48
Tabla 30 Características morfométricas áreas aferentes a la red de alcantarillado existente.....	57
Tabla 31 Coeficiente de esorrentía C de áreas aferentes a la red de alcantarillado existente.....	62
Tabla 32 Caudales Máximos instantáneos red de alcantarillado existente.....	66

Tabla 33 Características morfométricas áreas aferentes a la red de alcantarillado pluvial Alternativa No. 1.....	71
Tabla 34 Coeficiente de escorrentía C de áreas aferentes a la red de alcantarillado Alternativa No. 1.....	76
Tabla 35 Caudales Máximos instantáneos red de alcantarillado pluvial Alternativa No. 1.....	79
Tabla 36 Caudales Máximos instantáneos red de alcantarillado pluvial Alternativa No. 2.....	84
Tabla 37 Resultados Evaluación Hidráulica Aportes Pluviales Mochuelo Bajo – Tr 5 Años.....	87
Tabla 38 Resultados Evaluación Hidráulica Aportes Pluviales Mochuelo Bajo – Tr 10 Años.....	92
Tabla 39 Capacidad Sistema de Alcantarillado Pluvial.....	96
Tabla 40 Velocidad Sistema de Alcantarillado Pluvial.....	97
Tabla 41 Fuerza Tractiva Sistema de Alcantarillado Pluvial.....	98
Tabla 42 Régimen de Flujo Sistema de Alcantarillado Pluvial.....	99
Tabla 43 Resultados Evaluación Hidráulica Diseño Aportes Pluviales Mochuelo Bajo – Tr 10 Años.....	100
Tabla 44 Dimensiones Rejillas.....	110
Tabla 45 Localización Sumideros Tipo Rejilla Lateral.....	114
Tabla 46 Localización Sumideros Tipo Rejilla Transversal.....	115
Tabla 47 Caudales Tramos Pluviales.....	119
Tabla 48 Pozos Pluviales Mochuelo Bajo.....	124
Tabla 49 Sumideros Mochuelo Bajo.....	125
Tabla 50 Características Físicas Tramos Pluviales Mochuelo Bajo.....	128
Tabla 51 Descargas Pluviales.....	133
Tabla 52 Capacidad Sistema de Alcantarillado Pluvial Diseño.....	133
Tabla 53 Velocidad Sistema de Alcantarillado Pluvial Diseño.....	134
Tabla 54 Fuerza Tractiva Sistema de Alcantarillado Pluvial Diseño.....	135
Tabla 55 Régimen de Flujo Sistema de Alcantarillado Pluvial Diseño.....	136
Tabla 56 Preselección de tipologías de SUDS de acuerdo con la selección de áreas potenciales.....	137
Tabla 57 Requerimientos de área mínima para la implementación de SUDS.....	138
Tabla 58 Preselección de tipologías de SUDS en el Sector el Mochuelo Bajo.....	142
Tabla 59. Matriz de evaluación de tipologías seleccionadas según eficiencia de remoción de contaminantes.....	146
Tabla 60. Matriz de evaluación de tipologías seleccionadas según eficiencia de control de volumen de escorrentía.....	147
Tabla 61. Matriz de evaluación de tipologías seleccionadas según contribución a la amenidad y conflictos de uso.....	147
Tabla 62. Matriz de evaluación de tipologías seleccionadas según frecuencia de mantenimiento.....	147

Tabla 63. Matriz de evaluación de tipologías seleccionadas según costos.....	148
Tabla 64. Pesos asignados para la selección de SUDS.....	148
Tabla 65. Matriz de selección de tipologías SUDS.....	148
Tabla 66 Áreas aferentes alcorques inundables	150
Tabla 67: Tipologías propuestas	150
Tabla 68: Dimensiones por tipo de Alcorque	151
Tabla 69: Volumen de calidad del agua alcorques inundables	152
Tabla 70 Áreas aferentes cunetas verdes.....	153
Tabla 71 Caudales de diseño y volúmenes de calidad cunetas verdes	153
Tabla 72 Cunetas verdes	155
Tabla 73 Áreas aferentes tanques de almacenamiento	155
Tabla 74 Valor de precipitación y escorrentía mensual tenida en cuenta para el diseño hidrológico de Tanques de Almacenamiento	156
Tabla 75 Tanques de almacenamiento.....	156
Tabla 76 Áreas aferentes zonas de bio-retención.....	157
Tabla 77: Dimensiones por tipo de Alcorque	158
Tabla 78 Resultados Evaluación Hidráulica Diseño Aportes Pluviales Mochuelo Bajo – Tr 10 Años	160
Tabla 79 Capacidad Sistema de Alcantarillado Pluvial Diseño	166
Tabla 80 Velocidad Sistema de Alcantarillado Pluvial Diseño	167
Tabla 81 Fuerza Tractiva Sistema de Alcantarillado Pluvial Diseño	168
Tabla 82 Régimen de Flujo Sistema de Alcantarillado Pluvial Diseño	169
Tabla 83 Características morfométricas de las áreas aferentes a las descargas en condición natural	170
Tabla 84 Tiempos de concentración de áreas las aferentes a las descargas en condición natural	172
Tabla 85 Coeficiente de escorrentía C de las áreas aferentes a las descargas en condición natural	172
Tabla 86 Caudales máximos instantáneos de las áreas aferentes a las descargas en condición natural	174
Tabla 87 Caudales máximos instantáneos de las áreas aferentes a las descargas Alternativa No. 1	175
Tabla 88 Caudales máximos instantáneos de las áreas aferentes a las descargas Alternativa No. 2	176
Tabla 89 Comparación de cambio en las crecientes.....	176
Tabla 90 Porcentajes asignados por Criterio	177
Tabla 91 Valores Admisibles por Parámetro Hidráulico	178

Tabla 92 Resultados Hidráulicos	179
Tabla 93 Resultados Evaluación Técnica	192
Tabla 94 Evaluación en el cambio de las condiciones de las crecientes con respecto a la condición natural	192
Tabla 95 Comparación cuantitativa entre eficiencia de remoción de contaminantes para diferentes tipologías	194
Tabla 96 Caudales máximos totales aferentes a las tipologías proyectadas.	197
Tabla 97 Caudales tratados en base a la eficiencia de las tipologías	197
Tabla 98 Calificación de caudal tratado	197
Tabla 99 Impactos a evaluar	198
Tabla 100 Clasificación de impactos ambientales.....	198
Tabla 101 Matriz de evaluación ambiental Mochuelo Bajo.....	199
Tabla 102 Calificación de la matriz de evaluación ambiental.....	200
Tabla 103 Calificación ambiental y social	200
Tabla 104 Redes Proyectadas Alcantarillado Pluvial Mochuelo Bajo	201
Tabla 105 Estructuras Mochuelo Bajo	201
Tabla 106 Cantidades SUDS Mochuelo Bajo.....	201
Tabla 107 Presupuesto Mochuelo Bajo	202
Tabla 108 Calificación económica Mochuelo Bajo	203
Tabla 109 Costos Anuales por mantenimiento de redes	204
Tabla 110 Costos Mantenimiento SUDS	204
Tabla 111 Aspectos tomados en cuenta para costos por personal operario	207
Tabla 112 Personal Requerido	208
Tabla 113 Evaluación Operativa y Mantenimiento	208
Tabla 114 Calificación alternativas Mochuelo Bajo	208

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Hidrogramas típicos de entrada y salida de estructuras de amortiguación y atenuación de caudales.	3
Figura 2. Relación Profundidad Velocidad para Regímenes de Flujo en Canales Abiertos.....	9
Figura 3. Sumidero Lateral de Rejilla Caja Sencilla en la Vía.....	14
Figura 4. Vista Isométrica – Estructura de captación de rejilla	15
Figura 5. Rejilla de 45.5 x 83.5 cm Para Sumidero	15
Figura 6. Estructura de captación de rejilla Transversal.....	16
Figura 7. Rejilla de 45.5 x 83.5 cm Para Sumidero	16
Figura 8. Sumidero tipo alcorque inundable.....	20
Figura 9. Esquema de pondaje húmedo Vegetado.	22
Figura 10. Cuneta vegetada.....	23
Figura 11. Tanque almacenamiento.	24
Figura 12. Superficie permeable.....	24
Figura 13. Dren filtrante vegetado con capas granulares en separador.....	25
Figura 14. Zona de bio-retención.....	26
Figura 15 Estado actual de los sumideros	28
Figura 16 Descarga aguas residuales a la quebrada Aguas Claras	28
Figura 17 Estado vial	29
Figura 18 Zona de Inundaciones Sector Lagunitas Mochuelo Bajo	30
Figura 19. Localización Mochuelo Bajo	31
Figura 20. Localización Mochuelo Bajo	32
Figura 21. Localización estaciones climatológicas en el área de estudio.....	34
Figura 22. Diagrama de Barras de Registros Históricos.....	35
Figura 23. Curvas I-D-F Estación Quiba	38
Figura 24. Relleno Sanitario Doña Juana.	40
Figura 25. Topología del Sistema de Alcantarillado, Mochuelo Bajo	42
Figura 26. Profundidades de los pozos de Alcantarillado	46
Figura 27. Material de los pozos de Alcantarillado	46
Figura 28. Sumideros Mochuelo Bajo.....	47
Figura 29. Distribución Porcentual Pendientes Mochuelo Bajo	49
Figura 30. Sistema de Alcantarillado Mochuelo Bajo	49
Figura 31. Estación de Bombeo Mochuelo Bajo	50
Figura 32. Zona de Inundación Mochuelo Bajo.....	51

Figura 33 Localización Sumideros Mochuelo Bajo	55
Figura 34 Áreas aferentes alcantarillado existente.....	56
Figura 35 Coeficiente de escorrentía C de las áreas aferentes al alcantarillado pluvial existente ..	65
Figura 36 Localización Sumideros Alternativa No. 1	69
Figura 37 Áreas aferentes alcantarillado existente.....	70
Figura 38 Coeficiente de escorrentía C de las áreas aferentes al alcantarillado pluvial Alternativa No. 1.....	79
Figura 39: Mapa de Distribución Espacial de <i>hp</i> Propuesto para la Ciudad de Bogotá.	83
Figura 40 Distribución Porcentual Capacidad Alcantarillado	97
Figura 41 Distribución Porcentual Velocidad Alcantarillado.....	98
Figura 42 Distribución Porcentual Fuerza Tractiva Alcantarillado.....	99
Figura 43 Distribución Porcentual régimen de Flujo Alcantarillado	100
Figura 44 Trazado Pluvial Inicio Canal	106
Figura 45 Trazado Pluvial Fina Canal.....	106
Figura 46 Trazado Pluvial Proyectado Sector Paticos.....	106
Figura 47 Trazado Pluvial Proyectado Sector Lagunitas	108
Figura 48 Trazado Pluvial Proyectado Sector La Esmeralda.....	108
Figura 49 Trazado Pluvial Proyectado Sector Barranquitos	109
Figura 50 Localización Sumideros.....	113
Figura 51 Rejilla de 45.5 x 83.5cm para sumidero	113
Figura 52 Rejilla de 45.5 x 83.5cm para sumidero	115
Figura 53 Esquema Canal Rectangular	118
Figura 54 Trazado Canal Abierto Propuesto.....	118
Figura 55 Distribución Porcentual Capacidad Alcantarillado Pluvial Diseño	134
Figura 56 Distribución Porcentual Velocidad Alcantarillado Pluvial Diseño.....	135
Figura 57 Distribución Porcentual Fuerza Tractiva Alcantarillado Pluvial Diseño	136
Figura 58 Distribución Porcentual régimen de Flujo Alcantarillado Pluvial Diseño	137
Figura 59 Pendiente del terreno Mochuelo Bajo	139
Figura 60 Distancia a nivel freático.....	140
Figura 61 Tasa de infiltración del suelo	141
Figura 62 Uso del suelo sector Mochuelo Bajo	142
Figura 63 Áreas viables para la implementación de alcorques inundables	143
Figura 64 Áreas viables para la implementación de cunetas verdes	144
Figura 65 Áreas viables para la implementación de tanques de almacenamiento	145

Figura 66 Áreas viables para la implementación de zonas de bio-retención.....	146
Figura 67 Áreas a implementar con tipologías SUDS en el sector del Mochuelo Bajo.....	149
Figura 68 Dimensiones alcorques inundables.....	151
Figura 69 Ubicación alcorques inundables	153
Figura 70 Dimensiones cunetas verdes.....	154
Figura 71 Ubicación cunetas verdes.....	155
Figura 72 Ubicación tanques de almacenamiento.....	157
Figura 73 Dimensiones zonas de bio-retención	158
Figura 74 Ubicación zonas de bio-retención	159
Figura 75 SUDS en el sector de Mochuelo Bajo	160
Figura 76 Distribución Porcentual Capacidad Alcantarillado Pluvial Diseño	167
Figura 77 Distribución Porcentual Velocidad Alcantarillado Pluvial Diseño.....	168
Figura 78 Distribución Porcentual Fuerza Tractiva Alcantarillado Pluvial Diseño	169
Figura 79 Distribución Porcentual régimen de Flujo Alcantarillado Pluvial Diseño	170
Figura 80 Delimitación cuencas hidrográficas condición natural.....	171
Figura 81 Coeficiente de escorrentía C de las áreas aferentes a las descargas en condición	173
Figura 82 Cuencas descargas pluviales alternativa No. 1	175

INDICE DE ANEXOS

1. Anexo No. 1 – Información hidro climatológica
2. Anexo No. 2 – Levantamiento topográfico
3. Anexo No. 3 – Modelaciones hidráulicas
4. Anexo No. 4 – Sondeos EAAB
5. Anexo No. 5 – Dimensionamiento SUDS
6. Anexo No. 6 – Planos
7. Anexo No- 7 – Matrices de evaluación

1 INTRODUCCIÓN

Debido al crecimiento exponencial de las ciudades y el aumento de zonas duras no permeables y los volúmenes de escorrentía, acompañados del cambio climático, es importante implementar sistemas que mitiguen los problemas asociados a el deficiente funcionamiento de los alcantarillados pluviales convencionales cuando se presentan eventos extremos.

Esto conlleva a implementar sistemas alternativos no convencionales que, mediante soluciones basadas en la naturaleza mitiguen y retrasen los picos de las tormentas, evitando así el colapso de las redes de alcantarillado. De igual manera, se ha comprobado en otros casos de implementación, que la aplicación de los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenibles, no solo conllevan a un beneficio técnico, sino que, debido a que en su mayoría están acompañados de la implementación de zonas verdes y renovación urbana, se presenta una mejora en la conductividad de las especies de fauna, aumento de las coberturas vegetales y mejoramiento en la calidad de vida de la población beneficiada.

Se tiene como caso de estudio el sector de Mochuelo Bajo en la localidad de Ciudad Bolívar en la ciudad de Bogotá, tomando como base el Contrato de consultoría No. Uaesp-752-2020, cuyo objeto es “Elaboración de los estudios y diseños detallados para completar al 100% las redes de alcantarillado sanitario y pluvial de Mochuelo Alto y Mochuelo Bajo y la optimización de la planta de aguas residuales de ambos sectores, en la localidad de Ciudad Bolívar”.

La información correspondiente a levantamiento topográfico y catastro de las redes existentes fue suministrada por la empresa INALTER S.A.S. con su debida autorización para tomar como base en el desarrollo del presente trabajo de grado.

Para el desarrollo de los estudios se siguieron diferentes normativas dadas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), así como normatividad nacional. La implementación de las diferentes tipologías SUDS se realizó en base a la guía técnica desarrollada por la Universidad de los Andes la cual pertenece al anexo técnico de la NS-166 de la EAAB, la cual centra los estudios a la ciudad de Bogotá. De igual manera la guía acompaña la selección de los trenes de tratamiento más adecuados en base a los objetivos buscados.

Para el caso del sector de Mochuelo Bajo, se determina que los alcorques inundables, cunetas verdes, tanques de almacenamiento y zonas de bio-retención, son las alternativas más favorables a implementar, acompañadas de un sistema convencional tal y como indica la normatividad. En base a información primaria y secundaria se determinaron las restricciones para aplicar las diferentes tipologías y los espacios disponibles para su implementación.

La implementación de tipologías SUDS son técnica, ambiental y socialmente más efectivas que la implementación de un alcantarillado netamente convencional, sin embargo, esto puede llegar a presentar sobrecostos, por lo que la construcción de estas tecnologías alternativas puede resultar compleja en algunos casos debido a la limitante de los recursos públicos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar y comparar alternativas de solución a la problemática identificada en relación con el manejo de aguas lluvias en el sector del Mochuelo Bajo en la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá mediante la aplicación de tecnologías convencionales e implementado la tecnología de los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenibles (SUDS).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Analizar el comportamiento climatológico, hidrológico, geográfico y social del sector del Mochuelo Bajo.
2. Realizar la evaluación de la infraestructura existente de alcantarillado pluvial e identificar la problemática y falencias del diseño actual en el sector del Mochuelo Bajo.
3. Proponer un diseño nuevo para la evacuación de aguas lluvias en el sector del Mochuelo Bajo de alcantarillado pluvial convencional y plantear un diseño implementado la tecnología de los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenibles (SUDS).
4. Identificar la variabilidad del comportamiento hidráulico, niveles, amenaza por inundación y avenidas torrenciales de la quebrada Aguas Claras, con la descarga actual y proyectada para las dos alternativas de alcantarillado pluvial para diferentes periodos de retorno.
5. Identificar qué alternativa genera un mayor beneficio hidráulico, ambiental, económico y constructivo, dando solución a la problemática identificada.

3 ESTADO DEL ARTE

En el marco del manejo eficiente del recurso hídrico y el medio ambiente, el control de las escorrentías superficiales es un área de estudio de gran importancia en el desarrollo de las ciudades, pues su crecimiento exponencial y el aumento de zonas duras no permeables genera problemáticas de carácter hidrológico y de saneamiento en las zonas urbanas. Adicionalmente, se generan implicaciones ambientales y económicas importantes que conllevan a la implementación de estructuras con más capacidad y por consiguiente de mayor costo y dificultad de instalación, para el transporte de estas.

Cuando no es posible el control mediante sistemas de drenaje convencionales, se presentan fenómenos de inundación que afectan la calidad de vida de la población y se deben generar planes de emergencia para mitigar estos riesgos. La implementación de sistemas de drenaje sostenible alternativos como los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenibles (SUDS), permite aminorar y retrasar los picos de tormenta que se presentan en las ciudades (Santos Granados & Cubides, 2018) .

Una manera de afrontar las consecuencias ecológicas y sociales de dichos impactos, principalmente aquellos relacionados con el incremento de eventos meteorológicos extremos que se traducen en inundaciones y déficit de seguridad hídrica, ha sido a través de prácticas de desarrollo urbano sostenible, seguro y protegido (Depietri & McPhearson, 2017).

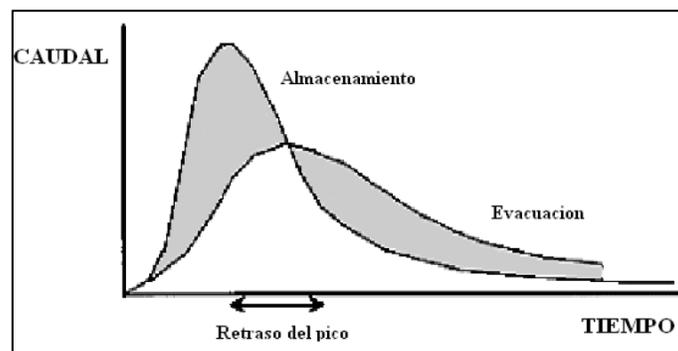
Los sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS) se definen, entonces, como “sistemas de gestión de aguas pluviales diseñados para maximizar las oportunidades y los beneficios que podemos obtener de la gestión de las aguas superficiales.” Bajo la denominación SUDS se encuentran infraestructuras como “Sistema de captación de agua lluvia, techos verdes, Sistemas de infiltración, Sistemas de tratamientos patentados, tiras o redes filtrantes (filter strips), drenes filtrantes, canal de vegetación (Swales), sistemas de bio-retención, árboles, pavimentos permeables, tanques de almacenamientos de atenuación, cuencas de retención, estanques y humedales” (CIRIA, 2015).

Los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible SUDS son sistemas definidos en nuevas áreas por desarrollar o de renovación urbana, con el fin de potenciar el valor ambiental del sistema hídrico y contribuir al manejo de los riesgos ambientales asociados a la escorrentía urbana. (Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible, Documento Técnico de Soporte SUDS, Alcaldía Mayor de Bogotá, 2011).

Las tipologías y estructuras de los SUDS más frecuentemente utilizadas en Latinoamérica están enfocadas a estructuras verdes y azules, resaltando las superficies permeables, depósitos de detención, cubiertas ecológicas, techos ecológicos, cunetas verdes, entre otras. Sin embargo, se deben evaluar las condiciones climáticas, geográficas, entre otras de cada región en particular para definir cuál es el tipo de SUDS más adecuado y que modificaciones requieren para que se implante de manera óptima. (Bermúdez Valero, 2021).

En la **Figura 1** se presenta un hidrograma típico de la entrada y salida de estructuras de amortiguación, en el que se muestra que la fase de almacenamiento ocurre desde el inicio hasta el momento en que los dos hidrogramas se intersecan y de allí en adelante se pasa a la fase de descarga de la estructura.

Figura 1. Hidrogramas típicos de entrada y salida de estructuras de amortiguación y atenuación de caudales.



Fuente: (Mays, 2001)

En general, se podría resumir los SUDS en dos grandes objetivos, disminuir la cantidad de las escorrentías urbanas y mejorar la calidad de estas. De manera complementaria se distinguen otros beneficios:

- Reducir al mínimo los cambios hidrológicos generados por los procesos de urbanización.
- Promover la recarga de las aguas subterráneas, flujos bases y conservar los flujos superficiales.
- Proteger o mejorar los cauces del drenaje natural en el sitio del desarrollo urbanístico.
- Proteger la calidad del agua, morfología del cauce, biodiversidad, salud pública y equipamientos.
- Reducir los flujos de escorrentía asociados con los desarrollos urbanos, aumentando los tiempos de detención locales y minimizando áreas impermeables.
- Minimizar los costos de infraestructura de drenaje de desarrollo debido a la reducción de la escorrentía y los caudales máximos.
- Administrar los riesgos asociados con las inundaciones en la red de drenaje.

La Guía técnica de diseño y construcción del Acueducto y alcantarillado de Bogotá, la NS-166, describe el procedimiento, generalidades de los diseños, implementación, construcción y tipologías

de este tipo de sistemas no convencionales para la ciudad de Bogotá.

La Resolución 0330 del ministerio de vivienda, artículo 153, indica que se deben contemplar este tipo de sistemas para proyectos de desarrollo urbano a futuro no solo en la capital sino en el país, de esta manera, Bogotá, en los próximos años y desde ahora deberá seguir con los lineamientos que plantea esta norma técnica de la EAAB.

Teniendo en cuenta lo anterior, (Caycedo & Morales, 2017) identifican una problemática creciente en relación a la necesidad de implementación de sistemas alternos para el manejo de la escorrentía superficial en sectores urbanos, donde la implementación de sistemas convencionales no tiene la capacidad suficiente para su evacuación. Para dar solución a la problemática identificada, plantean la implementación de los drenes filtrantes como sistema urbano de drenaje sostenible en la zona de la calle 72 con carrera Séptima como complemento al sistema de drenaje convencional, éstos se diseñan para tener la capacidad reducir las velocidades en el sistema de alcantarillado convencional y generar un control de las aguas arribas en el sector de estudio.

Adicionalmente, se ha evaluado la posibilidad de la implementación de los Sistemas Urbanos de Drenaje (Martinez Candelo, 2013), en otras zonas urbanas del país, donde identifica la problemática del manejo de la escorrentía en sectores urbanos, como una creciente problemática en las ciudades principales del país, para lo cual establece la necesidad de la complementación del sistema de evacuación de aguas pluviales convencionales, con un sistema urbano de drenaje sostenible.

4 MARCO TEÓRICO

4.1 ALCANTARILLADO PLUVIAL (NS-085)

A continuación, se presenta los parámetros a tener en cuenta para el diseño de alcantarillado de aguas pluviales.

4.1.1 Periodo de retorno

El periodo de retorno se determina dependiendo del área de drenaje y el tipo de infraestructura a implantar, en la Tabla 1 se presentan los valores de periodos de retorno conforme el grado de protección y las características del área de drenaje.

Tabla 1 Periodos de retorno mínimos según el grado de protección del sistema

CARACTERÍSTICAS DEL AREA DE DRENAJE	PERIODO DE RETORNO
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias < a 2 HA.	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 ha.	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 ha.	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores de 10 ha.	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 ha	50
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000ha	100
Canales abiertos en zonas montañosas o a media ladera que drenan áreas mayores a 1000ha.	100

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Teniendo en cuenta lo anterior, para efectos del diseño propuesto, las áreas aferentes a cada estructura no superan las 10 ha, sin embargo, se realiza la evaluación del sistema con este periodo de retorno, teniendo en cuenta recomendaciones y normatividad dada por la EAAB.

4.1.2 Caudal De Diseño

Para la estimación del caudal de diseño se utiliza el método racional el cual calcula el caudal pico

de aguas lluvias con base en la intensidad media del evento de precipitación con una duración igual al tiempo de concentración del área de drenaje y un coeficiente de escorrentía, el cual se expresa por medio de la siguiente ecuación:

$$Q = 2.78 * C * i * A$$

En donde:

Q: Caudal máximo de descarga de escorrentía superficial, l/s

C: Coeficiente de escorrentía, valor adimensional

i: Intensidad de lluvia, mm/h.

A: Área de drenaje, ha.

Cuando no sea apropiado usar el método racional se debe utilizar el método del Soil Conservation Service (SCS), el cual se basa en la estimación de un hidrograma unitario al cual se le aplica una precipitación efectiva obtenida a partir de la lluvia de diseño.

4.1.3 Diámetro Mínimo

El diámetro interno real mínimo permitido en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas lluvias y residuales tipo alcantarillado pluvial, se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2 - Diámetro Mínimo

COMPONENTE	PARÁMETRO	VALOR DE REFERENCIA
Pluvial	Diámetros Mínimos en los colectores	260 mm
	Tubería de conexión del sumidero	200 mm

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

4.1.4 Capacidad Hidráulica

El análisis hidráulico se realiza utilizando la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (m/s)$$

Donde:

V: Velocidad del flujo en m/s.

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

R: Radio Hidráulico en m, $R = A/P$.

A: Área de la sección transversal del conducto en m².

P: Perímetro mojado en m.

S: Pendiente del conducto en m/m.

Para evaluación hidráulica por continuidad se tiene la siguiente formula:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} \quad (m/s)$$

Donde:

- Q: Caudal en (m³/s).
 A: Área de la sección transversal del conducto en m².
 V: Velocidad del flujo m/s.

4.1.5 Coeficiente de Rugosidad de Manning

Teniendo en cuenta el RAS 2016, el título D Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales y Pluviales en la tabla D.6.2. “Valores del coeficiente de rugosidad de Manning para varios materiales”, asigna los siguientes valores:

Tabla 3 - Valores de Coeficiente de Rugosidad de Manning

VALORES DEL COEFICIENTE DE RUGOSIDAD DE MANNING	
CONDUCTOS CERRADOS	
MATERIAL	n
Asbesto – cemento	0.011 - 0.015
Concreto prefabricado interior liso	0.011 - 0.015
Concreto prefabricado interior rugoso	0.015 - 0.017
Concreto fundido en sitio, formas lisas	0,012 - 0,015
Concreto fundido en sitio, formas rugosas	0,015 - 0,017
Gres vitrificado	0.011 - 0.015
Hierro dúctil revestido interiormente con cemento	0.011 - 0.015
PVC, polietileno y fibra de vidrio con interior liso	0.010 - 0.015
Metal corrugado	0.022 - 0.026
Colectores de ladrillo	0.013 - 0.017
CONDUCTOS ABIERTOS	
MATERIAL	n
Canal revestido en ladrillo	0.012 - 0.018
Canal revestido en concreto	0.011 - 0.020
Canal excavado	0.018 - 0.050
Canal revestido rip-rap	0.020 - 0.035

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2016) - Título D, Tabla D 6.2.

4.1.6 Velocidad Máxima

Lo valores máximos permisibles para la velocidad dependen del material y su sensibilidad a la abrasión, teniendo en cuenta lo descrito en el RAS 2000, el valor de referencia de velocidad máxima se encuentra en la siguiente tabla.

Tabla 4 - Velocidad Máxima

COMPONENTE	VALOR DE REFERENCIA	MATERIAL
Pluvial	3	Ladrillo común
	5	Ladrillo vitrificado y gres
	5	Concreto
	10	PVC

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

4.1.7 Velocidad Mínima

Se debe disponer de una velocidad mínima la cual no permita que los sólidos transportados se depositen en los colectores.

Tabla 5 - Velocidad Mínima

COMPONENTE	VALOR DE REFERENCIA
Pluvial	0.45 m/s

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

Adicional a la velocidad mínima y para que se cumpla el criterio de autolimpieza, se debe cumplir con la fuerza tractiva mínima la cual se describe a continuación.

4.1.8 Fuerza Tractiva

Según el capítulo 7 del diseño de canales con flujo uniforme sección B numeral 7-8, del libro de hidráulica de canales abiertos de Ven Te Chow, "...La velocidad mínima en el sistema debe ser aquella que permita tener condiciones de auto limpieza para lo cual, es necesario utilizar el criterio de esfuerzo tractivo, el cual está dado por la expresión..."

$$\tau = \gamma RS$$

Donde:

τ = Esfuerzo Tractivo (N/m²).

γ = Peso Específico del agua (N/m³).

R = Radio hidráulico (m).

S = Pendiente (m/m).

Fuerza tractiva unitaria para procesos de hidrología e hidráulicos

$$\tau_0 = \frac{w \gamma s}{PL} = wRS, \tau_0 = \gamma S$$

Se debe verificar las condiciones auto limpiantes de cada tramo, por lo tanto, se establece que el valor del esfuerzo cortante sea mayor o igual a 1.5 N/m². En aquellos casos en los cuales, por las condiciones topográficas presentes, no sea posible alcanzar la velocidad mínima, debe verificarse que el esfuerzo cortante sea mayor que 1,2 N/m².

4.1.9 Régimen de Flujo

Según el libro "Hidráulica de canales abiertos, Ven Te Chow", el estado o comportamiento del flujo en canales abiertos está gobernado básicamente por los efectos de viscosidad y gravedad en relación con las fuerzas inerciales del flujo..."

El efecto de la gravedad sobre el estado de flujo se representa por la relación entre las fuerzas inerciales y las fuerzas gravitacionales. Esta relación está dada por el número de Froude, definido como:

$$F = \frac{V}{\sqrt{gL}}$$

Donde

V= Velocidad media del flujo en [pies/s].

g= La aceleración de la gravedad [pies/s²].

L= Longitud característica en [pies].

En el flujo de canales abiertos, la longitud característica se hace igual a la profundidad hidráulica D,

la cual está definida como área de sección transversal del agua perpendicular a la dirección del flujo en el canal, dividida por el ancho de la superficie libre, para canales rectangulares está en igual a la profundidad de la sección del flujo.

$$V = \sqrt{gD}$$

Tabla 6 - Estados de Flujo

CONDICIÓN	ESTADO DE FLUJO
$V < \sqrt{gD}$, tiene una velocidad baja y corriente lenta	Flujo Subcrítico
$V > \sqrt{gD}$, el flujo tiene una alta velocidad y se describe usualmente como rápido, ultrarrápido torrencial.	Flujo supercrítico
$V > \sqrt{gD}$,	Flujo crítico

Fuente: (Chow V. T., 2004)

Para una adecuada aplicación de la ecuación de Manning, el flujo en los colectores deberá ser estable, por lo cual el Número de Froude debe ser menor de 0.90 (Subcrítico) o mayor de 1.10 (Supercrítico) para los tramos proyectados.

En un canal abierto el efecto combinado de la viscosidad y de la gravedad puede producir cualquiera de cuatro regímenes de flujo, los cuales se indican a continuación:

Tabla 7 -. Regímenes de Flujo

CONDICIÓN	RÉGIMEN DE FLUJO
El flujo tiene una velocidad baja y corriente lenta y es de menor unidad del Número de Reynolds flujo laminar que es igual o menor 2000 o menor. • Flujo Subcrítico <Flujo laminar	Subcrítico - Laminar
Corresponde cuando el flujo tiene una velocidad baja y corriente lenta y es de mayor unidad del Número de Reynolds flujo laminar que es igual o menor 2000 o menor. • Flujo Subcrítico >Flujo laminar	Supercrítico - laminar
Corresponde cuando el flujo tiene una alta velocidad y se describe usualmente como rápido y es de mayor unidad del Número de Reynolds turbulento Re mayor de 4000 indican que las fuerzas viscosas influyen poco en la pérdida de energía. • Flujo Supercrítico > Flujo es turbulento	Supercrítico - turbulento
El flujo tiene una velocidad baja y corriente lenta y es de menor unidad del Número de Reynolds turbulento Re mayor de 4000 indican que las fuerzas viscosas influyen poco en la pérdida de energía. • Flujo Subcrítico < Flujo es turbulento	Subcrítico - turbulento

Fuente: (Chow V. T., 2004)

Un flujo laminar es aquel en que el fluido se mueve en capas o láminas, moviéndose suavemente unas sobre otras y existiendo sólo intercambio de moléculas entre estas capas.

Cualquier tendencia hacia la inestabilidad o turbulencia es disminuida por la acción de las fuerzas cortantes viscosas que se oponen al movimiento de estas capas de fluido que se encuentran juntas entre sí. Por otro lado, en un flujo turbulento el movimiento de las partículas es muy inestable o

desordenado y se tiene un intercambio entre capa y capa muy intensa o con mayor velocidad que si fuese un flujo laminar.

Las características que condicionan el flujo laminar dependen de las propiedades del líquido y de las dimensiones del flujo. Mientras que aumenta el flujo másico aumenta las fuerzas del momento o inercia, las cuales son contrarrestadas por la fricción o fuerzas viscosas dentro del líquido que fluye. Cuando estas fuerzas opuestas alcanzan un cierto equilibrio se producen cambios en las características del flujo.

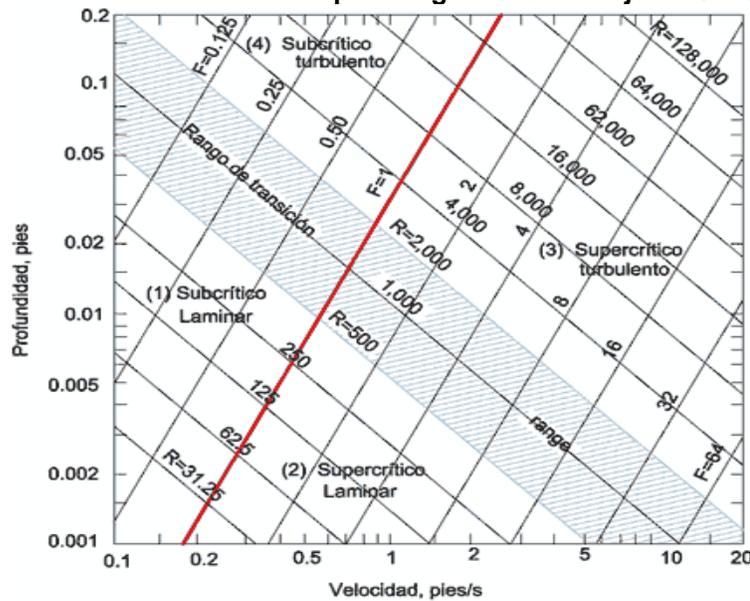
Teniendo en cuenta el número de Reynolds establece lo siguiente:

- Flujo laminar= $Re \leq 2000$ o menor.
- Flujo es turbulento= Re mayor de 4000 indican que las fuerzas viscosas influyen poco en la pérdida de energía.
- Flujo de ese fluido es transicional= Re mayor a 2000 e igual o menor a 4000.

La relación de la profundidad velocidad para el régimen Subcrítico y supercrítico en un canal abierto ancho se muestra en la siguiente figura de acuerdo a lo mencionado anteriormente la línea gruesa para $F=1$ y la banda sombreada para el rango transicional laminar-turbulento se intersecan en la figura y dividen el área total en cuatro regiones, cada una de las cuales representa un régimen de flujo.

Los regímenes Subcrítico laminar y supercrítico laminar, no son frecuentes en la hidráulica aplicada de canales abiertos, debido al que el flujo generalmente turbulento en los canales considerados en problemas de actualmente en los alcantarillados. Sin embargo, estos regímenes ocurren con una frecuencia cuando existe una profundidad muy pequeña, lo cual es conocido como flujo en láminas. En la siguiente grafica se muestra la relación profundidad de velocidad para regímenes de flujo en canales abiertos.

Figura 2. Relación Profundidad Velocidad para Regímenes de Flujo en Canales Abiertos



Fuente: (Chow V. T., 2004)

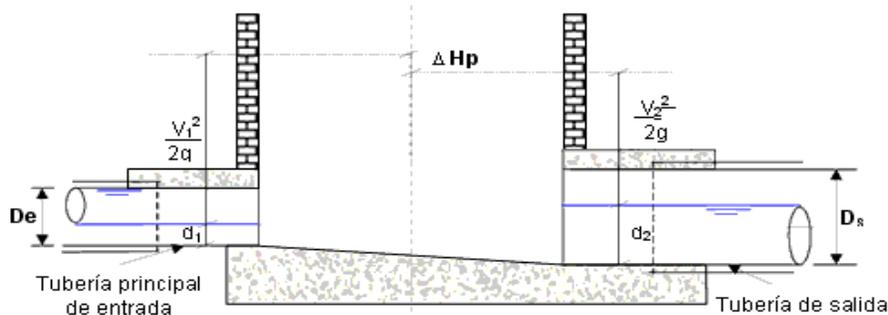
4.1.10 Empates por línea de Energía

Según Ven Te Chow en su libro "Hidráulica de canales abiertos" "...Un correcto empate por la línea

de energía es aquel donde la elevación de la línea de energía del colector de salida es menor que la de los colectores de llegada (Afluentes)...

Este tipo de empate es usado para cualquier diámetro y para régimen de flujo subcrítico o supercrítico. En cualquier caso, el empate por línea de energía consiste en igualar la cota de energía del colector principal entrante al pozo, con la cota de energía del colector saliente.

Imagen 1. Empate de los Colectores por Línea de Energía



Fuente: (ingenierocivilinfo, 2010)

Al realizar el empate de la tubería se producen pérdidas de energía por cambio de dirección y debido a la intersección. La consideración de las pérdidas en el pozo involucra una diferencia de altura entre la línea de energía saliente y la línea de energía del colector principal que llega al pozo.

$$\Delta H_y = \Delta H_c + \Delta H_e$$

Donde,

ΔH_c = pérdida de energía por el cambio de dirección

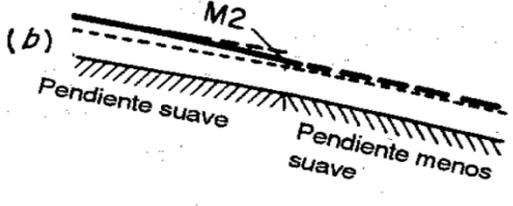
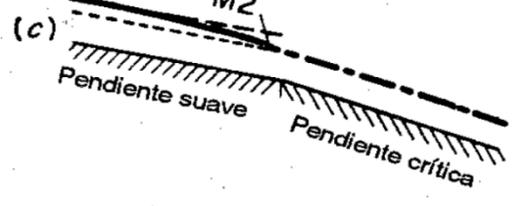
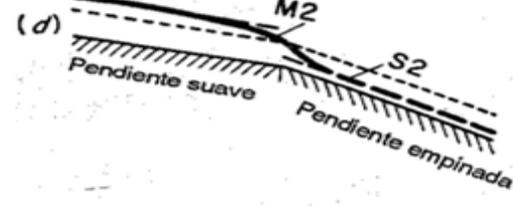
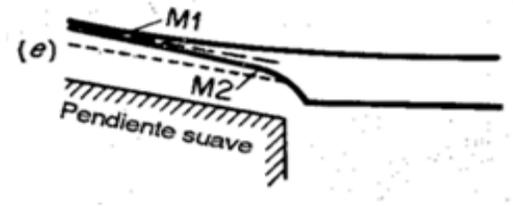
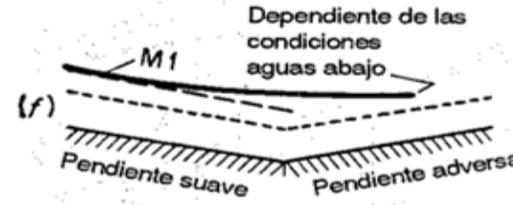
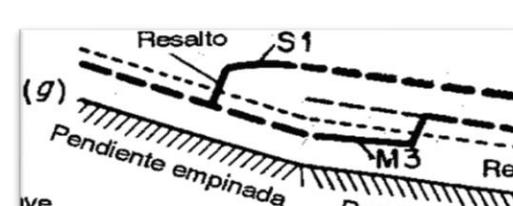
ΔH_e = pérdida de energía por la transición.

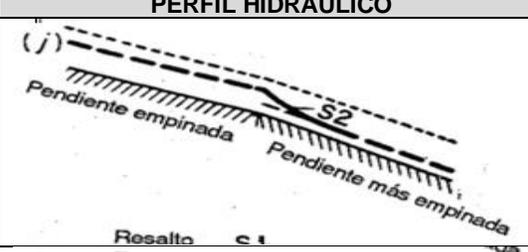
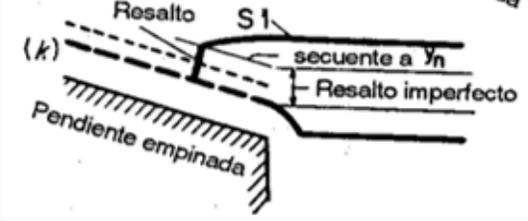
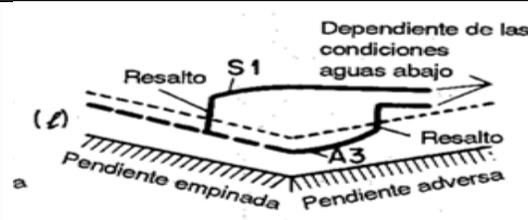
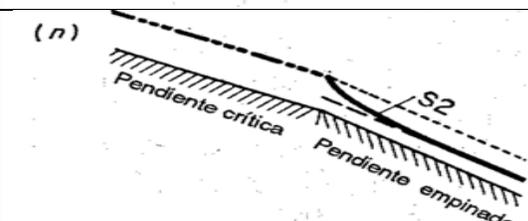
Los empalmes de energía pueden ocasionar la presencia de resaltos hidráulicos dentro de los pozos de inspección y por ende su deterioro u obstrucción. Por esta razón la modelación se realizó con el fin de mantener la línea de energía estable. A menudo es muy corto y semeja una transición entre una caída hidráulica y un flujo uniforme, debido a que empieza aguas arriba con una caída vertical en la profundidad crítica y es tangente a la línea de profundidad normal en el extremo de aguas abajo.

Para una mejor comprensión de los perfiles hidráulicos, se presentan los perfiles hidráulicos que se estudian en el sistema. (Ven te Chow "Hidráulica de canales abiertos", página 228 de la edición impresa en 2004.)

Tabla 8 - Perfiles Hidráulicos

PERFIL HIDRÁULICO	DESCRIPCIÓN
	<p>El perfil M1 ocurre cuando el extremo de aguas abajo de un canal se sumerge en un embalse hasta una profundidad mayor que la profundidad normal del flujo del canal, pasando de una pendiente suave a una más suave.</p>

PERFIL HIDRÁULICO	DESCRIPCIÓN
 <p>(b) M2 Pendiente suave Pendiente menos suave</p>	<p>El perfil M2 ocurre cuando el fondo del canal en el extremo de aguas abajo se sumerge en un embalse con una profundidad menor que la normal con una pendiente suave a menos suave.</p>
 <p>(c) M2 Pendiente suave Pendiente crítica</p>	<p>Si la cantidad de sumergencia en el extremo de aguas abajo es menor que la profundidad crítica, el perfil terminara abruptamente, con su extremo tangente a una línea vertical en una profundidad igual a la profundidad crítica</p>
 <p>(d) M2 Pendiente suave Pendiente empinada S2</p>	<p>El perfil M2, implica la formación de una caída hidráulica. Si la profundidad de sumergencia en el extremo de aguas abajo es mayor que la profundidad crítica, entonces se formará tanto perfil como agua haya por encima de la superficie del embalse. El perfil S2 es la curva de caída, a menudo es muy corto y semeja una transición entre una caída hidráulica y un flujo uniforme, debido a que empieza aguas arriba.</p>
 <p>(e) M1 M2 Pendiente suave</p>	<p>El perfil M1 ocurre cuando el extremo de aguas abajo de un canal se sumerge en un embalse hasta una profundidad mayor que la profundidad normal del flujo del canal. El perfil M2 ocurre cuando el fondo del canal en el extremo de aguas abajo se sumerge en un embalse con una profundidad menor que la normal</p>
 <p>(f) M1 Dependiente de las condiciones aguas abajo Pendiente suave Pendiente adversa</p>	<p>Perfil M1 profundidad mayor que la profundidad normal del flujo del canal, empieza pendiente suave a pendiente adversa, depende de las condiciones de aguas abajo. El perfil M1 ocurre cuando el extremo de aguas abajo de un canal se sumerge en un embalse hasta una profundidad mayor que la profundidad normal del flujo del canal.</p>
 <p>(g) Resalto S1 M3 Resalto Pendiente empinada Pendiente suave</p>	<p>El perfil S1 empieza con un resalto en el extremo de aguas arriba y se vuelve tangente a la horizontal a en el extremo de aguas abajo, luego el perfil M3 empieza desde el fondo del canal de aguas arriba, con un ángulo de pendiente vertical o un a un ángulo agudo. El resalto hidráulico puede ocurrir en el canal de aguas arriba o en el canal de aguas abajo dependiendo de la pendiente relativa de los dos canales, en este caso, el resalto ocurrirá en el canal de aguas abajo si la profundidad normal de este canal es comparativamente pequeña.</p>

PERFIL HIDRÁULICO	DESCRIPCIÓN
	<p>El perfil S2 es una curva de caída. A menudo es muy corto y semeja una transición entre una caída hidráulica y un flujo uniforme, debido a que empieza aguas arriba con una pendiente vertical en la profundidad crítica y es tangente a la línea de profundidad normal en el extremo de aguas abajo. El perfil j muestra el cambio de pendiente de una empinada a más empinada.</p>
	<p>El perfil S1 empieza con un resalto en el extremo de aguas arriba y se vuelve tangente a la horizontal en el extremo de aguas abajo.</p>
	<p>El resalto hidráulico puede ocurrir en el canal de aguas arriba o en el canal de agua abajo dependiendo de la pendiente relativa de los dos canales</p>
	<p>El perfil S2 es una curva de caída. A menudo es muy corto y semeja una transición entre una caída hidráulica y un flujo uniforme, debido a que empieza aguas arriba con una pendiente vertical en la profundidad crítica y es tangente a la línea de profundidad normal en el extremo de aguas abajo. El perfil n muestra el cambio de pendiente de una crítica a más empinada.</p>

Fuente: (Chow V. T., 2004)

- Coeficiente de Régimen de Flujo

El coeficiente de pérdida por curvatura depende del régimen de flujo y de la relación existente entre el radio de curvatura del tramo y su diámetro, tal como se muestra en la Tabla D.7.6, del RAS 2016.

Tabla 9 - Valores del Coeficiente Kc

RÉGIMEN DEL FLUJO	rc / \square	kc
Subcrítico	1.0 a 1.5	0.4
	1.5 a 3.0	0.2
	Mayor de 3	0.05
Supercrítico	6 a 8	0.4
	8 a 10	0.2
	Mayor de 10	0.05

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2016)

4.1.11 Profundidad Mínima a Cota Clave para Redes

Los colectores de redes de recolección de aguas residuales deben estar a una profundidad adecuada para permitir el drenaje por gravedad de las descargas domiciliarias, además debe existir un recubrimiento mínimo que evite la ruptura de estos colectores por las cargas vivas que puedan presentar.

A continuación, se detallan las profundidades mínimas de los colectores.

Tabla 10 -. Profundidad Mínima a Colectores

SERVIDUMBRE	PROFUNDIDAD A LA CLAVE DEL COLECTOR
Vías peatonales o zonas verdes	0.75 m
Vías Vehiculares	1.2 m

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

4.1.12 Profundidad Máxima a Cota Clave para Redes

De acuerdo a título D Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Aguas Lluvias, RAS 2016, en el numeral 3.1.11.2 Profundidad máxima a la cota clave de las tuberías, establece textualmente lo siguiente "...Se estima que el límite técnico-económico de instalación de tuberías en un sistema de alcantarillado a través de la metodología de excavación con zanja abierta, está alrededor de los 5 m de profundidad, aunque las técnicas de instalación utilizando perforación dirigida, microtunelización, etc., pueden permitir profundidades mayores..."

Tabla 11 - Profundidad Máxima a Colectores

DESCRIPCIÓN	VALOR DE REFERENCIA
Metodología de excavación con zanja abierta	5 m
Perforación dirigida, microtunelización	>5 m

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

4.1.13 Diámetro Interno de las Estructuras de Conexión

De acuerdo a título D Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Aguas Lluvias, RAS 2016, en el numeral 7.3.2.4., establece el diámetro interno mínimo de las estructuras de conexión, en la siguiente tabla se muestra dicha información.

Tabla 12 - Diámetro Interno Mínimo de las Estructuras de Conexión

DESCRIPCIÓN	VALOR DE REFERENCIA
De 200 a 600	1.2 m
Mayor que 600 hasta 750	1.5 m
Mayor que 750 hasta 900	1.8 m

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

4.1.14 Distancia Máxima entre Estructuras de Conexión o Inspección

Teniendo en cuenta el título en el numeral D 7.3.2.1. del RAS (2016), menciona textualmente lo siguiente:

"... La distancia máxima entre cámaras, para sistemas que utilizan métodos manuales de limpieza, es de 120 m; para los casos en que se utilicen métodos mecánicos o hidráulicos de limpieza, dicha distancia máxima puede llegar hasta los 200 m. En aquellos casos de sistemas de interceptores o de tramos principales y emisarios finales donde las entradas son restringidas o inexistentes, la distancia máxima entre las cámaras de inspección y/o conexión puede aumentarse como función del tipo de mantenimiento; en este caso, la distancia máxima será de hasta 300 m..."

"...En aquellos casos en que la distancia entre las cámaras de conexión y/o inspección en las cámaras de alcantarillado sean mayores a 100 m, el diseño debe considerar la posibilidad de incluir cámaras intermedias exclusivas de inspección, con diámetros de 0,6 m, cuyo objetivo único es permitir la entrada de los equipos de inspección basados en circuito cerrado de televisión. En los casos de interceptores y tramos principales, el uso de cámaras de conexión y/o inspección con distancias superiores a las normales, debe estar basado en la modelación hidráulica de la red de alcantarillado existente por parte de la persona prestadora de este servicio..."

Tabla 13 - Distancia Máxima entre Estructuras de Conexión

DESCRIPCIÓN	VALOR DE REFERENCIA
Tuberías de conexión de sumideros	15 m
Cámaras métodos manuales de limpieza	120 m
Cámaras mecánicos o hidráulicos de limpieza	200 m
Cámaras de inspección y/o conexión puede aumentarse como función del tipo de mantenimiento	300 m

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

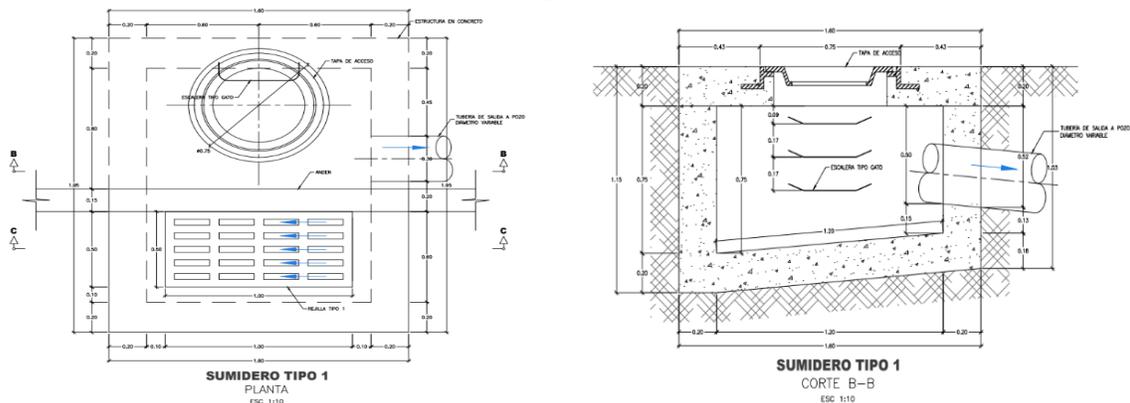
4.2 SUMIDEROS (NS-047)

4.2.1 Criterios de Localización de Sumideros

Los sumideros son estructuras importantes porque permiten la recolección de la escorrentía producida en la superficie de las áreas de drenaje y conducirlas al sistema de alcantarillado propuesto. Se proyecta la construcción de nuevos sumideros, tipo rejilla, que contarán con las condiciones físicas e hidráulicas para asegurar el correcto funcionamiento del sistema. Teniendo en cuenta los caudales calculados, se propone 2 tipos de sumideros, transversales (ST – 1) y laterales, teniendo en cuenta los diseños tipo de estas estructuras, establecidos en la norma NS-047 de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

En la siguiente figura se muestra esquemáticamente el sumidero tipo lateral, sin embargo, los sumideros se encuentran detallados en los planos de diseño.

Figura 3. Sumidero Lateral de Rejilla Caja Sencilla en la Vía



Fuente: (EAAB, 2020)

Los sumideros deben ubicarse como mínimo, cuando se presenten las siguientes situaciones:

- Puntos bajos y depresiones en los cuales son de esperarse concentraciones de escorrentía superficial y donde puede ser muy eficiente la captación.
- Cambios de pendiente longitudinal de las vías que en realidad corresponden a puntos bajos locales
- Antes de puentes, terraplenes y pompeyanos que corresponden a sitios donde se pueden presentar concentraciones de escorrentía superficial.
- Aguas debajo de puentes para captar la escorrentía generada por estos.
- Antes de las intersecciones de calles para evitar que el tráfico deba sortear las corrientes superficiales.

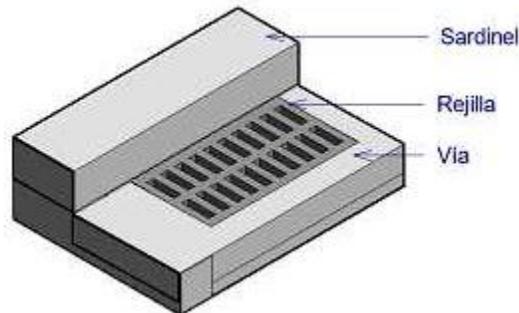
- Aguas arriba de los cruces peatonales para que los peatones no se vean obligados a cruzar la escorrentía.

4.2.2 Tipo de Sumideros

A continuación, se describe cada uno de los tipos de sumidero propuestos teniendo en cuenta la norma técnica NS-047 V 6.0 de la EAAB.

4.2.2.1 Sumidero De Rejilla Lateral

Figura 4. Vista Isométrica – Estructura de captación de rejilla

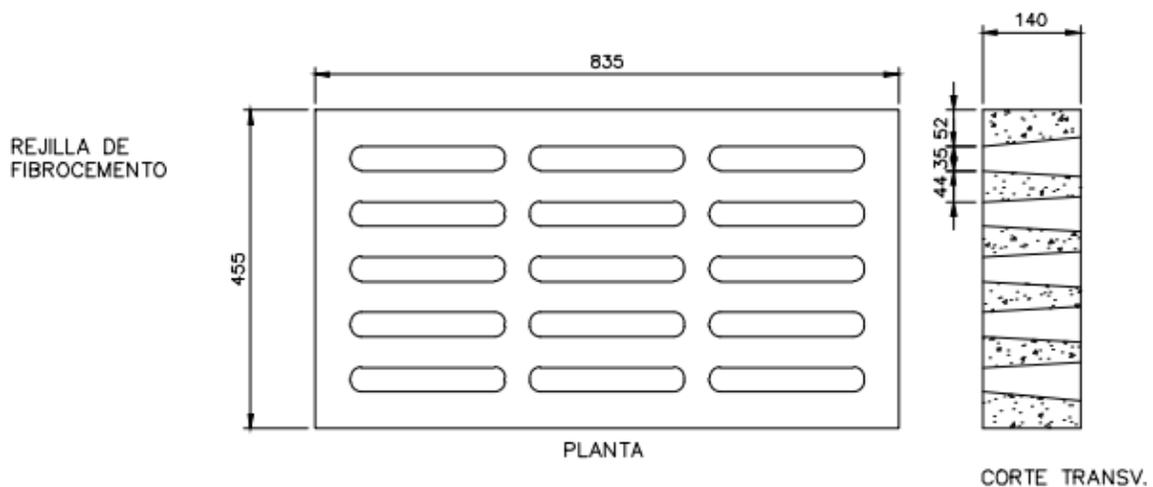


Fuente: (EAAB, 2020)

Los sumideros de rejilla laterales se consideran entradas de drenaje efectivas en autopistas o en vías donde los sedimentos no presentan un problema significativo, su capacidad de captación disminuye en pendientes longitudinales altas debido a las velocidades altas de flujo.

La rejilla que se propone para los sumideros de este tipo proyectados es la rejilla de 45.5 x 83.5 cm para sumidero, establecida en la Norma Técnica para Rejillas y Tapas para Sumideros NP-023 V 5.0 de la EAAB. A continuación, se muestra el esquema de dicha rejilla.

Figura 5. Rejilla de 45.5 x 83.5 cm Para Sumidero



Fuente: Norma Tecnica NP-023 V5.0., 2022

4.2.2.2 Sumidero De Rejilla Transversal

Consisten en cajas transversales a la vía y a todo ancho, cubiertas con rejillas. Su mayor inconveniente es el daño frecuente por el peso de los vehículos y la capacidad de desperdicios que reducen su área de captación de flujo. Se Utilizan en casos en que se requiera captar gran cantidad de flujo antes de que llegue a rodar por la vía.

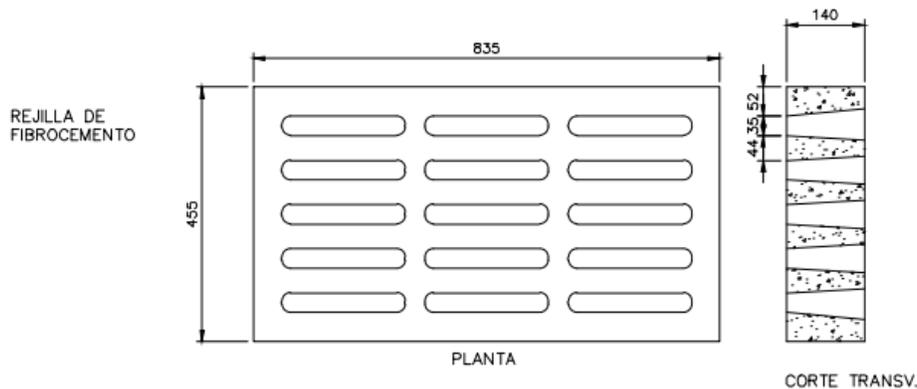
Figura 6. Estructura de captación de rejilla Transversal



Fuente: Maderplast., 2022

La rejilla que se propone para los sumideros de este tipo proyectados es la rejilla de 45.5 x 83.5 cm para sumidero, establecida en la Norma Técnica para Rejillas y Tapas para Sumideros NP-023 V 5.0 de la EAAB. A continuación, se muestra el esquema de dicha rejilla.

Figura 7. Rejilla de 45.5 x 83.5 cm Para Sumidero



Fuente: Norma Tecnica NP-023 V5.0., 2022

4.2.3 Diseño De Sumideros

El procedimiento de diseño consiste en determinar el espaciamiento de los sumideros, a partir de una geometría única de los mismos y su capacidad de captación, un caudal de diseño y un ancho de inundación de la vía permisible.

Para el dimensionamiento de la tubería de conexión del sumidero al sistema de alcantarillado pluvial, se debe utilizar un diámetro mínimo de 200, pendiente mínima de 2% y una longitud no mayor a 15 m.

4.2.3.1 Parámetros Y Procedimiento De Diseño Para La Ubicación De Los Sumideros

El ancho de inundación permisible de la vía está en función del tipo de vía, del tráfico vehicular y peatonal esperado.

Tabla 14 - Ancho de Inundación Admisible según Clasificación de la vía

Ancho de la vía (m)	Ancho de inundación admisible (m)
<6	2.0
≤6 y <7	3.0
≥ 7 y <9	3.5
≥ 9	4.0

**Nota: Si el bombeo es a los dos costados de la vía el ancho de inundación admisible deberá dividirse en dos (2)

Fuente: (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)

4.2.3.2 Procedimiento de diseño para sumideros en pendiente

A continuación, se describe el procedimiento para determinar el espaciamiento entre sumideros en una vía en pendiente, en la que el agua en la vía fluye en el sentido de la pendiente sin represamientos y donde parte del flujo es captado por un sumidero en consideración, continuando el caudal remanente hacia el siguiente sumidero y sumideros ubicados en bateas o puntos bajos.

En consecuencia, el espaciamiento de los sumideros en una vía en pendiente esta función del flujo no captado por el sumidero anterior aguas arriba (teniendo en cuenta que esta metodología reconoce que, en una vía en pendiente, un determinado sumidero no capta el 100% de la escorrentía superficial), el área de drenaje tributaria entre sumideros y la geometría de la vía.

PASO 1. Con base en los planos topográficos de la zona, se definen los límites de la cuenca y se establece la ubicación de los sumideros de acuerdo con los criterios de localización mencionados anteriormente y cualquier otra justificación que se considere pertinente.

PASO 2. Se definen las áreas de drenaje de los sumideros. Se calcula el caudal que llega al sumidero inicial, el cual corresponde al área de drenaje tributaria a este y otros correspondientes a caudales no captados por sumideros aguas arriba. Se determina el caudal total en la vía en el costado donde se encuentra el sumidero, sumando los caudales mencionados anteriormente.

PASO 3. Se determine el ancho de inundación de la vía "T" y la profundidad del flujo "d" junto al sardinel o andén:

a) Cálculo del ancho de inundación de la vía "T" El ancho de inundación de la vía se determina mediante la siguiente expresión:

$$T = \frac{Qn^{0.375}}{K_u S_x^{1.67} S_L^{0.5}}$$

Donde,

T= Ancho de inundación de la vía (m)

K_u = 0,376 (sistema métrico)

n= Coeficiente de Manning del pavimento 0,016

Q= Caudal total de escorrentía (m³/s)

S_x= Pendiente transversal de la vía (m/m)

S_l= Pendiente longitudinal de la vía (m/m)

b) Cálculo de la profundidad del agua junto al andén. La profundidad del flujo junto al sardinel se calcula con la siguiente expresión:

$$d = TS_x$$

Una vez obtenidos estos valores, se compara el valor de "T" con el ancho de inundación máximo permitido para la vía, y el valor de "d" con la altura del sardinel. Si estos valores se cumplen, se procede al siguiente paso. Si se exceden estos valores, se debe contraer el área de drenaje disminuyendo la distancia al sumidero y se repiten los pasos anteriores para verificar que los valores de los parámetros mencionados sean satisfactorios.

PASO 4. Se calcula el caudal interceptado "Q_i" por el sumidero, según el siguiente procedimiento calculando por separado el caudal que es recogido por la rejilla y el que recoge el acceso lateral así:

a) Cálculo del flujo interceptado por la rejilla. El caudal interceptado por la rejilla Q₁ se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q_1 = EQ$$

Siendo E la eficiencia de la rejilla, y Q el caudal por la vía.

b) Cálculo del flujo captado por la apertura lateral. Para la altura de la apertura lateral del sumidero de 15 cm, el caudal captado se calcula con el siguiente procedimiento:

1. Para efectos del diseño, se calcula la longitud requerida por la apertura lateral como si se fuese a captar la totalidad del caudal de escorrentía sobre la vía:

$$L_T = K_U Q^{0,42} S_L^{0,3} \left(\frac{1}{n S_x} \right)^{0,6}$$

Donde:

L_T= Longitud de la apertura para captar el 100% del flujo de la vía.

K_U=0,817 (sistema métrico)

Q= Se refiere al caudal total que corre por la vía

2. Se calcula la eficiencia de la captación para la longitud de la apertura establecida para el sumidero:

$$E = 1 - \left[1 - \frac{0,85}{LY} \right]^{1,8}$$

Donde: 0.85 Es la longitud de apertura lateral real en metros del acceso lateral.

3. Se calcula el caudal captado por la apertura. Q₂ = E * Q El valor del caudal total interceptado por el sumidero "Q_i" equivale a la suma de los caudales captados por la rejilla Q₁ y la apertura lateral Q₂.

PASO 5. Se determina el caudal no captado por el sumidero, Q_b : Q_b = Q - Q_i

PASO 6.- Se continua con el siguiente sumidero localizado aguas abajo, teniendo en cuenta que existe un caudal de sobrepaso o no captado Q_b del sumidero anterior, el cual debe sumarse al caudal tributario al sumidero siguiente para llevar a cabo los pasos anteriores.

4.2.3.3 Procedimiento de diseño para sumideros en batea

Para el cálculo de sumideros en depresiones, puntos bajos o bateas, en los cuales las líneas de corriente confluyen desde cualquier dirección hacia el sumidero. Inicialmente se define el área aferente al sumidero con base en la geometría de la vía. Una vez definida el área, se calcula el caudal aferente al sumidero. Se calculan los valores de T y d según el siguiente procedimiento: El Ancho de inundación "T" ocupado por la escorrentía en la vía se deduce de la siguiente ecuación:

$$T = \left(\frac{Q_n}{K_n S_x^{1,67} S^{0,5}} \right)^{0,375}$$

Donde,

T= Ancho de inundación de la vía (m)

$K_u = 0,376$ (sistema métrico)

n= Coeficiente de Manning del pavimento 0,016

Q= Caudal total de escorrentía (m^3/s)

S_x = Pendiente transversal de la vía (m/m)

S_l = Pendiente longitudinal de la vía (m/m)

Profundidad del flujo en la cuneta "d":

$$d = T * S_x$$

En caso de que los valores de T y d no cumplan con los valores de diseño según el numeral 6.2, se incrementa el número de sumideros hasta que se satisfagan las condiciones de diseño. El caudal captado por el sumidero se calcula con las siguientes ecuaciones:

Caudal captado por la rejilla:

$$Q_i = C_w P d^{1,5}$$

Donde:

P= Perímetro de la rejilla descartando el lado junto al sardinel.

$C_w = 66$

D= Profundidad del flujo sobre la rejilla.

Caudal captado por la apertura en el andén:

$$Q_i = C_w (L + 1,8W) d^{1,5}$$

Donde,

$C_w = 1,25$

L= Longitud de la apertura

W= Ancho de la depresión

D= Profundidad junto al sardinel

4.3 SUDS (NS-166)

La norma técnica de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá NS-166 “Criterios para Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible” da los lineamientos y metodologías para el diseño, construcción, mantenimiento, materiales y principales actividades enfocadas a las diferentes estructuras.

4.3.1 Aspectos de construcción

Los sistemas de drenaje urbano sostenibles (SUDS) requieren alto grado de precisión en los aspectos de diseño y constructivos, estos sistemas pueden implementarse en zonas ya desarrolladas o áreas de nuevos desarrollos. Para las áreas desarrolladas es necesario identificar en qué condiciones se encuentra el sistema de drenaje existente y como es la dinámica en el área de estudio, para así identificar que tipologías demuestran una mejora en cuanto al manejo de la escorrentía. (EAAB, 2018)

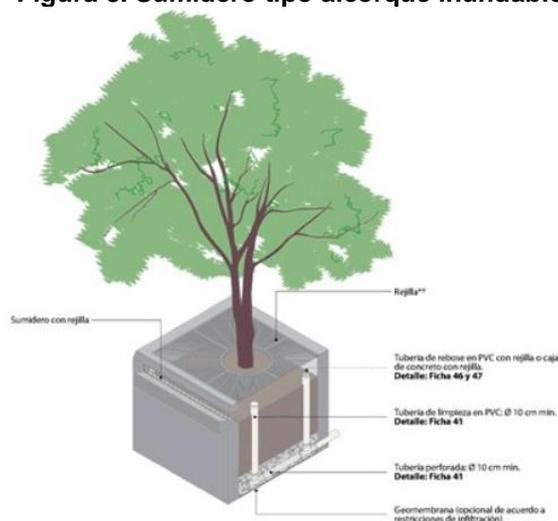
4.3.2 Tipologías

4.3.2.1 Alcorque Inundable

Se utilizan para el almacenamiento de escorrentía reduciendo el volumen de agua superficial y mejoramiento de la calidad del agua, en la mayoría de los casos se instalan en los andenes.

Esta tipología se compone de una caja de concreto o contenedor de raíces, una tubería de rebose, una tubería de limpieza y una tubería perforada que permite el paso de las aguas de excedencia hacia el sistema de drenaje y/o hacia los otros alcorques (ver Figura 8)

Figura 8. Sumidero tipo alcorque inundable.



Fuente: (Criterios Para Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS), 2018)

Las restricciones técnicas para la implementación de alcorques inundables se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15. Restricciones de implementación de alcorques inundables

RESTRICCIÓN	VALOR NORMA	UNIDADES
Pendiente longitudinal	<10	%
Distancia al nivel freático	>1	m
Tasa de infiltración del suelo	>7	mm/h

RESTRICCIÓN	VALOR NORMA	UNIDADES
Distancia a cimientos	>2	m

Fuente: (Criterios Para Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS), 2018)

Los alcorques inundables son sistemas de apariencia similar a los árboles que se disponen en los andenes, pero presentan un conjunto de modificaciones que los hacen adecuados para el manejo de la escorrentía. Estas modificaciones tienen el objetivo de incrementar la habilidad del árbol para reducir la escorrentía y proveer condiciones para que este pueda soportar problemas asociados a las inundaciones y la interacción con estructuras circundantes. Por este motivo, en los alcorques inundables se disponen suelos modificados que están en capacidad de almacenar la escorrentía y permitir la expansión de las raíces. A su vez, como parte de la implementación de este sistema se disponen mecanismo para canalizar y dirigir la escorrentía al alcorque. (Universidad de los Andres - Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental, 2016)

4.3.2.1.1 Alcorque inundable independiente (Sencillo)

Es una estructura que permite mediante adecuado diseño el almacenamiento o retención de agua de escorrentía mejorando las condiciones del drenaje de la zona. En su interior contiene material filtrante que tiene como función permitir la infiltración y también ayuda a mantener o soportar la posible vegetación que puede o no llevar, en este proyecto se utilizara para contenga un tipo de especie arbórea que facilite esta función y que ha recomendado el Jardín Botánico de Bogotá.

Este tipo de SUDS puede funcionar por rebose o por descarga por medio de una tubería que descarga a una caja de recibo. En este caso se utiliza la descarga al sistema de drenaje de la vía por medio de cajas y tuberías.

La ubicación de este sistema Alcorque inundable sencillo, depende del espacio dentro del diseño proyectado que depende entre otros principalmente de lo siguiente:

- Del diseño de redes de alcantarillado pluvial, que permita en que la zona donde se ubique, las cotas permitan la descarga del SUDS
- Del diseño de las otras redes (energía, Comunicaciones) que no interfieran con la ubicación y el sistema de descarga
- Del diseño Urbanístico del corredor para evitar interferencias con elementos como ciclovía, mobiliario urbano, pasos peatonales,
- Del diseño Paisajístico, que permite o favorece la utilización de este sistema utilizando especies que pueden ir contenidos dentro de esta estructura (alcorque), mejorando el balance.

4.3.2.1.2 Sistema de alcorques dobles y triples

Consiste en disponer de dos o tres alcorques en serie que se conectan mediante tubería de 6" y entregan a una caja de recibo. Al igual que los sencillos funciona por descarga a través de tubería al sistema de drenaje pluvial proyectado. Lograr tener en serie dos o tres alcorques mejora las condiciones porque al disponerlos de esta manera se aumenta la capacidad, reduciendo el volumen de escorrentía.

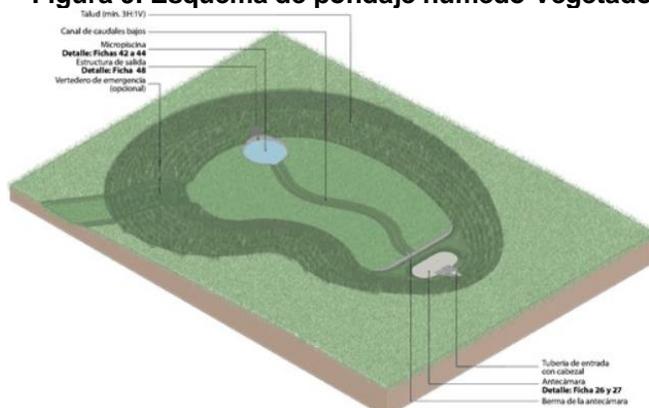
4.3.2.2 Cuenca seca de drenaje extendido

Es una zona permeable estructurada mediante una depresión, configurada mediante taludes laterales que facilitan almacenar temporalmente los volúmenes de escorrentía para así infiltrar, evaporar, drenar y/o evacuar el volumen almacenado (ver Figura 9). Es importante resaltar que esta estructura es la que requiere de una mayor área.

De igual manera, esta tipología requiere de componentes estructurales adicionales como disipador

de energía, antecámara, canal de caudales bajo y micro piscina, entre otros, así como estar alineada con un componente paisajístico para acoplarse con el sitio de ubicación.

Figura 9. Esquema de pondaje húmedo Vegetado.



Fuente: (Criterios Para Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS), 2018)

Las restricciones técnicas para la implementación de cuenca seca de drenaje extendido se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16. Restricciones de distancias para localización de pondajes húmedos

Restricción	Valor Norma	Unidades
Pendiente longitudinal	>1;<15	%
Distancia al nivel freático	>3	m
Tasa de infiltración del suelo	>7	mm/h
Distancia a cimientos	>6	m

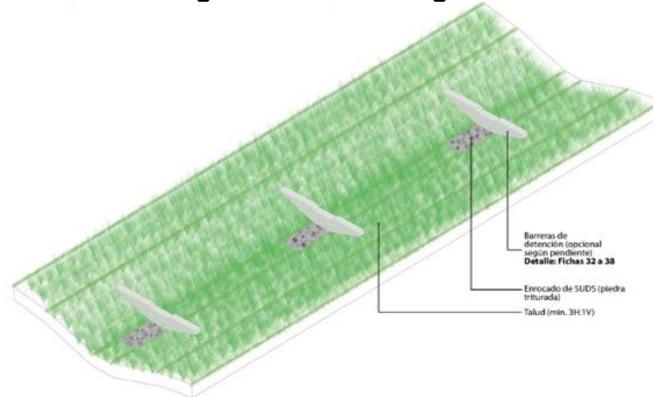
Fuente: (Criterios Para Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS), 2018)

4.3.2.3 Cunetas verdes

Son cunetas vegetadas de sección triangular o trapezoidal con una pendiente lateral baja, permitiendo la concentración y conducción de escorrentía. Cuando la pendiente es mayor a 0.02 m/m se deben implementar barreras para reducir la pendiente. Las cunetas verdes cuentan con una tubería de entrada que permite el ingreso de agua a la estructura y un dissipador de energía para evitar erosión en el suelo. Están acompañadas con franjas de césped a ambos costados para direccionar el flujo hasta la misma.

La localización de las cunetas verdes se prefiere en zonas del espacio público como separadores viales (ver Figura 10).

Figura 10. Cuneta vegetada



Fuente: (Criterios Para Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS), 2018)

Las restricciones técnicas para la implementación de cunetas verdes se presentan en la Tabla 17 se presentan los requerimientos mínimos de cada uno de los parámetros de diseño de las cunetas verdes.

Tabla 17. Restricciones de implementación cuneta verde

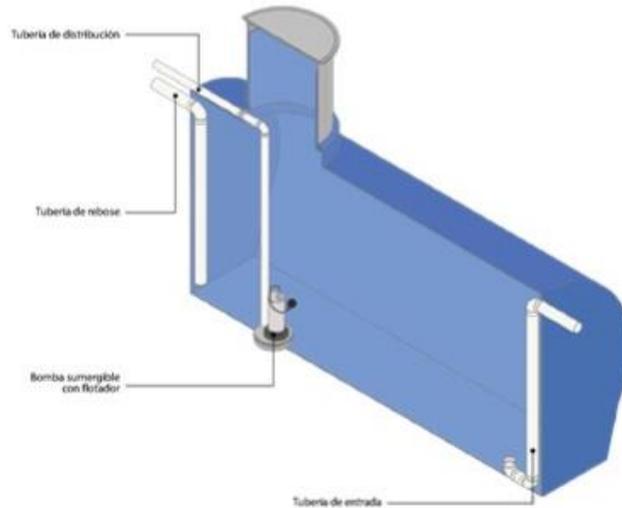
Restricción	Valor	Unidades
Pendiente longitudinal	>1;<10	%
Distancia al nivel freático	>1,5	m
Tasa de infiltración del suelo	>13	mm/h
Distancia a cimientos	>4	m

Fuente: (Criterios Para Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS), 2018)

4.3.2.4 Tanque de Almacenamiento

Se definen como estructuras rígidas, en la que la función principal es la retención del volumen de escorrentía generado en un evento de lluvia, esta agua no potable puede ser reutilizada o drenada al sistema. Los tanques de almacenamiento no tienen como función el mejoramiento de la calidad del agua almacenada, por lo cual es necesario la implementación de estructuras de pretratamiento a fin de evitar el mantenimiento frecuente de este tipo de estructuras y así poder reducir la cantidad de contaminantes presentes en el agua, y prevenir obstrucciones a la entrada y salida del tanque debidas a sedimentos y/o otros contaminantes que puedan ingresar al mismo. Estas estructuras pueden ser superficiales y/o subterráneas.

Figura 11. Tanque almacenamiento.



Fuente: (Criterios Para Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS), 2018)

Las restricciones del sitio para la implementación de tanques de almacenamiento se presentan en la Tabla 18.

Tabla 18. Restricciones del sitio para la implementación de tanques de almacenamiento

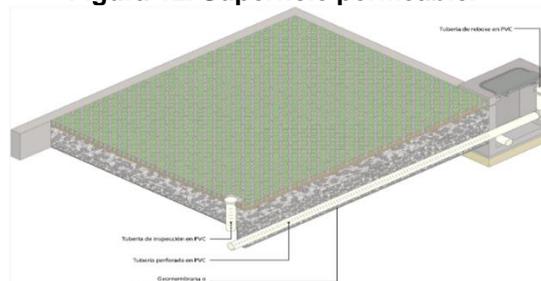
Restricción	Valor Norma	Unidades
Pendiente longitudinal	>1	%
Distancia al nivel freático	>2	m

Fuente: (Criterios Para Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS), 2018)

4.3.2.5 Pavimentos Permeables

Los pavimentos permeables son superficies asfálticas no convencionales, con baja capacidad de soporte lo que los hace poco viables en vías de tráfico pesado. Los pavimentos permeables permiten mejorar la calidad de la escorrentía y disminuir los caudales pico al transportar las aguas hacia el subsuelo durante los eventos de lluvias, estas aguas pueden ser infiltradas y/o almacenadas en otras estructuras complementarias para usos posteriores. Presentan como desventaja el mantenimiento de las superficies debido a la alta tasa de colmatación presente en la estructura de pavimento (ver Figura 12).

Figura 12. Superficie permeable.



Fuente: (Criterios Para Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS), 2018)

En la Tabla 19 se presentan las restricciones que se tienen para su implementación en los corredores.

Tabla 19. Características de las variables de diseño de los pavimentos porosos

Restricción	Unidades	Valor Norma
Pendiente Longitudinal	%	> 0,5 < 5
Distancia al nivel freático	m	> 3
Tasa de Infiltración del suelo	mm/h	> 13
Distancia a cimientos	m	> 6

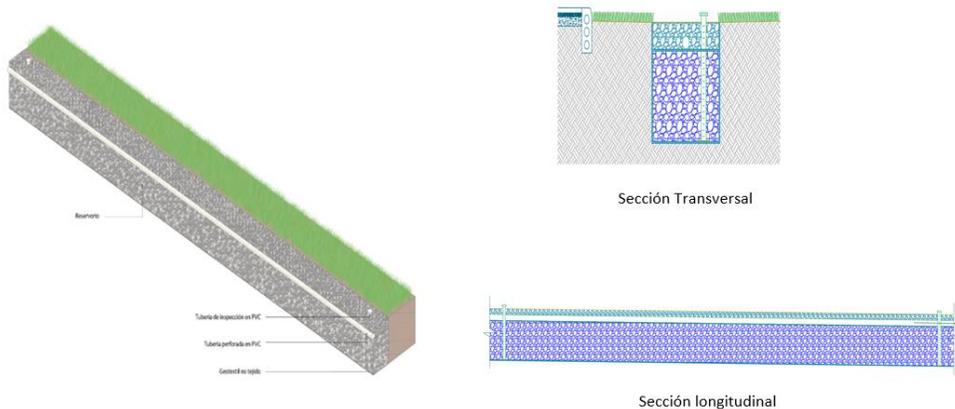
Fuente: (Criterios Para Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS), 2018)

4.3.2.6 Zanjas de infiltración

Esta estructura está conformada por una zanja de tipo lineal en la cual se dispone en el fondo un geotextil para evitar la saturación de los suelos y posibles filtraciones a predios en caso de ser necesario, sobre el geotextil y/o el fondo de la zanja se procede a colocar un material filtrante el cual se encarga de retener los contaminantes que pueda traer el agua, actuando como filtro para así permitir la percolación e infiltración las aguas al subsuelo y/o trasportarlas a otra estructura complementaria (ver Figura 14).

A continuación, se presentan las restricciones que se tienen para su implementación (ver Tabla 20).

Figura 13. Dren filtrante vegetado con capas granulares en separador



Fuente: DTS de SUDS de la Secretaria Distrital de Ambiente (2011).

Tabla 20. Tasas estimadas de remoción de contaminantes para filtros.

Restricción	Valor Norma	Unidades
Pendiente Longitudinal	> 1 < 5	%
Distancia al nivel freático	> 3	m
Tasa de Infiltración del suelo	> 7	mm/h
Distancia a cimientos	> 6	M

Fuente: (Criterios Para Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS), 2018)

4.3.2.7 Zona de Bio-retención

Esta tipología permite la detección total o temporal del agua la cual es infiltrada hacia el subsuelo permitiendo así la reducción de los caudales de escorrentía que llegan al sistema convencional. De

esta forma, las zonas de bio-retención son áreas con depresiones, a las cuales se les realiza un mejoramiento de los suelos con un sustrato, una capa filtrante y una capa de drenaje que permite que el agua captada drene al sistema convencional. Sobre el suelo mejorado se realiza la siembra de la capa de cobertura vegetal, siendo de gran importancia el mantenimiento de la misma, para garantizar su buen funcionamiento (ver Figura 14).

Figura 14. Zona de bio-retención.



Fuente: (Criterios Para Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS), 2018)

Las restricciones del sitio para la implementación de zonas de bio-retención se presentan en la Tabla 21.

Tabla 21. Restricciones de implementación de zonas de bio-retención

RESTRICCIÓN	VALOR NORMA	UNIDADES
Pendiente longitudinal	<10	%
Distancia al nivel freático	>1.8	m
Tasa de infiltración del suelo	>7	mm/h
Distancia a cimientos	>6	m

Fuente: (Criterios Para Diseño y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS), 2018)

5 ANTECEDENTES

Existe un acelerado crecimiento poblacional humano a lo largo del último siglo, el cual se manifiesta en aglomeraciones urbanas acentuado por una migración desde las áreas rurales y que generan procesos de expansión desordenados y no planificados. La urbanización ha aportado a la transformación de los ecosistemas, el aumento en el cambio climático y el desequilibrio del ciclo hidrológico provocando fenómenos meteorológicos extremos y el aumento de inundaciones. (Bermúdez Valero, 2021)

La expansión urbana genera impactos en la hidrología de las cuencas hidrográficas intervenidas, aumentando las tasas y volúmenes de escorrentía donde a su vez se disminuyen las tasas de infiltración y el flujo base causando aumento en la frecuencia y magnitud de las inundaciones. (Galarza-Molina, 2017)

Bogotá y la Sabana de Bogotá presentan un acelerado crecimiento urbano y rural, donde se generan consecuencias territoriales, espaciales y ambientales por los conflictos en el cambio del uso de suelo y altos grados de contaminación. De igual manera se afectan recursos naturales como los humedales, ríos y sus rondas hídricas, cerros, entre otros generando impactos negativos (Montañez Lopez, 2013). La expansión urbana en Bogotá no tiende a un patrón definido, donde su

crecimiento no organizado genera ocupación en zonas de alto valor ecológico y marginalidad.(Preciado, 2005).

El sector de Mochuelo Bajo, localizado en la localidad de Ciudad Bolívar en la ciudad de Bogotá, es considerado como una de las zonas de Bogotá con más baja disponibilidad de coberturas verdes, donde hay un árbol por cada 15 habitantes (Castiblanco, 2020)

Uno de los problemas radica en la localidad de Ciudad Bolívar no hay presencia suficiente de parque urbanos y áreas verdes por persona, para el año 2017 se tiene un indicador de 9,3 hectáreas por habitante el cual está dos hectáreas por debajo comparada con el promedio de Bogotá que es de 11,3 (Secretaria de Planeación de Bogotá, 2020).

En la localidad de Ciudad Bolívar se tienen registrados 220 asentamientos informales y presenta una densidad poblacional alta, para la zona del Mochuelo se tiene un reporte de 5 habitantes por hectárea. De igual manera, la tasa de crecimiento poblacional se encuentra en 1.95% mientras que para el promedio de Bogotá la tasa es de 1,25% (Secretaria de Planeación de Bogotá, 2020). Lo cual indica una alta expansión urbana y crecimiento poblacional en la localidad.

Bogotá presenta dos épocas de lluvia al año, la primera en los meses de marzo abril y mayo y la segunda en los meses de septiembre, octubre y noviembre. El incremento en las zonas urbanizadas genera un aumento en la impermeabilidad de los suelos, produciendo mayores volúmenes de escorrentía y aumentando las velocidades de los flujos naturales, por lo que el tiempo de concentración se ve disminuido, los caudales base son más bajos en las épocas de estiaje incrementando los niveles de contaminación y se presenta un aumento en los caudales pico que deben transportar las redes de alcantarillado. Por lo que la gestión de la escorrentía en la ciudad de Bogotá es uno de los grandes desafíos que se presentan ya que la amortiguación de las aguas lluvias se vuelve más difícil de manejar porque existen pocas coberturas vegetales que ayuden a interceptar el agua. (Santos Granados & Cubides, 2018).

Según el portal weatherpark.com, en la ciudad de Bogotá, la temporada de lluvias dura aproximadamente de 8 a 9 meses, en consecuencia, se tiene una probabilidad de más del 50% de que un día sea un día mojado.

Según el IDEAM, la temperatura promedio de la ciudad de Bogotá es de 13,1 °C, durante el día la temperatura máxima se encuentra entre los 18°C y 20°C y la temperatura mínima entre los 8C y los 10°C, llegando en algunos casos a los 5°C.

Tradicionalmente, el manejo de aguas lluvias se traza con el objetivo de evacuar lo más rápido posible la escorrentía generada y evitar problemas como los empozamientos en áreas pobladas, lo que ha llevado a que las ciudades y centros poblados diseñen complejas redes de alcantarillado, combinado o pluvial para cumplir con este objetivo. Sin embargo, como se está observando un crecimiento no controlado y la impermeabilización de los suelos aumenta con el tiempo, los sistemas convencionales de alcantarillado combinado o pluvial en la mayoría de los casos paulatinamente comienzan a funcionar a capacidad máxima, y en el peor de los casos se sobrecarga y colapsa. Por lo que, la solución se basa generalmente en ampliar la red y reemplazarla por diámetros cada vez mayores, pero esta alternativa es costosa y tiende a ser ineficiente para las ciudades altamente desarrolladas (Martinez Acosta, 2017).

Para el caso específico del sector de Mochuelo Bajo, el sistema de alcantarillado funciona como un sistema combinado, sin embargo, su propósito original es de tipo netamente sanitario. En el sector se presentan conexiones artesanales a los pozos del sistema, lo cual conlleva a que el alcantarillado opere como un alcantarillado combinado. Dichas conexiones se realizan con el fin de amortiguar los efectos producidos por los altos volúmenes de precipitación que se presentan en la zona.

De igual manera, los sumideros existentes no se encuentran en buen estado, debido a la falta de

mantenimiento, lo cual ha provocado que se colmaten o taponen con basuras, escombros y el arrastre de sedimentos propio de las vías en mal estado como se observa en la Figura 15.

Figura 15 Estado actual de los sumideros



Fuente: (INALTER S.A.S., 2022)

Actualmente el sector de Mochuelo Bajo cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales la cual se encuentra en malas condiciones y no está en operación debido a la falta de mantenimiento. Por lo que la descarga actual de las aguas residuales y pluviales se realiza directamente al suelo, donde por la acción del agua se ha formado un canal el cual conduce los vertimientos a la Quebrada Aguas Claras. (INALTER S.A.S., 2022)

Figura 16 Descarga aguas residuales a la quebrada Aguas Claras



Fuente: (INALTER S.A.S., 2022)

Se observa una sobreexplotación de los recursos naturales en el sector del Mochuelo Bajo por las

ladrilleras las cuales afectan el suelo, el aire, el agua y genera problemas adicionales como contaminación y conflictos sociales entre otros, acompañado de los problemas ambientales que genera el Relleno Sanitario Doña Juana, el cual se ubica en el costado sur del sector, por lo que se ha visto una afectación en la contaminación de las fuentes hídricas, la alteración de los cauces naturales, contaminación en los suelos, degradación y erosión en los suelos y disminución de especies animales y vegetales en la zona. (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR y Grupo de investigación en Derechos Humanos de la Facultad de Jurisprudencia de la Universidad del Rosario, 2022).

La zona del Mochuelo se caracteriza por ser una zona de extracción y explotación minera, en el área existe el Parque Industrial de Mochuelo, el cual tiene mayor extensión y se encuentra en operación, de igual manera, existen otras canteras con orden de cierre y recuperación y otras que tienen contratos de hasta 30 años. Esta situación genera una problemática socioambiental la cual es manifestada por los habitantes del sector y que genera un desequilibrio ecológico y paisajístico. De igual manera, se han desviado los cauces naturales en las zonas de explotación, lo cual genera un cambio en la hidrodinámica de la zona. (INALTER S.A.S., 2022).

El problema de explotación minera que se presenta en el área de estudio, sumado al mal estado de las vías (ver **Figura 17**), potencializa un problema en el aumento del arrastre de sedimentos y material particulado a los sumideros existentes del sistema de alcantarillado combinado y a la quebrada Aguas Claras, lo cual provoca que se colmaten las redes existentes y la quebrada aumente los niveles de contaminación.

Figura 17 Estado vial



Fuente: (INALTER S.A.S., 2022)

Adicionalmente, el sector de Mochuelo Bajo tiene actualmente, grandes problemáticas en relación a la evacuación de las aguas lluvias, ya que el sector ha sufrido modificaciones del suelo debido a su crecimiento urbano acelerado y por consiguiente los sistemas de drenaje y amortiguación naturales, como lo son quebradas y humedales, no cuentan con la capacidad para conducir o retener la totalidad de la escorrentía generada. Es así, que, en la zona se presentan inundaciones en épocas de lluvias (ver **Figura 18**), las cuales afectan directamente a la población residente.

Figura 18 Zona de Inundaciones Sector Lagunitas Mochuelo Bajo



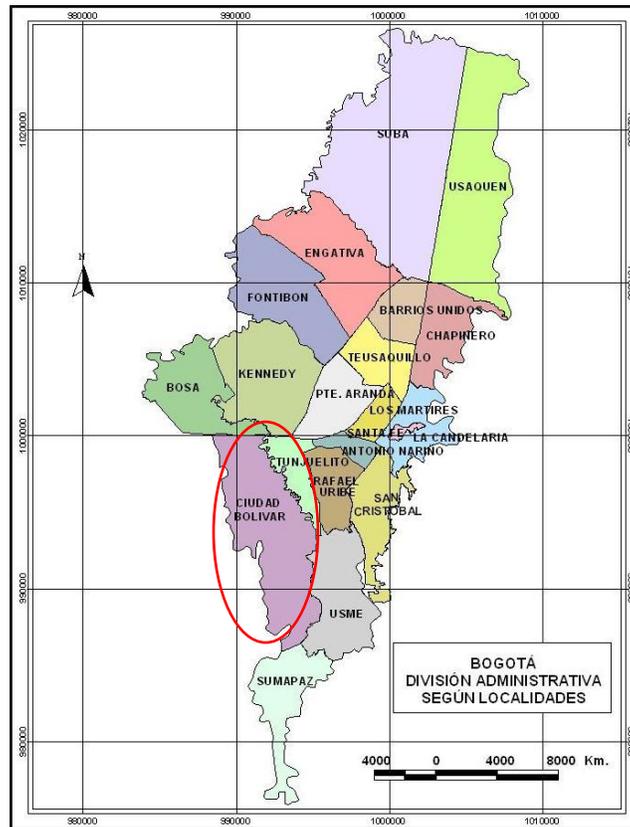
Fuente: (INALTER S.A.S., 2022)

Según la (Secretaría de Planeación de Bogotá, 2020), las principales problemáticas ambientales en la localidad de Ciudad Bolívar se basan en: el manejo inadecuado de los residuos sólidos los cuales son dispuestos en las rondas de las quebradas o cuerpos de agua y alcantarillas, disposición de escombros sobre la ronda de las quebradas, contaminación de los cuerpos de agua, afectación a los suelos por procesos de expansión urbana, contaminación atmosférica, déficit en servicios públicos y degradación del paisaje por procesos extractivos.

6 ZONA DE ESTUDIO

La Unidad de Planeamiento Rural (UPR) de Ciudad Bolívar identificada con número 919 pertenece a la Localidad 19 de Ciudad Bolívar. Según informe de Catastro de Bogotá la UPR se encuentra al sur de Ciudad Bolívar al suroccidente de la ciudad de Bogotá. Limita al norte con las UPZ Jerusalén y Lucero; al sur con la zona rural de Usme y la UPZ Monte Blanco; al oriente con las UPZ Mochuelo y el Tesoro, y al occidente limita con municipio de Soacha.

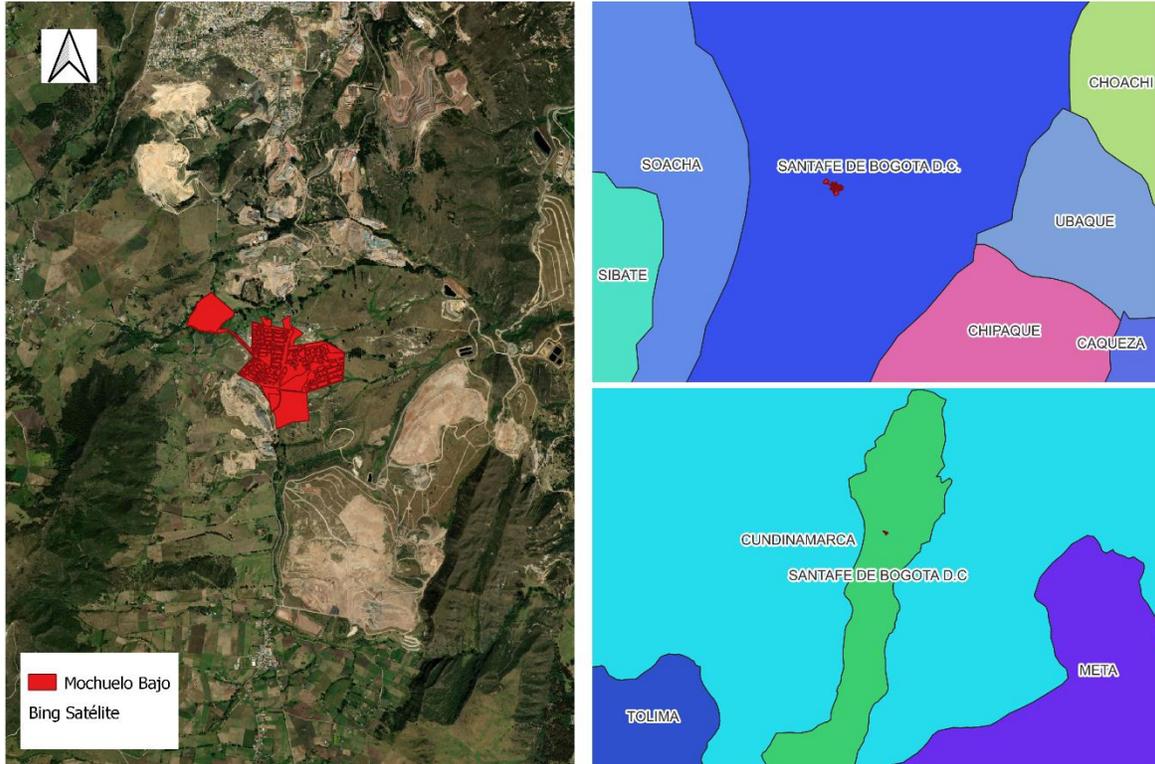
Figura 19. Localización Mochuelo Bajo



Fuente: Alcaldía Local de Ciudad Bolívar.

Con un área total de 828,54 hectáreas y un 8,62% de participación sobre el suelo rural de la Localidad, la Vereda Mochuelo Bajo Limita al norte y al oriente con el área urbana de la Localidad, al sur con la Vereda de Mochuelo Alto y al occidente con las Veredas de Quiba Alta y Quiba Baja, en donde el área de influencia directa son los barrios de la Esmeralda, Lagunitas, paticos, Barranquitos y la vereda.

Figura 20. Localización Mochuelo Bajo



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

7 CLIMATOLOGÍA DEL AREA DE ESTUDIO

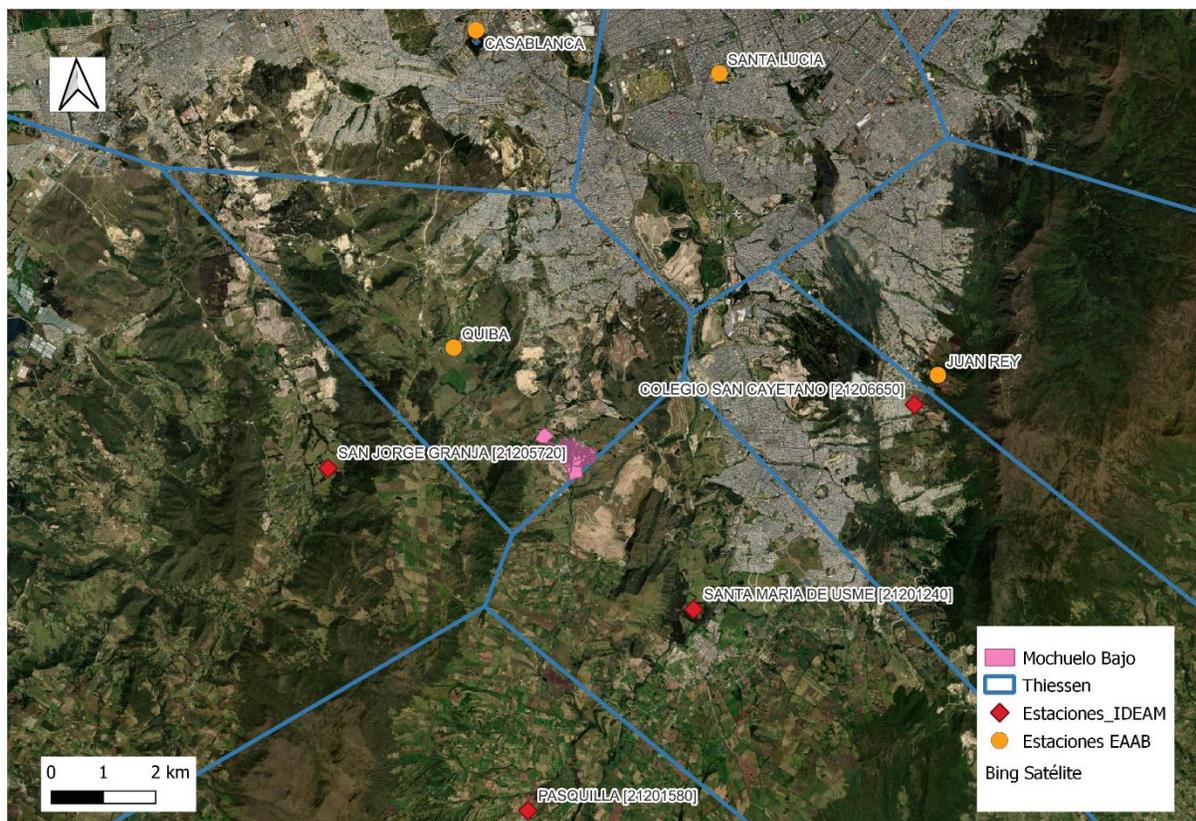
Para hacer la caracterización hidrológica de las cuencas hidrográficas y áreas aferentes en la zona de estudio, se realizó una búsqueda de estaciones hidroclimáticas, seleccionando aquellas cuya distribución geográfica es representativa para la localización del área de estudio, dando como resultado, un conjunto de diez (10) estaciones conformadas por estaciones medidoras de parámetros meteorológicos: precipitación y temperatura. En la Tabla 22, se presentan cada una de las estaciones identificadas en la zona de estudio con sus respectivas características y en la Figura 21 la respectiva localización.

Tabla 22. Estaciones climatológicas en el área de estudio

ID	CÓDIGO	NOMBRE	CATEGORÍA	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	FECHA INTALACIÓN	ELEVACIÓN m.s.n.m	ENTIDAD
1	21201580	Pasquilla	Pluviométrica	Bogotá, D.C	Bogotá, D.C	14/11/1981	3000	IDEAM
2	21201240	Santa Maria De Usme	Pluviométrica	Bogotá, D.C	Bogotá, D.C	15/12/1977	2800	IDEAM
3	21205720	San Jorge Granja	Climática Ordinaria	Cundinamarca	Soacha	15/04/1960	2900	IDEAM
4	21206650	Colegio San Cayetano	Climática Ordinaria	Bogotá, D.C	Bogotá, D.C	15/11/2001	3100	IDEAM
5	21205580	Venado Oro Vivero	Climática Ordinaria	Bogotá, D.C	Bogotá, D.C	15/08/1965	2725	IDEAM
6	21201600	Sede IDEAM Kra 10	Pluviográfica	Bogotá, D.C	Bogotá, D.C	14/09/1986	2685	IDEAM
7	2120052	Santa Lucia	PVG	Bogotá, D.C	Bogotá, D.C	6/06/1956	2630	EAAB
8	2120197	Casablanca	PVG	Bogotá, D.C	Bogotá, D.C	5/05/1976	2665	EAAB
9	2120204	Juan Rey	PVG	Bogotá, D.C	Bogotá, D.C	20/08/1990	2985	EAAB
10	2120205	Quiba	PVG	Bogotá, D.C	Bogotá, D.C	7/01/1990	3000	EAAB

Fuente: (Elaboración Propia, 2022) (IDEAM, 2022)

Figura 21. Localización estaciones climatológicas en el área de estudio



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

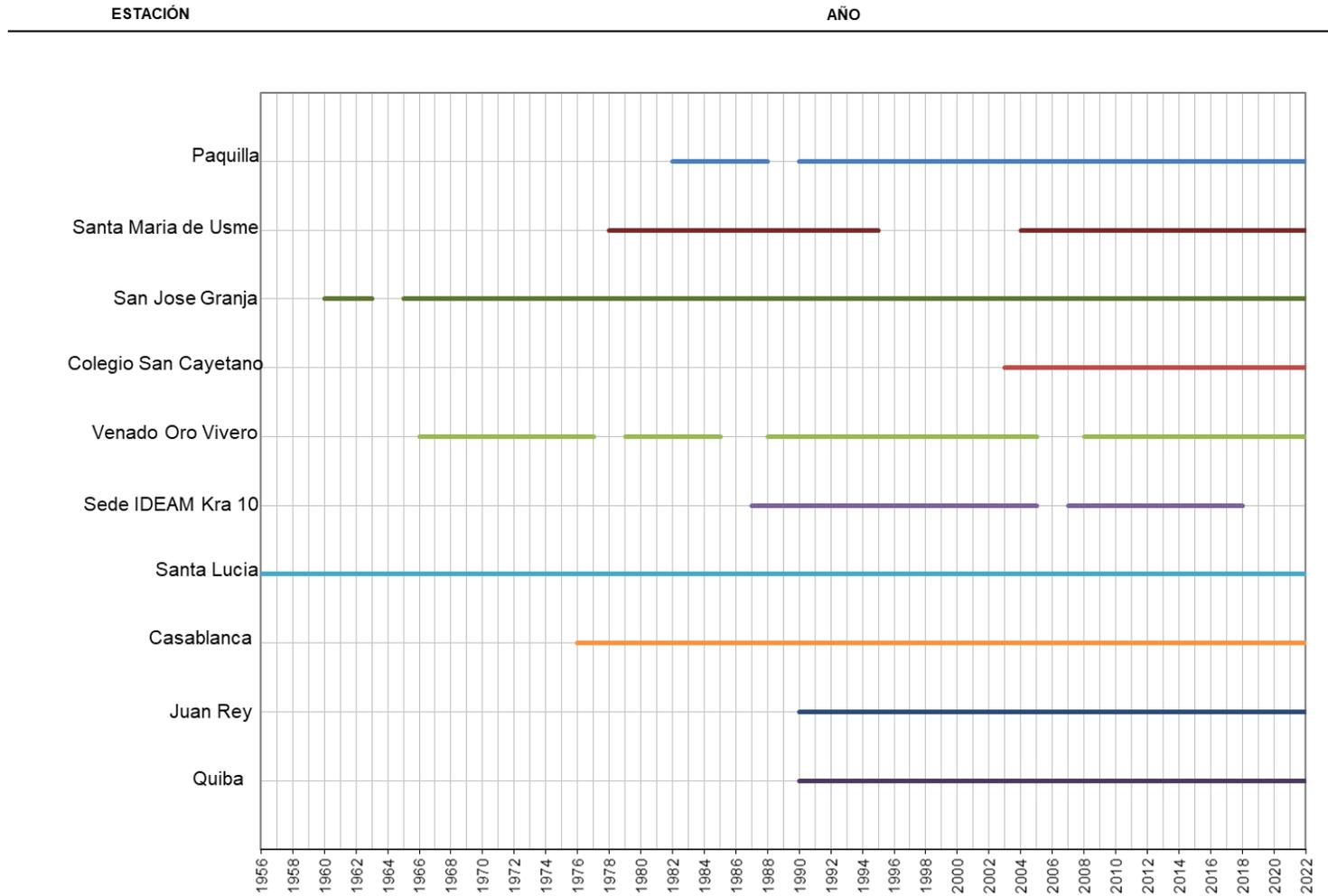
7.1 ANÁLISIS INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA

7.1.1.1 Análisis Periodos de Registros Históricos Estaciones climatológicas

Ya que se han identificado y seleccionado las estaciones hidroclimatológicas aferentes al área de estudio, se deberán validar los registros históricos de estas con un análisis de homogeneidad y confiabilidad para así determinar las condiciones hidrológicas en las cuencas y asociadas al área de estudio del proyecto. En la Figura 22 se presentan los periodos de registro de cada una de las estaciones hidroclimatológicas identificadas en la zona de estudio asociadas al área de estudio del proyecto (las que tienen cercanía con la zona del proyecto). Dentro del Anexo 1. Estaciones Hidroclimatológicas se incluye la información suministrada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) de cada una de las estaciones identificadas en la zona de estudio.

Figura 22. Diagrama de Barras de Registros Históricos

DIAGRAMA DE BARRAS DE REGISTROS HISTÓRICOS



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Luego de revisar los registros históricos de las estaciones hidroclimatológicas, se ha identificado que las estaciones climatológicas, cuentan con un periodo de registro adecuado del parámetro de precipitación, por lo cual serán tenidas en cuenta para el respectivo análisis que se desarrollará más adelante de este parámetro.

Para las seis (6) estaciones climatológicas preseleccionadas, entre las cuales se encuentran pluviográficas, pluviométricas, climatológicas ordinarias, se debe determinar la influencia que tiene cada una de estas sobre las cuencas hidrográficas objeto de estudio, para lo cual se utilizarán los polígonos de Thiessen. A partir de la herramienta computacional QGIS o ArcGIS y de la localización geográficas de las estaciones climatológicas identificadas, en la Figura 21 se presentan los polígonos de Thiessen establecidos.

A partir de los polígonos de Thiessen definidos, se han seleccionado un total de una estación la cual influencia directamente a las áreas aferentes, siendo estas la estación Quiba de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB).

7.1.1.2 Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia

La estación pluviográfica Quiba cuenta con las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia, construidas por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), la cual está dada por la siguiente ecuación.

$$Intensidad = C_1(DURACIÓN + X_0)^{C_2}$$

Donde, los factores C_1 , X_0 y C_2 , están dados por los siguientes valores:

Tabla 23. Datos estación pluviografica Quiba

Estación	Periodo de Retorno (Años)																	
	3			5			10			25			50			100		
	C1	Xo	C2	C1	Xo	C2	C1	Xo	C2	C1	Xo	C2	C1	Xo	C2	C1	Xo	C2
Quiba	791,52	19,2	-0,863	1089,8	20,7	-0,894	1439,9	21,5	-0,915	1920,4	22,4	-0,935	2317,1	22,9	-0,949	2771	23,7	-0,964

Fuente: (Elaboración Propia, 2022) a partir de datos de la EAAB

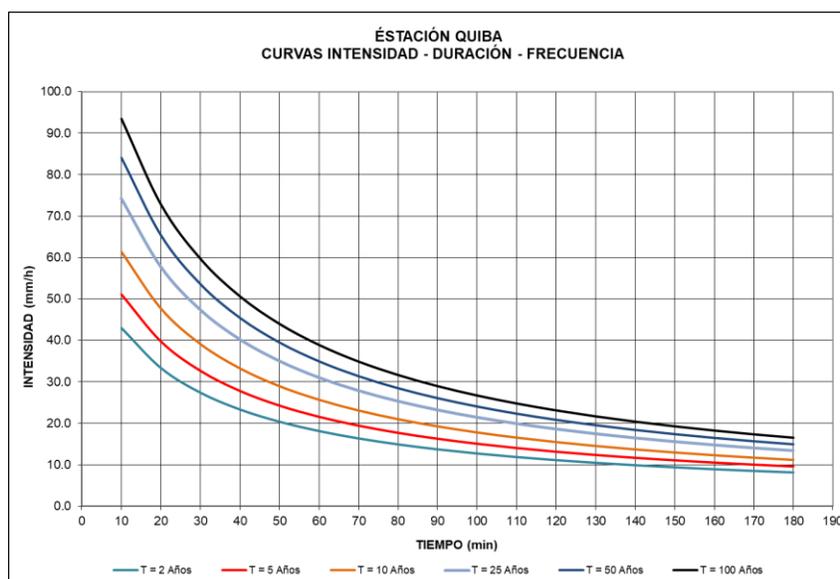
Obteniendo así las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia mostradas en la Tabla 24 y la Figura 23

Tabla 24. Curvas I-D-F Estación Quiba

Tiempo (min)	Periodo de Retorno (Años)					
	3	5	10	25	50	100
5	50,6	59,9	71,9	86,9	98,3	109,1
10	43,0	51,1	61,4	74,3	84,1	93,4
15	37,5	44,6	53,6	65,0	73,5	81,8
20	33,3	39,7	47,7	57,8	65,3	72,7
30	27,4	32,6	39,1	47,4	53,5	59,6
40	23,4	27,8	33,3	40,3	45,4	50,6
50	20,4	24,2	29,0	35,1	39,5	43,9
60	18,2	21,5	25,7	31,1	35,0	38,9
70	16,4	19,4	23,1	27,9	31,4	34,9
80	15,0	17,7	21,0	25,3	28,5	31,6
90	13,8	16,2	19,3	23,2	26,1	28,9
100	12,8	15,0	17,9	21,5	24,1	26,7
110	11,9	14,0	16,6	19,9	22,3	24,8
120	11,2	13,1	15,5	18,6	20,8	23,1
130	10,5	12,3	14,6	17,5	19,5	21,6
140	9,9	11,6	13,8	16,5	18,4	20,4
150	9,4	11,0	13,0	15,6	17,4	19,2
160	9,0	10,5	12,4	14,8	16,5	18,2
170	8,6	10,0	11,8	14,1	15,7	17,3
180	8,2	9,5	11,2	13,4	14,9	16,5

Fuente: (Elaboración Propia, 2022) a partir de datos de la EAAB

Figura 23. Curvas I-D-F Estación Quiba



Fuente: (Elaboración Propia, 2022) a partir de datos de la EAAB

8 CONTEXTO GEOGRÁFICO Y SOCIAL DEL AREA DE ESTUDIO

8.1 DIMENSIÓN SOCIAL

De acuerdo con el Plan Ambiental Local de Ciudad Bolívar, las proyecciones de población realizadas a partir del Censo General de 2005, la población de Ciudad Bolívar para el 2011 es de 639,937 lo que representa un 8.6% de los habitantes del Distrito Capital. Se estima que la distribución por género es de 313,367 hombres y 326,570 mujeres.

En relación con la distribución de la población por grupos de edad, las personas entre 0 y 15 años representan el 30.6%; entre 15 y 34 años, el 35.2%; entre 35 y 59, el 27.5% y mayores de 60 el 6.6%, lo que significa que más de la mitad de la población corresponde a niños, adolescentes y jóvenes adultos. Es importante tener en cuenta la estructura de la población, por cuanto las demandas y requerimientos que tiene cada grupo de edad respecto a la vivienda y al entorno son diferentes.

La localidad de Ciudad Bolívar es una de la más densas que el promedio de la ciudad, pues tiene en promedio 208.4 habitantes por hectárea de suelo urbano para el año 2011, valor superior al del Distrito Capital, que es de 180.19 habitantes por hectárea. Sin embargo, existen diferencias muy marcadas al interior de la localidad: las UPZ San Francisco, Ismael Perdomo y Lucero reportan densidades superiores a las del Distrito (429.13 hab/Ha, 307.94 hab/Ha y 286.17 hab/Ha respectivamente), mientras que Mochuelo y Monte Blanco tiene una densidad poblacional sustancialmente menor a la del promedio de la localidad (5,08 hab/Ha y 8.63 hab/Ha). En este último caso, la baja densidad se debe a que, como se mencionó anteriormente, Mochuelo y Monteblanco son UPZ en desarrollo.

8.2 SERVICIOS PÚBLICOS

La localidad de Ciudad Bolívar cuenta con cubrimiento casi total de todos los servicios públicos domiciliarios, la cobertura de energía eléctrica, acueducto y aseo es del 100%, mientras que la de alcantarillado sanitario es del 96% y la de alcantarillado pluvial del 90%. Por su parte, la de gas natural es del 92%, y finalmente la de telefonía fija llega al 80.22%.

El gasto promedio de los hogares de la localidad en el pago de servicios públicos es cercano a los \$82,434, menor al del promedio de Bogotá (\$127,427), lo que ubica a Ciudad Bolívar como la segunda localidad con menor pago mensual promedio.

8.2.1 Acueducto

Con base en el POT, en Ciudad Bolívar, existe red de acueducto en la mayoría de las veredas del territorio rural, con una planta de tratamiento de agua. Esto se ha logrado en gran parte al esfuerzo de los habitantes y últimamente al apoyo por parte de la alcaldía local.

El sector de Mochuelo Alto cuenta con la Asociación De Usuarios De Acueducto De La Vereda Mochuelo Alto ASOPORQUERA E.S.P, mientras que el sector de Mochuelo Bajo cuenta con el Acueducto Comunitario AUACACT.

8.2.2 Alcantarillado

La red de alcantarillado sanitario de la localidad corresponde a la cuenca del Río Tunjuelito, a donde llegan todas las aguas negras de ésta; el drenaje de las aguas negras, de cerca del 80% de la zona desarrollada de la localidad, se realiza principalmente hacia la subcuenca del Tunjuelito medio. En la subcuenca de Soacha-Terreros se recoge el drenaje proveniente del sector occidental de la localidad, que incluye la parte de Jerusalén y el sector suroccidental adyacente a la vereda Quiba; las aguas negras son evacuadas directamente hacia las quebradas afluentes de la represa de Terreros. Para 2002, la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá estimó una cobertura

en este servicio de 72,2%, que resulta sensiblemente inferior a la cobertura promedio del Distrito (90,1%) y es la segunda cobertura más baja entre las localidades urbanas de Bogotá, antecedida sólo por Bosa.

En la zona rural de la localidad el sistema de alcantarillado es prácticamente inexistente, pues sólo los habitantes de la vereda de Pasquilla cuentan con un 30% de cubrimiento. En general, el manejo de las aguas residuales en esta zona se hace mediante pozos sépticos o por disposición a cielo abierto.

8.2.3 Recolección De Basuras

Este servicio presenta cobertura del 100% en las localidades de Bosa, Barrios Unidos, Teusaquillo y Los Mártires. En la Localidad de Ciudad Bolívar la cobertura es muy cercana a la total, alcanzando el 99.0%.

8.3 RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA

El Relleno Sanitario Doña Juana se localiza en la vereda "Mochuelo Bajo", jurisdicción de la Localidad de Ciudad Bolívar, al sur oriente de Bogotá D.C, en la subcuenca de la Quebrada Yerbabuena, en predios ubicados sobre la margen izquierda de la cuenca del Río Tunjuelo.

El entorno geológico está modelado por rocas sedimentarias cuyas edades comprenden desde los períodos Cretácico, con rocas competentes de los cerros del sur occidente y Terciario (formación Guaduas, formación Arenisca de Cacho, formación Bogotá, formación areniscas de la Regadera), las cuales conforman los flancos de la estructura regional del sinclinal de Usme, cuyo eje se desplaza de sur a norte más o menos por la margen derecha del Río Tunjuelo, cubierta en algunos sectores por espesos depósitos cuaternarios no consolidados y depósitos recientes.

El predio de Doña Juana pertenece a la cuenca del Río Tunjuelo que desemboca sobre el Río Bogotá; presenta características que la diferencian significativamente de las demás cuencas urbanas. Cubre un área aproximada de 39,000 hectáreas y su cabecera se encuentra localizada en el Páramo de Sumapaz. En la siguiente figura se presenta el registro fotográfico del relleno sanitario.

Figura 24. Relleno Sanitario Doña Juana.



Fuente: Redacción Bogotá El Espectador, 2019.

Los impactos más evidentes y fuertes sobre la población cercana al relleno son los malos olores y la generación de gases de relleno, la proliferación de moscas en el área circundante, el deterioro de los cultivos, el manejo de los lixiviados y el deterioro paisajístico del área afectada.

La emisión de gases tóxicos como el metano y el ácido sulfhídrico son un problema grave pues contaminan el aire que respiran los pobladores del sector exponiéndolos a enfermedades y generan un ambiente con olores nauseabundos que indisponen a la comunidad. Por otro lado, la emisión de lixiviados afectó y afecta todavía a la localidad al contaminar los suelos, el aire y el agua. Se teme que, por infiltración de lixiviados en la zona del derrumbe, se estén contaminando fuentes subterráneas de agua, así como los suelos de la zona afectada. Se prevé entonces, un grave riesgo ambiental para la localidad, como consecuencia del enterramiento de la basura, la producción de lixiviados y de gases y el manejo de residuos especiales, en particular los tóxicos y los hospitalarios; ese riesgo potencial depende de los criterios que se utilicen en el manejo de los residuos sólidos, tanto en el área metropolitana como en el nuevo relleno.

Entre otras consecuencias del relleno graves al medio ambiente son los vectores como roedores, e insectos.

8.4 COMPONENTE CULTURAL

La cultura como un componente intrínseco del ser humano hace parte del conjunto de creencias y pautas conductuales de un grupo social, que incluye los medios materiales para establecer comunicación permanente con los individuos, razón por la cual es de vital importancia desarrollar significativamente este componente dentro de la población ya que hace parte del desarrollo integral de las personas concebidas como seres sociales que diariamente se ven expuestos a convivir en comunidad.

8.4.1 Recreación

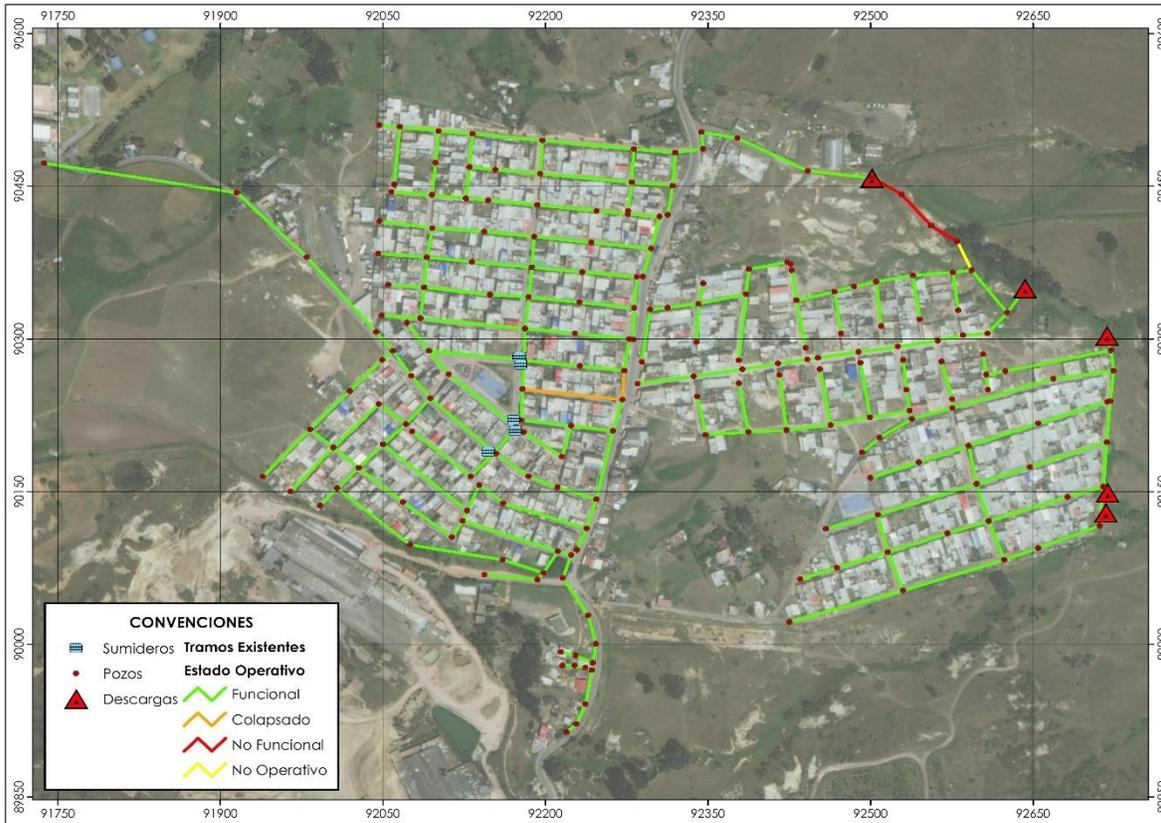
El paisaje urbanístico del territorio caracterizado por la desconfiguración de la cuadrícula urbana española producto de la invasión de asentamientos humanos ilegales que produjo el desorden en la construcción de calles, andenes y sardineles, sin que se programara la edificación de zonas verdes, parques recreacionales y centros culturales. En consecuencia, en el territorio existe un parque recreacional con instalaciones para la práctica de fútbol de salón, baloncesto y voleibol. Sin embargo, dentro de esta importante obra los y las niñas no cuentan con juegos mecánicos, ni espacios de recreación aptos para su edad. Por lo tanto y teniendo en cuenta una población que oscila entre los 33.000 habitantes, es necesaria la construcción de zonas de recreación que beneficien a toda la comunidad.

9 EVALUACION DE LA INFRAESTRUCTURA EXISTENTE

En el presente capítulo se realiza la descripción del catastro integral para el sistema de alcantarillado del Sector de Mochuelo Bajo y su respectiva evaluación hidráulica.

El sistema de Alcantarillado del sector de Mochuelo Bajo, en la Localidad de Ciudad Bolívar cuenta con un total de ciento ochenta y nueve (189) pozos de inspección; de los cuales cincuenta y cuatro (54) se encuentran sellados o bajo concreto y/o cobertura vegetal; mientras que los ciento treinta y cinco (135) pozos restantes sí pudieron ser inspeccionados. En la siguiente figura se identifican los pozos y cajas de alcantarillado catastradas por INALTER SAS durante la ejecución del contrato de consultoría UAESP-752-2020:

Figura 25. Topología del Sistema de Alcantarillado, Mochuelo Bajo



Fuente: (INALTER S.A.S., 2022)

9.1 POZOS DE ALCANTARILLADO

9.1.1 Detección de pozos no exitosos en la red de drenaje

Durante la inspección de los pozos de alcantarillado, se presentaron problemas de inspección debido a las siguientes características típicas para alcantarillados municipales:

Pozo o caja no exitosa: Pozo identificado en campo por el equipo de topografía, el equipo de catastro o la empresa de servicios públicos, sin embargo, no pudo ser inspeccionado. En este sentido sus características físicas no pudieron ser verificadas y para la evaluación hidráulica se debió interpolar sus cotas, así como el diámetro o diámetros de entrada y salida.

Pozo colmatado: Pozo con una gran cantidad de basura, la cual obstaculizaba el correcto flujo del agua, ocasionando reboses e inundaciones.

Pozo Bajo Tierra: Pozo ubicado en cales no pavimentadas y que la arena los tapo y no se logró identificar.

Pozo con Tapa Sellada: Pozo al cual no se le puede abrir la tapa debido a que esta se encuentra muy oxidada o presenta un mal estado tanto en la estructura de la tapa como en la placa superior.

Pozo sellado en concreto: Pozo sellado en concreto por la comunidad debido a que el sistema

está en mal funcionamiento y presenta rebose y malos olores.

Conexión Artesanal: Estas conexiones hacen referencia a pozos que se conectan a la red de alcantarillado, por medio de canales; o que a pesar de no ser observados en campo; se conoce de su posible existencia debido a deflexiones encontradas en la red de alcantarillado.

Pozos Supuestos: Durante el levantamiento fueron identificadas tuberías de interconexión para las cuales no se hallaron los pozos o cajas hacia los que deberían drenar por ende se asume que estos puntos existen o existieron sin embargo durante el levantamiento catastral no se lograron encontrar. Los puntos de pozos supuestos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 25. Georreferenciación pozos de inspección no exitosos Mochuelo Bajo

POZO	COORD ESTE (m)	COORD NORTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)	OBSERVACIONES
P5	74° 8' 56.7"	4°30'30.00"	2.906	Pozo tapado por asfalto
P6	74° 8'59.24"	4°30'33.38"	2.911	Pozo tapado por asfalto
P7	74° 09' 1.39"	4°30' 35.27"	2.908	Pozo tapado por asfalto
P8	74° 9' 7.16"	4°30'35.9"	2.919	Pozo tapado por asfalto
P9	74° 8' 56.4"	4° 30' 29.3"	2.905	Pozo tapado por asfalto
P12	74° 8' 59.82"	4° 30' 26.05"	2.916	Pozo tapado por cemento
P13	74° 8' 58.9"	4° 30' 25.4"	2.911	Pozo tapado por recebo
P14	74° 8' 58.35"	4° 30' 26.07"	2.911	Pozo tapado por cemento
P15	74° 8' 57.63"	4° 30' 26.75"	2.910	Pozo tapado por cemento
P16	74° 8' 57.05"	4° 30' 27.24"	2.908	Pozo tapado por cemento
P18	74° 8' 55.62"	4° 30' 28.87"	2.903	Pozo tapado por asfalto
P22	74° 8' 54.08"	4° 30' 26.10"	2.900	Pozo tapado por cemento
P23	74° 8' 54.55"	4° 30' 25.44"	2.899	Pozo tapado por cemento
P24	74° 8' 56.21"	4° 30' 24.07"	2.902	
P25	74° 8' 54.9"	4° 30' 24.43"	2.898	
P26	74° 8' 54.55"	4° 30' 25.09"	2.899	
P31	74° 8' 53.41"	4° 30' 23.82"	2.895	Pozo tapado por cemento
P34	74° 8' 51.14"	4° 30' 24.1"	2.891	Pozo sellado con cemento
P37	74° 8' 50.59"	4° 30' 21.02"	2.889	Pozo sellado con cemento
P38	74° 8' 50.67"	4° 30' 20.51"	2.890	Pozo tapado con cemento
P39	74° 8' 51.19"	4° 30' 20.64"	2.898	
P50	74° 8' 51.61"	4° 30' 27.00"	2.891	Pozo tapado por recebo
P56	74° 8' 55.08"	4° 30' 29.86"	2.900	Pozo sellado con cemento
P57	74° 8' 57.05"	4° 30' 37.70"	2.891	Pozo tapado por recebo
P58	74° 8' 56.54"	4° 30' 37.37"	2.890	Pozo tapado por recebo
P59	74° 8' 55.32"	4° 30' 37.60"	2.886	Pozo tapado por cemento
P60	74° 8' 54.35"	4° 30' 37.33"	2.884	
P61	74° 8' 52.26"	4° 30' 37.17"	2.879	Pozo sellado por cemento
P62	74° 8' 49.63"	4° 30' 36.91"	2.888	Pozo sellado por cemento
P64	74° 8' 47.54"	4° 30' 36.90"	2.863	Pozo tapado con asfalto
P65	74° 8' 47.67"	4° 30' 37.62"	2.861	Pozo tapado con asfalto
P66	74° 8' 46.35"	4° 30' 37.19"	2.861	Pozo tapado por afirmado
P68	74° 8' 42.28"	4° 30' 36.28"	2.853	Tapa sellada, no se deja
P69	74° 8' 41.23"	4° 30' 35.71"	2.850	Los finqueros lo llenan de tierra para que rebose para pasto ganado.
P70	74° 8' 39.55"	4° 30' 34.56"	2.846	Pozo lleno de tierra por finqueros
P71	74° 8' 39.46"	4° 30' 34.29"	2.844	Pozo sin servicio y es ultimo antes de entrar a PTAR
P72	74° 8' 44.91"	4° 30' 21.71"	2.863	Pozo tapado por recebo
P73	74° 8' 41.40"	4° 30' 22.72"	2.844	Pozo tapado por recebo
P75	74° 8' 38.37"	4° 30' 23.71"	2.831	Pozo tapado por recebo

POZO	COORD ESTE (m)	COORD NORTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)	OBSERVACIONES
P80	74°08'55.6"	4°30'50.4"	2.917	Taponado por los sedimentos
P82	74°08'50.9"	4°30'29.9"	2.963	Pozo taponado por el asfalto no se identifica elemento.
P83	74°08'52.5"	4°30'31.1"	2.908	Taponado por los sedimentos
P84	74°08'56.2"	4°30'31.4"	2.918	Taponado por los sedimentos
P85	74°08'56.9"	4°30'31.5"	2.921	Taponamiento por mezcla en concreto
P86	74°08'55.7"	4°30'32.6"	2.917	Taponado por los sedimentos
P87	74°08'56.8"	4°30'32.5"	2.923	Pozo tapado en tierra
P88	74°08'53.8"	4°30'32.4"	2.912	Tapa sellado por sedimentos
P89	74°08'52.5"	4°30'32.2"	2.908	Tapa sellado por sedimentos
P90	74°08'51.1"	4°30'31.9"	2.906	Tapa sellada por concreto
P92	74°08'49.3"	4°30'31.7"	2.898	Pozo tapado en asfalto
P93	74°08'49.5"	4°30'28.8"	2.899	Pozo tapado en tierra
P96	74°08'51.1"	4°30'32.9"	2.892	Pozo tapado en tierra
P97	74°08'52.5"	4°30'33.1"	2.898	Tapa débil presenta fisuras
P98	74°08'54.3"	4°30'33.3"	2.907	Tapa sellada por sedimentos
P99	74°08'55.6"	4°30'33.5"	2.902	Tapa sellada por sedimentos
P103	74° 8' 43.70"	4° 30' 24.70"	2.866	Pozo tapado por asfalto
P104	74° 8' 42.07"	4° 30' 25.2"	2.848	Pozo tapado por asfalto
P111	74° 8' 39.56"	4° 30' 27.89"	2.840	Pozo sellado por cemento
P113	74° 8' 42.57"	4° 30' 27.01"	2.851	Pozo sellado por cemento
P115	74° 8' 43.25"	4° 30' 26.75"	2.853	Pozo tapado por recebo
P117	74° 8' 41.18"	4° 30' 28.69"	2.847	Pozo tapado por asfalto
P119	74° 8' 39.85"	4° 30' 29.10"	2.842	Pozo tapado por asfalto
P120	74°08'57.1"	4°30'33.5"	2.918	Tapa sellada por sedimentos
P122	74°08'55.5"	4°30'34.5"	2.916	Pozo enterrado en asfalto
P123	74°08'53.9"	4°30'34.4"	2.908	Pozo enterrado en asfalto
P125	74°08'50.7"	4°30'34.0"	2.895	Pozo enterrado en asfalto
P126	74°08'49.3"	4°30'33.8"	2.894	Pozo enterrado en asfalto
P133	74°08'54.6"	4°30'35.4"	2.917	Tapa taponada por sedimentos
P134	74°08'55.6"	4°30'35.5"	2.921	Tapa taponada por sedimentos
P135	74°08'55.9"	4°30'35.7"	2.923	Tapa taponada por sedimentos
P136	74°08'56.6"	4°30'35.8"	2.918	Tapa taponada por tierra
P137	74°08'55.5"	4°30'36.6"	2.916	Tapa taponada por tierra
P138	74°08'54.5"	4°30'36.4"	2.915	Tapa taponada por sedimentos
P139	74°08'53.6"	4°30'36.5"	2.911	Tapa taponada por tierra
P141	74°08'48.4"	4°30'31.9"	2.884	Tapa taponada por sedimentos
P142	74°08'47.3"	4°30'32.0"	2.881	Tapa taponada por sedimentos
P144	74°08'47.5"	4°30'20.5"	2.884	Pozo enterrado en asfalto
P146	74°08'46.0"	4°30'33.0"	2.872	No se logra identificar elemento debido a que se encuentra enterrado bajo la cobertura vegetal
P147	74°08'46.2"	4°30'29.8"	2.970	
P149	74°08'49.3"	4°30'29.3"	2.892	
P151	74°08'47.3"	4°30'27.7"	2.886	Pozo enterrado en tierra no se identifica elemento
P152	74°08'46.0"	4°30'27.9"	2.876	Pozo enterrado en tierra no se identifica elemento
P153	74°08'44.9"	4°30'28.0"	2.871	Pozo enterrado en tierra no se identifica elemento
P155	74°08'44.2"	4°30'30.4"	2.874	Tapa taponada por sedimentos
P156	74°08'44.3"	4°30'30.6"	2.874	Pozo enterrado en tierra no se identifica elemento
P157	74°08'44.5"	4°30'32.1"	2.872	Tapa taponada por tierra
P158	74°08'44.8"	4°30'32.9"	2.872	Tapa cubierta por cobertura vegetal
P160	74°08'52.4"	4°30'36.4"	2.904	Tapa taponada por tierra
P161	74°08'49.6"	4°30'35.9"	2.896	Tapa taponada por tierra

POZO	COORD ESTE (m)	COORD NORTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m)	OBSERVACIONES
P162	74°08'48.4"	4°30'35.9"	2.892	Tapa taponada por tierra
P166	74°08'43.2"	4°30'30.9"	2.871	Tapa taponada por tierra
P170	74°08'42,4"	4°30'30.4"	2.870	
P171	74°08'42,1"	4°30'31.2"	2.870	Tapa taponada por tierra
P172	74°08'42,2"	4°30'32.6"	2.866	No se puede levantar debido a que el pozo se encuentra dentro de una caseta
P173	74°08'41,1"	4°30'32.8"	2.861	Tapa taponada por tierra
P174	74°08'40,9"	4°30'31.4"	2.863	Tapa taponada por tierra
P177	74°08'41,4"	4°30'30.1"	2.870	Tapa taponada por tierra
P178	74°08'39,7"	4°30'31.0"	2.860	Tapa taponada por tierra
P180	74°08'39,9"	4°30'31.7"	2.861	Tapa taponada por tierra
P182	74°08'39,4"	4°30'32.9"	2.854	Tapa taponada por sedimentos
P201	74° 8' 36.90"	4° 30' 29.49"	2.832	Pozo tapado por asfalto
P203	74° 8' 35.37"	4° 30' 31.01"	2.828	Cabecal descarga a terreno
P204	74° 8' 35.23"	4° 30' 30.75"	2829	Cabecal descarga a terreno
P205	74° 8' 39.10"	4° 30' 30.21"	2.839	Tapa sellada

Fuente: (INALTER S.A.S., 2022)

9.1.2 Profundidad de los pozos de alcantarillado

Teniendo en cuenta el catastro de pozos existentes en la red de alcantarillado del sector de Mochuelo Bajo, Localidad de Ciudad Bolívar, se identificaron profundidades de los pozos de inspección que oscilan entre 0,50 y mayores a 2.50 m aproximadamente.

La información obtenida muestra que el 42% de los pozos representados por un total de ochenta (80) pozos tienen profundidades mayores de 2.5 m. En la siguiente tabla se detalla la información suministrada anteriormente:

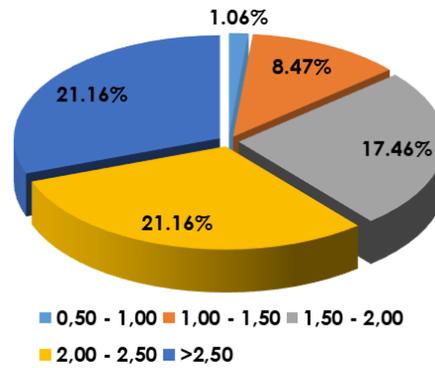
Tabla 26. Profundidades pozos de inspección Mochuelo Bajo

PROFUNDIDAD (m)	NO. POZOS	PORCENTAJE
< 0,5	0.00	0.00%
0,50 - 1,00	2.00	1.06%
1,00 - 1,50	16.00	8.47%
1,50 - 2,00	33.00	17.46%
2,00 - 2,50	40.00	21.16%
>2,50	40.00	21.16%
0	58.00	30.69%
TOTAL	189.00	100%

Fuente: (INALTER S.A.S., 2022)

En el siguiente grafico se puede observar la distribución porcentual de la información descrita en la tabla anterior:

Figura 26. Profundidades de los pozos de Alcantarillado



Fuente: (INALTER S.A.S., 2022)

9.1.3 Material de los pozos de alcantarillado

De acuerdo al catastro de Pozos de inspección realizado en el sector de Mochuelo Bajo, se identificó que de los ciento ochenta y nueve (189) pozos de inspección, el 52.38% correspondiente a noventa y nueve (99) pozos son de concreto, mientras que el 19.05% correspondiente a 36 pozos fueron construidos en ladrillo. En la siguiente tabla se detalla la información suministrada anteriormente:

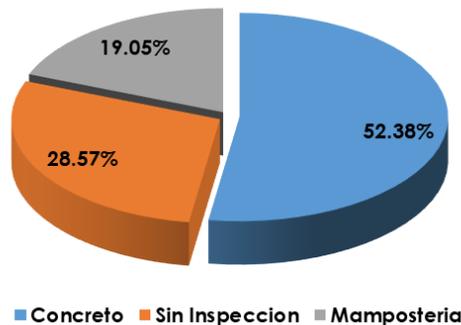
Tabla 27. Material pozos de inspección Mochuelo Bajo

MATERIAL	NO. POZOS	PORCENTAJE
Concreto	99.00	52.38%
Sin Inspección	54.00	28.57%
Mampostería	36.00	19.05%
TOTAL	189.00	100.00%

Fuente: (INALTER S.A.S., 2022)

En el siguiente grafico se puede observar la distribución porcentual de la información descrita en la tabla anterior:

Figura 27. Material de los pozos de Alcantarillado

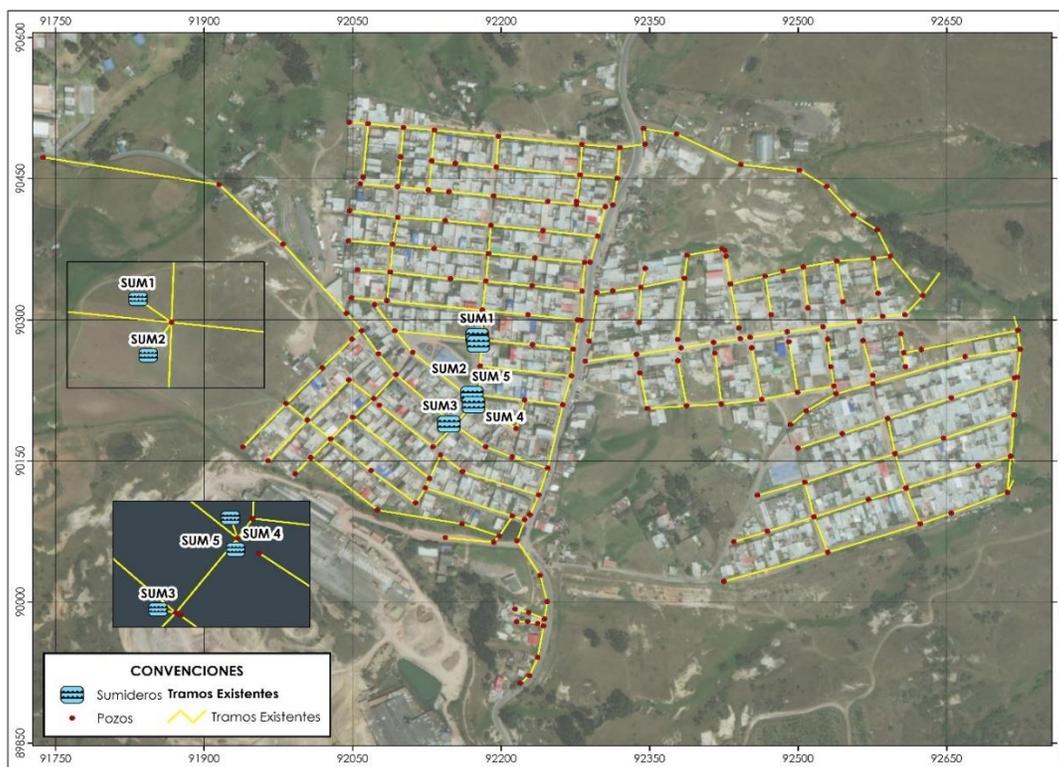


Fuente: (INALTER S.A.S., 2022)

9.2 SUMIDEROS

Durante las actividades de catastro, se identificaron una totalidad de 5 sumideros en el sector de paticos y lagunitas, a continuación, se muestra gráficamente su localización.

Figura 28. Sumideros Mochuelo Bajo



Fuente: (INALTER S.A.S., 2022)

9.3 REDES DE ALCANTARILLADO

El sistema de alcantarillado sanitario está compuesto por 242 tramos, de los cuales se evaluará las condiciones hidráulicas como longitud, pendiente, diámetro, material de construcción y revestimiento para posteriormente determinar la capacidad hidráulica y el estado actual de la red.

9.3.1 Longitudes en la red de alcantarillado sanitario

En su totalidad, la red de recolección residual tiene una longitud de 9,541.6m compuesto por tuberías de varios tamaños en sus diámetros entre 6", 8", 10", 12" y 14" con cantidad de tramos variables para cada una como se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 28. Longitudes Redes de Alcantarillado Mochuelo Bajo

	Tramos				
	Diámetro	Material	No. Tramos	Longitud	Porcentaje
Tramos existentes operativos	6"	PVC	1	51,9	0,5
	8"	CONCRETO	115	5102	53,5
		PVC	68	2392,4	25,1
		GRES	17	580,4	6,1
	10"	CONCRETO	9	277,5	2,9
		PVC	3	73,9	0,8
		GRES	10	373,9	3,9
	12"	CONCRETO	1	14,8	0,2
		PVC	1	52,9	0,6
GRES		6	156,1	1,6	

Tramos					
	Diámetro	Material	No. Tramos	Longitud	Porcentaje
TRAMOS EXISTENTES NO OPERATIVOS	14"	CONCRETO	4	182,4	1,9
		PVC	1	29	0,3
	8"	CONCRETO	1	92,8	1,0
	10"	GRES	1	28,5	0,3
	12"	PVC	1	31,4	0,3
	14"	CONCRETO	3	101,7	1,1
TOTAL			242	9541,6	100,0

Fuente: (INALTER S.A.S., 2022)

En la tabla anterior se muestra la distribución porcentual de la longitud de la tubería con respecto a los diámetros encontrados en el sistema de alcantarillado sanitario de Mochuelo Bajo, donde se puede observar que el 53.5% corresponde a 115 tramos de tubería en concreto de 8", le sigue el 25.1% con 68 tramos de tubería PVC de 8"; el 2.5% corresponde a tramos de tubería en distintos materiales que no se encuentran en servicio, y el porcentaje restante se encuentra distribuido en tuberías de 6", 10", 12" y 14".

9.3.2 Pendientes en la red de alcantarillado sanitario

Teniendo en cuenta el Artículo 140 y 148 de la Res. 0330 de 2017, el valor de la pendiente mínima del colector debe ser aquella que permita tener condición de auto limpieza adecuada; en cuanto al valor de la pendiente máxima admisible es aquella para la cual se tenga la velocidad máxima real de 5.0m/s.

A continuación, se presenta el análisis de las pendientes de tubería identificadas en la red de alcantarillado sanitario de Mochuelo Bajo, agrupadas en rangos desde 0-2.5% hasta >15%.

En el sistema de Alcantarillado Sanitario de Mochuelo Bajo, se identificó que la red tiene 84 tramos con pendientes entre el 5-10%, 59 tramos con pendientes entre el 10-15%, 43 tramos con pendientes entre el 2.5-5%, 26 tramos con pendientes entre el 0-2.5% y 30 tramos con pendientes mayores al 15%, cabe recordar que, según lo evidenciado en campo, 6 tramos de la red se encuentran sin servicio.

La siguiente tabla muestra la cantidad de tramos con su respectiva longitud clasificados según el rango de pendientes al que corresponden.

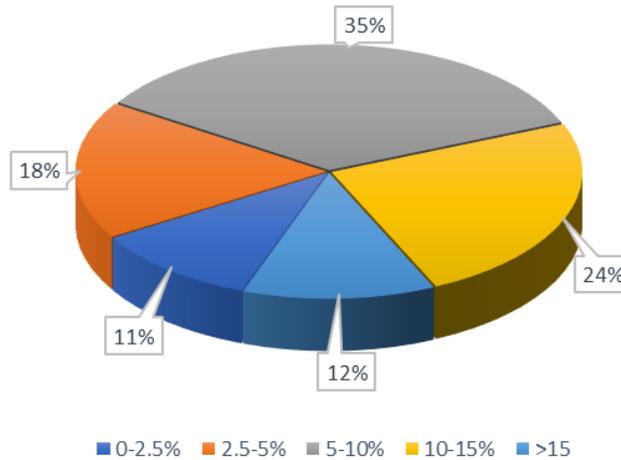
Tabla 29. Pendientes Redes de Alcantarillado Mochuelo Bajo

PENDIENTE	NO. TRAMOS	LONGITUD	PORCENTAJE
0-2.5%	26	770,4	10,74
2.5-5%	43	1577	17,77
5-10%	84	3853,1	34,71
10-15%	59	2410,5	24,38
>15	30	930,6	12,40
TOTAL	242	9541,6	100

Fuente: (INALTER S.A.S., 2022)

La distribución porcentual de las pendientes encontradas en la red de alcantarillado sanitario se evidencia en la siguiente figura.

Figura 29. Distribución Porcentual Pendientes Mochuelo Bajo



Fuente: (INALTER S.A.S., 2022)

9.4 EVALUACIÓN FÍSICA DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO

De acuerdo con la visita de campo llevada a cabo el día Doce (12) de Febrero de 2021 por el equipo técnico en compañía de Luz Alba Pérez (Representante Lagunitas), Arcesio Zúñiga (Representante Barranquitos), José Velandia (Representante Esmeralda) y Valentín García (Presidente AUACANT) y por parte de la UAESP asiste Alexander Urrego (Ingeniero de Apoyo Supervisor), en la que se logró determinar que para el Barrio La Esmeralda, cuentan con el sistema de alcantarillado son embargo, presentan problemas por zonas públicas donde se estarían desarrollando actividades de construcción ilegal, por otro lado, la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales PTAR existente no se encuentra en funcionamiento debido a que ninguna entidad ha realizado una gestión adecuada para la operación de la misma, adicionalmente la capacidad y la localización de la misma no son técnicamente adecuadas para el correcto funcionamiento hidráulico del sistema de alcantarillado.

El punto de descarga actual del sistema de alcantarillado se realiza directamente en el suelo, que posteriormente, el caudal forma un canal que conduce los vertimientos hasta la Quebrada Aguas Claras.

Figura 30. Sistema de Alcantarillado Mochuelo Bajo





Fuente: (INALTER S.A.S., 2022)

En el Barrio Barranquitos se identificó la estación de bombeo que no se encuentra en funcionamiento y se localiza en un punto no apto con respecto a la proximidad de las viviendas.

Figura 31. Estación de Bombeo Mochuelo Bajo



Fuente: (INALTER S.A.S., 2022)

En relación al sector de Lagunitas se identificó que la principal problemática que presenta esta zona es a causa del humedal existente, el cual en épocas de lluvia no tiene la capacidad de retener el agua por lo que genera inundación en las viviendas aguas abajo, para dar solución a esta problemática, la comunidad realizó una conexión artesanal con el fin de dar un alivio al humedal, no obstante esta no tiene la capacidad necesaria y causa problemas de inundación en viviendas del sector de barranquitos.

Figura 32. Zona de Inundación Mochuelo Bajo



Fuente: (INALTER S.A.S., 2022)

10 APORTES PLUVIALES

10.1 GENERALIDADES

De acuerdo con el análisis de lluvias correspondiente a la zona del proyecto, se determina los caudales por medio de un análisis de lluvia – escorrentía. La metodología de cálculo de caudales máximos instantáneos corresponde un método indirecto denominado el método Racional; esto se realiza para hoyas menores de 2,50 Km². La expresión para el cálculo de los caudales obtenidos mediante la escorrentía es de la siguiente forma:

$$Q = 0,278*(C*i*A) * F$$

En donde:

- Q: Caudal pico de aguas lluvias, m³/s.
- C: Coeficiente de escorrentía, valor adimensional
- i: Intensidad de precipitación, mm/h.
- A: Área tributaria, km².
- F: Factor de reducción de la lluvia puntual, valor adimensional

10.1.1 Características morfométricas

10.1.1.1 Área y Perímetro de la cuenca

Este parámetro probablemente resulta ser el más importante ya que está directamente relacionado con los procesos hidrológicos que se dan al interior de la cuenca. Está definida como la proyección ortogonal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural (Reyes T. et al., 2010).

10.1.1.2 Longitud del cauce

Es la distancia del recorrido que hace el cauce principal desde su nacimiento hasta su desembocadura medida en kilómetros. Usualmente L_t presenta un grado de sinuosidad, el cual se representa a través del coeficiente de sinuosidad K_s que constituye la relación entre la distancia

total configurada por el recorrido de la corriente L_t , sobre la distancia lineal desde el nacimiento hasta la desembocadura L_l (Domínguez, 2010). Para el caso específico del cálculo de aportes pluviales, este parámetro se calcula para cada una de las subcuencas identificadas, tomando como desembocadura, el pozo o sumidero que recibe el aporte según la dirección del flujo determinada con los estudios topográficos realizados.

10.1.1.3 Pendiente del cauce principal

Por pendiente se entiende el cociente entre los incrementos de alturas/cotas y los incrementos de longitud de la corriente para un tramo determinado. Se distingue la pendiente promedio y pendiente promedio ponderada. La pendiente promedio I_{cauce} es el cociente entre la caída de alturas/cotas ΔH sobre la longitud del tramo ΔL en la que esta caída ocurre (Domínguez, 2010):

$$I_{cauce} = \frac{\Delta H}{\Delta L}$$

Para las corrientes con muchos cambios de pendiente se calcula pendiente promedio ponderada. Ésta utiliza las frecuencias relativas producto de la agrupación en clases (usualmente entre 8 a 12 clases) para ponderar los valores de pendiente calculados (Domínguez, 2010):

$$I_{cauce} = I_1 f_1 + I_2 f_2 + \dots + I_n f_n$$

Aquí: I_i es la pendiente en la mitad del intervalo de cada clase y f_i es la frecuencia que le corresponde a ese intervalo.

La pendiente del cauce es uno de los factores importantes que inciden en la capacidad que tiene el flujo para transportar sedimentos, por cuanto está relacionada directamente con la velocidad del agua. En los tramos de pendiente fuerte los cauces tienen pendientes superiores al 5 %, y las velocidades de flujo resultan tan altas que pueden mover como carga de fondo sedimentos de diámetros mayores de 5 centímetros, además de los sólidos que ruedan por desequilibrio gracias al efecto de lubricación producido por el agua (Reyes T. et al., 2010).

Para el caso específico del cálculo de aportes pluviales, este parámetro se calcula para cada una de las subcuencas identificadas, tomando como desembocadura, el pozo o sumidero que recibe el aporte según la dirección del flujo determinada con los estudios topográficos realizados.

10.1.1.4 Tiempo de concentración

Es el tiempo transcurrido entre el final del hietograma de excesos y el final del escurrimiento directo, siendo esta la definición que aparece reseñada en la literatura con mayor frecuencia. Sin embargo, otros autores reportan el tiempo de concentración como el tiempo comprendido entre el centroide del hietograma de excesos y el punto de inflexión sobre la curva de recesión del hidrograma de escurrimiento directo.

Además, se puede definir como el tiempo que demora en viajar una partícula de agua desde el punto más remoto hasta el punto de interés. Corresponde al lapso entre el final de la lluvia y el momento en que cesa el escurrimiento superficial. Existen una serie de fórmulas que permiten el cálculo de este tiempo desarrolladas por diversos autores. Existen muchas fórmulas para calcular el tiempo de concentración que depende de las características físicas, la cobertura y la climatología que se encuentra en el lugar.

A continuación, se presentan las diferentes fórmulas utilizadas en este estudio teniendo en cuentas lo descrito en (Monsalve Sáenz, 1995)

10.1.1.4.1 Fórmula De Kirpich

$$T_c = 0,06628 * \frac{L^{0.77}}{S^{0.5}}$$

Donde:

- Tc: Tiempo de concentración (Horas)
- L: Longitud del cauce principal en (m)
- S: Pendiente del cauce principal (m/m)

10.1.1.4.2 Fórmula De Témez

$$T_c = 0,3 * \left[\frac{L}{S^{0.25}} \right]^{0.76}$$

En donde:

- TC: Tiempo de concentración de la hoya hidrográfica, en h.
- L: Longitud del cauce principal, en km.
- S: Pendiente total del cauce principal, igual a la caída total entre la longitud del cauce principal, en porcentaje.

10.1.1.4.3 Fórmula De Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{25,3\sqrt{SL}}$$

En donde:

- TC: Tiempo de concentración de la hoya hidrográfica, en h.
- A: Área de la cuenca, en km².
- L: Longitud del cauce principal, en km.
- S: Pendiente total del cauce principal, igual a la caída total entre la longitud del cauce principal, en m/m.

10.1.1.4.4 Fórmula De V.T. Chow

$$T_c = 0,273 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.64}$$

En donde:

- TC: Tiempo de concentración de la hoya hidrográfica, en h.
- L: Longitud del cauce principal, en km.
- S: Pendiente total del cauce principal, igual a la caída total entre la longitud del cauce principal, en m/m.

10.1.1.4.5 Fórmula Del Cuerpo De Ingenieros Del Ejército De Los Estados Unidos

$$Tc = 0,28 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

En donde:

TC: Tiempo de concentración de la hoya hidrográfica, en h.

L: Longitud del cauce principal, en km.

S: Pendiente total del cauce principal, igual a la caída total entre la longitud del cauce principal, en m/m.

10.1.1.4.6 Ecuación de Johnstone Y Cross

$$Tc = (2,6 * \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.5}) * 60$$

En donde:

Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente total del cauce principal, en metros por kilómetro (m/km).

10.1.1.4.7 Ecuación De Williams

$$Tc = (0,683 \left(\frac{L A^{0.4}}{D S^{0.25}} \right)) * 60$$

En donde:

Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

A: Área de la cuenca, en kilómetros cuadrados (km²).

D: Diámetro de una cuenca circular con área "A", en kilómetros (km).

S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

10.1.1.4.8 Ecuación De Ventura - Heras

$$Tc = 0,30 (L / S^{0.25})^{0.75}$$

En donde:

Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

El tiempo de concentración seleccionado se ha definido como el correspondiente a la mediana de los ocho (8) valores previos calculados, si el tiempo de concentración es menor a 5 minutos, se

tomará como mínimo dicho valor.

10.1.2 Coeficiente de escorrentía

El coeficiente de escorrentía C se define como la relación entre el volumen de agua escurrido superficialmente y el volumen de agua precipitado. Este coeficiente depende claramente de las características de drenaje del área aferente estudiada.

Se ha definido el coeficiente de escorrentía igual 0.95 para techos y vías, un coeficiente de escorrentía de 0,75 para tierras desnudas y zonas urbanas discontinuas, un coeficiente de escorrentía de 0.1 para bosques, y por último un coeficiente de escorrentía de 0.3 para pastos y vegetación secundaria. El valor de C se determinó tomando en cuenta las coberturas actuales de suelo vistas por medio de la ayuda de imágenes satelitales, clasificando de forma más acertada la cobertura presente para el área aferente.

A partir de lo descrito anteriormente se ha definido el coeficiente de escorrentía por medio de ponderación matemática empleando imágenes satelitales, la cartografía existente y teniendo en cuenta las referencias bibliográficas (Chow V. T., 1984) (Cassidy, 1976), (Monsalve Sáenz, 1995) (Ponce, 1989) y (Remeneiras, 1974).

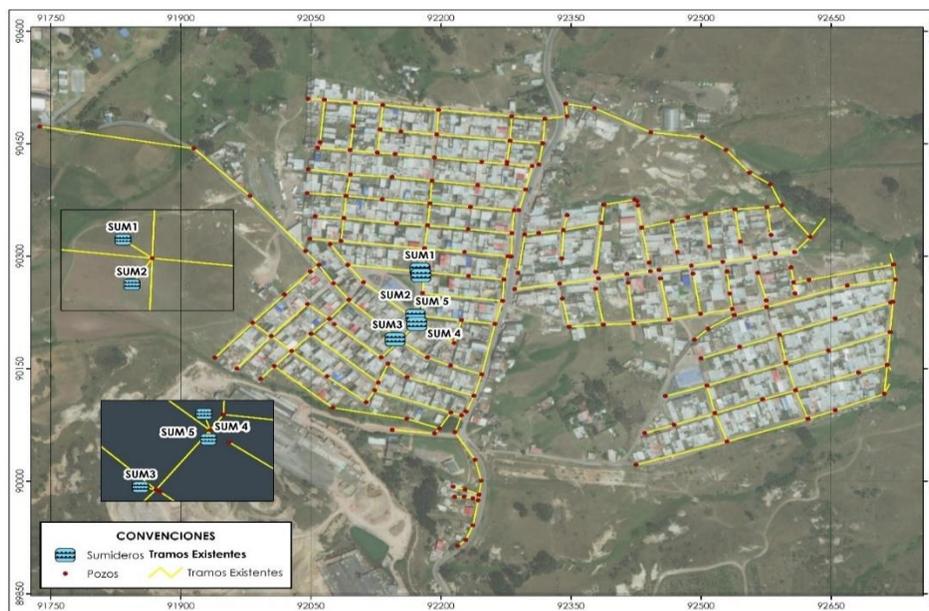
10.1.3 Caudales máximos instantáneos

Finalmente, se calculan los valores de los caudales máximos instantáneos para las áreas de drenaje aferentes al sitio de proyecto, con periodos de retorno para 5 y 10 años, utilizando la fórmula Racional.

10.2 REDES EXISTENTES

En la siguiente figura se muestran las estructuras de captación pluvial identificadas en la localidad de Mochuelo Bajo.

Figura 33 Localización Sumideros Mochuelo Bajo



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Como se mencionaba anteriormente el sistema de alcantarillado del sector de Mochuelo Bajo, es

de tipo combinado. Durante las actividades de catastro se identificaron 4 estructuras de captación pluvial y gran cantidad de conexiones artesanales a los pozos de inspección sanitarios del sistema. Adicionalmente, durante el trabajo de campo se identificó que algunas de las estructuras presentan acumulación de residuos sólidos, debido a la falta de mantenimiento.

Con el fin de calcular el caudal pluvial que ingresa al sistema de alcantarillado de Mochuelo bajo, se realizó un análisis de áreas aferentes a los sumideros y pozos de inspección identificados en el catastro de redes. Este análisis se llevó a cabo asumiendo que cada estructura, según sus características físicas e hidráulicas, capta el caudal pluvial máximo según la capacidad calculada. Sin embargo, para la fase de diseño, se plantean estructuras capaces de captar el caudal pluvial total determinado en la zona. Se procedió a delimitar las áreas aferentes para los sumideros y cada tramo.

Figura 34 Áreas aferentes alcantarillado existente



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Encontrando así, las características morfométricas descritas en el marco teórico del presente informe.

Tabla 30 Características morfométricas áreas aferentes a la red de alcantarillado existente

Nombre	Pozo final	Área cuenca (km ²)	Área cuenca (m ²)	Longitud del cauce (m)	Longitud del cauce (km)	Perímetro (km)	Perímetro (m)	Pendiente del cauces (m/m)	Tiempo de concentración (min)
62A	P8	0.003	2953.723	38.90	0.04	0.44	440.85	0.052	5.00
62B	P7	0.001	1017.806	8.55	0.01	0.19	193.351	-0.026	5.00
62C	P7	0.001	1444.767	8.55	0.01	0.19	189.11	-0.026	5.00
62D	10432	0.002	2259.955	31.60	0.03	0.27	268.567	0.060	5.00
62E	P85	0.001	607.126	45.50	0.05	0.10	98.194	0.126	5.00
62F	P87	0.001	767.828	80.70	0.08	0.12	124.929	0.147	5.00
630	P86	0.001	946.133	32.40	0.03	0.12	123.302	0.124	5.00
631	P84	0.001	833.234	38.40	0.04	0.11	113.809	0.022	5.00
632	P80	0.001	525.97	68.80	0.07	0.10	95.646	0.025	5.00
633	MH-33	0.001	1414.929	24.10	0.02	0.15	153.323	0.087	5.00
634	P56	0.001	931.84	12.70	0.01	0.12	123.488	0.046	5.00
635	SUM1	0.002	2349.767	98.30	0.10	0.22	215.713	0.077	5.00
636	SUM 5	0.002	2384.851	29.80	0.03	0.22	219.683	0.065	5.00
637	SUM2	0.001	609.687	40.60	0.04	0.10	97.799	0.138	5.00
638	SUM2	0.000	275.897	40.60	0.04	0.07	74.722	0.138	5.00
639	SUM 4	0.000	372.434	47.00	0.05	0.08	84.02	0.134	5.00
63A	P51	0.001	1089.484	56.90	0.06	0.13	133.543	-0.369	5.00
63B	P50	0.001	742.481	87.30	0.09	0.12	118.861	0.615	5.00
63C	P48	0.002	2145.107	70.00	0.07	0.19	190.517	0.029	5.00
63D	P11	0.002	2084.837	19.10	0.02	0.20	197.942	0.099	5.00
63E	P11	0.001	703.153	19.10	0.02	0.12	121.752	0.099	5.00
63F	P10	0.002	1755.983	28.50	0.03	0.17	171.216	0.051	5.00
640	P3	0.001	570.722	37.40	0.04	0.12	119.865	0.106	5.00
641	P4	0.001	551.496	5.80	0.01	0.11	113.346	0.108	5.00
642	P9	0.001	1290.823	8.20	0.01	0.15	145.458	0.023	5.00
643	P5	0.000	311.002	101.20	0.10	0.07	72.098	0.031	5.00
644	P18	0.001	1043.633	41.40	0.04	0.14	135.413	0.061	5.00
645	P17	0.001	1011.748	39.40	0.04	0.13	126.676	0.051	6.17
646	P16	0.001	847.079	28.80	0.03	0.11	114.667	0.099	5.00
647	P15	0.001	1104.46	29.20	0.03	0.13	130.91	0.073	5.00
648	P14	0.001	1116.619	8.70	0.01	0.13	134.848	0.069	5.00
649	P24	0.002	1908.866	37.80	0.04	0.22	220.055	0.076	5.00

Nombre	Pozo final	Área cuenca (km ²)	Área cuenca (m ²)	Longitud del cauce (m)	Longitud del cauce (km)	Perímetro (km)	Perímetro (m)	Pendiente del cauces (m/m)	Tiempo de concentración (min)
64A	MH-27	0.002	2162.26	32.70	0.03	0.22	222.113	0.102	5.00
64B	P25	0.003	2798.322	21.00	0.02	0.28	279.607	0.055	5.00
64C	P23	0.003	3139.154	29.00	0.03	0.27	272.483	0.043	5.00
64D	P21	0.002	2080.142	54.30	0.05	0.25	246.379	-0.014	5.00
64E	P22	0.001	1073.211	32.00	0.03	0.14	139.911	0.047	5.00
64F	P30	0.001	724.416	24.10	0.02	0.12	123.885	-0.031	5.00
650	SUM3	0.001	1052.691	26.45	0.03	0.14	142.782	0.173	5.00
651	SUM3	0.001	1466.517	26.45	0.03	0.16	164.509	0.173	5.00
652	MH-31	0.001	1052.927	32.70	0.03	0.13	132.116	0.097	5.00
653	MH-32	0.003	2947.873	32.70	0.03	0.24	236.387	0.031	5.00
654	P34	0.003	3155.441	37.10	0.04	0.27	265.496	0.013	5.00
655	P31	0.001	1074.272	22.50	0.02	0.15	145.894	0.061	5.00
656	P32	0.001	1225.144	34.00	0.03	0.15	154.788	-0.006	5.00
657	P29	0.001	526.174	36.50	0.04	0.09	92.882	0.006	5.00
658	P45	0.001	557.039	99.60	0.10	0.09	92.631	0.049	5.00
659	P41	0.001	713.648	97.20	0.10	0.11	111.648	-0.015	5.00
65A	P38	0.001	821.807	79.80	0.08	0.13	132.678	0.019	5.34
65B	P29	0.001	1076.145	18.25	0.02	0.17	174.947	0.006	5.00
65C	P29	0.000	247.547	18.25	0.02	0.07	72.276	0.006	5.40
65D	P37	0.001	798.986	31.40	0.03	0.12	124.316	0.000	5.00
65E	P28	0.001	928.815	43.50	0.04	0.17	170.383	-0.018	5.00
65F	MH-32	0.000	226.453	32.70	0.03	0.09	92.484	0.031	5.90
660	P48	0.000	260.682	35.00	0.04	0.10	101.04	0.029	5.00
661	P48	0.000	174.307	35.00	0.04	0.07	68.229	0.029	5.00
662	P49	0.001	1068.936	27.60	0.03	0.16	160.188	0.071	5.00
663	P48	0.001	515.249	70.00	0.07	0.11	114.772	0.029	5.00
664	P55	0.002	2426.944	25.00	0.03	0.24	240.607	0.096	5.00
665	P93	0.002	1503.951	92.80	0.09	0.17	165.243	0.087	5.00
666	P82	0.001	1423.879	46.40	0.05	0.16	161.523	0.102	5.00
667	P99	0.002	1511.012	90.60	0.09	0.16	160.355	0.128	5.00
668	P88	0.002	1614.795	7.30	0.01	0.17	174.784	0.074	5.00
669	P83	0.002	1567.096	13.40	0.01	0.17	166.405	0.113	5.00
66A	P92	0.003	2974.931	25.80	0.03	0.25	251.138	0.148	5.00

Nombre	Pozo final	Área cuenca (km ²)	Área cuenca (m ²)	Longitud del cauce (m)	Longitud del cauce (km)	Perímetro (km)	Perímetro (m)	Pendiente del cauces (m/m)	Tiempo de concentración (min)
66B	P89	0.001	1299.377	4.00	0.00	0.16	157.723	0.083	5.00
66C	P91	0.003	2900.842	32.00	0.03	0.25	248.144	0.050	5.00
66D	P97	0.003	2925.974	31.50	0.03	0.26	261.986	0.068	5.00
66E	P96	0.001	1447.011	18.90	0.02	0.16	155.5	0.064	5.00
66F	P95	0.001	1476.309	56.90	0.06	0.16	160.476	0.036	5.00
670	P94	0.001	550.973	29.60	0.03	0.16	156.427	0.038	5.00
671	P65	0.003	2555.005	80.90	0.08	0.25	251.58	0.037	5.00
672	P122	0.002	1663.768	40.60	0.04	0.17	167.897	0.030	5.00
673	P124	0.003	2821.292	72.40	0.07	0.26	261.007	0.101	5.00
674	P125	0.002	1513.304	14.85	0.01	0.16	158.484	0.063	5.00
675	P125	0.001	989.164	14.85	0.01	0.13	127.335	0.063	5.00
676	P126	0.001	719.128	67.20	0.07	0.11	107.721	0.110	5.00
677	P134	0.001	941.605	35.30	0.04	0.13	127.251	0.128	5.00
678	P137	0.000	342.683	37.10	0.04	0.08	84.038	-0.141	5.00
679	P137	0.002	1967.84	37.10	0.04	0.22	215.075	-0.141	5.00
67A	P135	0.001	717.109	8.40	0.01	0.10	104.779	0.041	5.00
67B	P58	0.001	1400.112	43.70	0.04	0.17	170.543	-0.156	5.00
67C	P60	0.002	1906.439	86.70	0.09	0.19	189.371	0.088	5.00
67D	P133	0.001	826.361	21.40	0.02	0.12	120.873	0.173	5.00
67E	P 132	0.001	805.867	97.30	0.10	0.12	116.539	0.163	5.00
67F	P131	0.001	1426.548	47.20	0.05	0.16	163.289	0.116	5.00
680	P130	0.001	1450.668	48.60	0.05	0.17	165.12	0.015	5.00
681	P129	0.001	1465.283	68.00	0.07	0.16	163.743	0.098	5.00
682	P160	0.002	2061.969	20.40	0.02	0.19	192.414	0.120	5.00
683	P161	0.003	2668.033	37.80	0.04	0.23	234.586	0.097	5.00
684	P161	0.001	700.887	37.80	0.04	0.12	120.564	0.097	5.00
685	P127	0.001	503.433	58.60	0.06	0.09	93.766	-0.039	5.00
686	P162	0.000	394.255	44.60	0.04	0.11	108.756	0.071	5.00
687	P63	0.001	770.738	28.90	0.03	0.16	163.484	0.026	5.00
688	P61	0.002	2287.304	8.70	0.01	0.21	209.036	0.133	5.00
689	P62	0.004	3716.814	39.70	0.04	0.39	386.611	0.032	5.00
68A	P62	0.001	784.344	39.70	0.04	0.12	122.21	0.032	5.00
68B	P63	0.000	467.736	28.90	0.03	0.09	93.746	0.026	5.00

Nombre	Pozo final	Área cuenca (km ²)	Área cuenca (m ²)	Longitud del cauce (m)	Longitud del cauce (km)	Perímetro (km)	Perímetro (m)	Pendiente del cauces (m/m)	Tiempo de concentración (min)
68C	P149	0.000	130.65	8.00	0.01	0.05	51.182	0.133	5.00
68D	P148	0.000	461.112	29.10	0.03	0.11	112.512	0.151	5.00
68E	P150	0.000	340.748	55.00	0.06	0.11	106.134	0.102	5.00
68F	P142	0.003	2936.709	46.20	0.05	0.23	225.741	0.113	5.00
690	P140	0.000	351.18	49.40	0.05	0.09	86.593	0.116	5.00
691	P143	0.002	1698.419	30.20	0.03	0.17	174.448	0.023	5.00
692	P143	0.000	365.047	30.20	0.03	0.12	116.959	0.023	5.00
693	P152	0.003	2632.717	31.50	0.03	0.21	205.408	0.173	5.00
694	P153	0.002	2122.824	37.70	0.04	0.19	187.56	0.109	5.00
695	P153	0.001	521.054	37.70	0.04	0.10	104.751	0.109	5.00
696	P147	0.000	412.442	32.30	0.03	0.11	110.371	0.129	5.00
697	P145	0.003	3070.398	55.60	0.06	0.24	236.815	0.072	5.00
698	P146	0.001	1371.39	28.60	0.03	0.16	164.408	0.086	5.00
699	P157	0.003	3012.539	23.20	0.02	0.22	219.896	0.132	5.00
69A	P155	0.001	594.402	31.10	0.03	0.14	140.473	0.168	5.00
69B	P159	0.002	1594.102	16.30	0.02	0.16	161.408	0.057	5.00
69C	P164	0.001	1460.59	24.80	0.02	0.15	153.414	0.159	5.00
69D	P172	0.001	1483.187	54.60	0.05	0.16	155.917	0.075	5.00
69E	P171	0.001	1480.5	35.20	0.04	0.20	196.985	0.107	5.00
69F	P175	0.001	758.576	47.60	0.05	0.19	187.896	0.089	5.00
6A0	P173	0.001	1477.509	33.30	0.03	0.15	154.392	0.079	5.00
6A1	P174	0.001	685.891	27.30	0.03	0.11	112.24	0.069	5.00
6A2	P181	0.002	1898.288	28.40	0.03	0.18	182.275	0.414	5.00
6A3	P182	0.001	1461.661	28.70	0.03	0.16	158.224	-0.011	5.00
6A4	P176	0.000	330.755	29.70	0.03	0.10	103.733	0.116	5.00
6A5	P178	0.000	241.25	3.50	0.00	0.07	72.233	0.115	5.00
6A6	P179	0.000	234.577	32.10	0.03	0.09	86.346	0.205	5.00
6A7	P168	0.002	2346.986	30.90	0.03	0.20	196.202	0.094	5.00
6A8	P168	0.000	403.254	30.90	0.03	0.11	111.251	0.094	5.00
6A9	P115	0.001	895.148	49.40	0.05	0.15	154.898	0.050	5.00
6AA	P115	0.002	1765.262	49.40	0.05	0.18	176.583	0.050	5.00
6AB	P116	0.001	1342.515	35.70	0.04	0.17	169.646	0.151	5.00
6AC	P119	0.003	2692.481	95.90	0.10	0.22	216.875	0.081	5.00

Nombre	Pozo final	Área cuenca (km ²)	Área cuenca (m ²)	Longitud del cauce (m)	Longitud del cauce (km)	Perímetro (km)	Perímetro (m)	Pendiente del cauces (m/m)	Tiempo de concentración (min)
6AD	P117	0.002	2352.618	49.90	0.05	0.21	206.8	0.144	5.00
6AE	P206	0.002	1592.673	55.70	0.06	0.16	162.281	0.084	5.00
6AF	P207	0.001	705.344	37.10	0.04	0.13	126.859	0.025	5.00
6B0	P72	0.003	3406.117	42.40	0.04	0.42	422.673	0.159	5.00
6B1	P102	0.004	3686.142	30.10	0.03	0.38	376.338	0.210	5.00
6B2	P103	0.002	1632.022	35.90	0.04	0.23	230.665	0.186	5.00
6B3	P101	0.002	1854.98	37.70	0.04	0.18	175.451	0.147	5.00
6B4	P73	0.003	2923.854	6.40	0.01	0.22	218.236	0.141	5.00
6B5	P74	0.003	2625.161	34.00	0.03	0.21	210.05	0.126	5.00
6B6	P74	0.002	1682.828	34.00	0.03	0.17	169.241	0.126	5.00
6B7	P77	0.001	668.767	11.10	0.01	0.16	160.141	0.087	5.00
6B8	MH-47	0.003	3065.665	40.40	0.04	0.23	229.722	-0.061	5.00
6B9	MH-47	0.001	1397.301	40.40	0.04	0.15	154.549	-0.061	5.00
6BA	P101	0.001	714.376	37.70	0.04	0.13	128.247	0.147	5.00
6BB	P100	0.001	1164.436	37.30	0.04	0.15	147.973	0.165	5.00
6BC	P79	0.001	1398.642	12.10	0.01	0.16	164.188	0.117	5.00
6BD	P78	0.003	2649.682	21.20	0.02	0.28	282.382	0.095	5.00
6BE	P76	0.003	3224.401	10.40	0.01	0.27	270.609	-0.034	5.00
6BF	P106	0.003	2899.514	38.50	0.04	0.23	227.581	0.048	5.00
6C0	P76	0.002	1881.184	10.40	0.01	0.22	220.954	-0.034	5.00
6C1	P107	0.001	1071.564	46.30	0.05	0.14	138.185	0.114	5.00
6C2	P109	0.003	3003.881	28.90	0.03	0.26	255.678	0.551	5.00
6C3	P202	0.002	1659.059	18.80	0.02	0.27	271.127	-0.028	5.00
6C4	P79	0.002	1798.334	12.10	0.01	0.17	172.893	0.117	5.00
6C5	P105	0.002	1797.523	60.80	0.06	0.18	177.416	0.002	5.00
6C6	P104	0.002	2188.082	17.90	0.02	0.19	187.029	0.090	5.00
6C7	P113	0.001	583.115	20.80	0.02	0.11	107.996	0.117	6.54
6C8	P112	0.002	1672.321	13.80	0.01	0.16	161.749	0.118	5.00
6C9	P111	0.002	1813.451	7.30	0.01	0.18	184.514	0.083	5.00
CM-1	P169	0.002	2078.638	38.40	0.04	0.19	191.819	0.069	5.00
CM-2	P110	0.002	2376.657	29.00	0.03	0.21	208.619	0.018	5.00

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Para el análisis de aportes pluviales, se realiza la identificación de este parámetro para cada una de las subcuencas identificadas, cuyos resultados se muestran a continuación.

Tabla 31 Coeficiente de escorrentía C de áreas aferentes a la red de alcantarillado existente

Área	Bosque		Pastos		Techos - Calles		Zonas Desnudas		C Ponderado
	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	
630	30.467	0.1	42.762	0.3	821.248	0.95	51.654	0.75	0.88
631	24.837	0.1	107.94	0.3	664.646	0.95	35.805	0.75	0.83
632	14.466	0.1	70.899	0.3	427.217	0.95	13.387	0.75	0.83
633	61.667	0.1	24.919	0.3	1282.442	0.95	45.895	0.75	0.90
634	69.701	0.1	81.615	0.3	729.096	0.95	51.429	0.75	0.82
635	1.434	0.1	371.918	0.3	1833.837	0.95	142.575	0.75	0.83
636	97.174	0.1	92.814	0.3	2139.041	0.95	55.808	0.75	0.89
637	34.861	0.1	139.963	0.3	392.234	0.95	42.627	0.75	0.74
638	3.047	0.1	28.903	0.3	242.119	0.95	1.827	0.75	0.87
639	23.431	0.1	5.465	0.3	343.533	0.95		0.75	0.89
640	43.146	0.1	157.132	0.3	355.566	0.95	14.871	0.75	0.70
641	44.399	0.1	243.798	0.3	251.261	0.95	12.036	0.75	0.59
642	31.196	0.1	135.013	0.3	1058.273	0.95	66.333	0.75	0.85
643	1.532	0.1	82.082	0.3	213.098	0.95	14.289	0.75	0.77
644	38.139	0.1	124.2	0.3	855.296	0.95	25.993	0.75	0.84
645	35.108	0.1	25.302	0.3	848.612	0.95	102.719	0.75	0.88
646	17.247	0.1	55.406	0.3	755.714	0.95	18.704	0.75	0.89
647	27.608	0.1	99.782	0.3	943.231	0.95	33.83	0.75	0.86
648	59.196	0.1	228.61	0.3	819.342	0.95	9.461	0.75	0.77
649	259.212	0.1	1078.438	0.3	473.565	0.95	97.644	0.75	0.46
650	30.86	0.1	79.172	0.3	923.81	0.95	18.845	0.75	0.87
651	68.944	0.1	94.421	0.3	1277.102	0.95	26.037	0.75	0.86
652	23.004	0.1	25.171	0.3	1001.893	0.95	2.857	0.75	0.92
653	85.711	0.1	127.642	0.3	2673.423	0.95	61.081	0.75	0.89
654	101.816	0.1	181.047	0.3	2786.632	0.95	85.932	0.75	0.88
655	35.303	0.1	541.313	0.3	486.501	0.95	11.148	0.75	0.59
656	24.216	0.1	742.648	0.3	413.845	0.95	44.433	0.75	0.53
657	11.256	0.1	268.812	0.3	178.013	0.95	68.092	0.75	0.57
658	22.998	0.1	192.769	0.3	327.053	0.95	14.217	0.75	0.68
659	7.609	0.1	259.31	0.3	431.735	0.95	14.99	0.75	0.70
660	10.945	0.1	4.43	0.3	245.308	0.95		0.75	0.90
661	7.675	0.1	6.999	0.3	159.394	0.95	0.241	0.75	0.89
662	64.264	0.1	33.248	0.3	874.061	0.95	97.361	0.75	0.86
663	13.883	0.1	3.363	0.3	467.719	0.95	30.285	0.75	0.91
664	55.87	0.1	117.295	0.3	2142.825	0.95	110.944	0.75	0.89
665	36.494	0.1	154.314	0.3	1184.73	0.95	128.408	0.75	0.85
666	56.013	0.1	130.527	0.3	1184.11	0.95	53.225	0.75	0.85
667	61.808	0.1	145.106	0.3	1286.947	0.95	17.142	0.75	0.85
668	50.739	0.1	66.707	0.3	1449.102	0.95	48.244	0.75	0.89
669	22.77	0.1	294.623	0.3	1110.196	0.95	139.497	0.75	0.80
670		0.1	80.046	0.3	423.803	0.95	47.123	0.75	0.84
671	114.573	0.1	1244.012	0.3	1192.736	0.95	3.684	0.75	0.60
672	34.714	0.1	119.889	0.3	1463.924	0.95	45.24	0.75	0.88
673	71.24	0.1	266.193	0.3	2389.012	0.95	94.844	0.75	0.86
674	23.397	0.1	166.081	0.3	1298.646	0.95	25.176	0.75	0.86
675	18.726	0.1	82.776	0.3	830.855	0.95	56.802	0.75	0.87
676	15.231	0.1	52.489	0.3	554.677	0.95	96.727	0.75	0.86
677	5.837	0.1	96.121	0.3	626.932	0.95	212.714	0.75	0.83

Área	Bosque		Pastos		Techos - Calles		Zonas Desnudas		C Ponderado
	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	
678	31.776	0.1	52.838	0.3	213.893	0.95	44.176	0.75	0.75
679	120.375	0.1	302.607	0.3	1379.166	0.95	165.691	0.75	0.78
680	7.853	0.1	96.831	0.3	1260.503	0.95	85.477	0.75	0.89
681		0.1	134.871	0.3	1166.265	0.95	164.145	0.75	0.87
682	11.497	0.1	135.337	0.3	1629.604	0.95	285.525	0.75	0.87
683	8.205	0.1	96.246	0.3	2297.931	0.95	265.651	0.75	0.90
684	31.333	0.1	60.57	0.3	521.576	0.95	87.404	0.75	0.83
685		0.1	55.569	0.3	322.665	0.95	125.198	0.75	0.83
686	0.013	0.1	177.577	0.3	86.481	0.95	130.181	0.75	0.59
687		0.1	318.684	0.3	368.437	0.95	83.617	0.75	0.66
688	44.825	0.1	157.163	0.3	1513.953	0.95	571.363	0.75	0.84
689	81.345	0.1	586.022	0.3	2209.265	0.95	840.177	0.75	0.78
690	27.176	0.1	5.174	0.3	317.884	0.95	0.945	0.75	0.87
691	92.113	0.1	268.017	0.3	1274.288	0.95	63.996	0.75	0.79
692	19.475	0.1	24.863	0.3	303.142	0.95	17.563	0.75	0.85
693	44.679	0.1	387.491	0.3	1923.492	0.95	277.045	0.75	0.82
694	9.445	0.1	947.382	0.3	812.62	0.95	353.368	0.75	0.62
695		0.1	359.537	0.3	69.607	0.95	91.91	0.75	0.47
696	5.224	0.1	13.01	0.3	381.025	0.95	13.181	0.75	0.91
697	106.712	0.1	285.959	0.3	2230.693	0.95	447.017	0.75	0.83
698	51.736	0.1	279.724	0.3	1025.763	0.95	14.163	0.75	0.78
699	61.231	0.1	597.955	0.3	2215.089	0.95	138.246	0.75	0.79
62A	770.79	0.1	1074.346	0.3	1083.914	0.95	24.671	0.75	0.49
62B	62.247	0.1	363.781	0.3	552.126	0.95	39.651	0.75	0.66
62C	189.301	0.1	665.715	0.3	581.432	0.95	8.317	0.75	0.54
62D	1.907	0.1	912.355	0.3	1266.555	0.95	79.135	0.75	0.68
62E	11.33	0.1	204.225	0.3	341.264	0.95	50.306	0.75	0.70
62F	19.502	0.1	89.242	0.3	656.579	0.95	2.501	0.75	0.85
63A	21.162	0.1	37.349	0.3	978.025	0.95	52.936	0.75	0.90
63B	25.099	0.1	80.917	0.3	516.019	0.95	120.434	0.75	0.82
63C	97.609	0.1	138.912	0.3	1813.781	0.95	94.794	0.75	0.86
63D	42.873	0.1	557.774	0.3	1392.524	0.95	91.652	0.75	0.75
63E	23.319	0.1	143.221	0.3	521.038	0.95	15.572	0.75	0.78
63F	54.207	0.1	65.833	0.3	1589.494	0.95	46.44	0.75	0.89
64A	460.197	0.1	1029.315	0.3	307.6	0.95	365.144	0.75	0.43
64B	93.486	0.1	138.423	0.3	2493.45	0.95	72.943	0.75	0.88
64C	117.702	0.1	161.545	0.3	2754.454	0.95	105.431	0.75	0.88
64D	53.914	0.1	71.996	0.3	1929.315	0.95	28.604	0.75	0.90
64E	44.091	0.1	62.287	0.3	948.563	0.95	18.266	0.75	0.87
64F	35.751	0.1	267.157	0.3	89.789	0.95	331.711	0.75	0.58
65A	9.746	0.1	264.919	0.3	529.085	0.95	18.047	0.75	0.73
65B	14.168	0.1	533.966	0.3	412.164	0.95	115.843	0.75	0.59
65C	6.453	0.1	58.262	0.3	173.337	0.95	9.494	0.75	0.77
65D	2.856	0.1	377.43	0.3	367.233	0.95	51.465	0.75	0.63
65E	236.81	0.1	146.939	0.3	522.424	0.95	22.635	0.75	0.63
65F	0.333	0.1	3.6	0.3	217.938	0.95	4.582	0.75	0.93
66A	92.582	0.1	247.947	0.3	2478.798	0.95	155.593	0.75	0.86
66B	70.417	0.1	51.421	0.3	1171.5	0.95	6.03	0.75	0.88
66C	55.83	0.1	105.136	0.3	2655.022	0.95	84.846	0.75	0.90
66D	60.383	0.1	71.029	0.3	2736.444	0.95	58.109	0.75	0.91
66E	51.495	0.1	179.318	0.3	1153.755	0.95	62.437	0.75	0.83
66F	41.904	0.1	123.641	0.3	1234.266	0.95	76.489	0.75	0.86

Área	Bosque		Pastos		Techos - Calles		Zonas Desnudas		C Ponderado
	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	
67A	24.139	0.1	174.755	0.3	446.524	0.95	71.689	0.75	0.74
67B	66.382	0.1	281.704	0.3	880.349	0.95	171.68	0.75	0.75
67C	42.316	0.1	173.198	0.3	1425.901	0.95	265.021	0.75	0.84
67D		0.1	48.247	0.3	723.845	0.95	54.27	0.75	0.90
67E	7.133	0.1	160.873	0.3	608.837	0.95	29.025	0.75	0.81
67F		0.1	94.296	0.3	1140.519	0.95	191.731	0.75	0.88
68A	37.365	0.1	160.963	0.3	551.148	0.95	34.868	0.75	0.77
68B	16.09	0.1	109.987	0.3	286.973	0.95	54.686	0.75	0.74
68C	5.592	0.1	12.295	0.3	104.481	0.95	8.278	0.75	0.84
68D	42.592	0.1	11.288	0.3	403.318	0.95	3.912	0.75	0.85
68E	19.316	0.1	36.418	0.3	259.651	0.95	25.358	0.75	0.82
68F	122.996	0.1	237.891	0.3	2515.849	0.95	59.965	0.75	0.86
69A	12.926	0.1	14.532	0.3	539.056	0.95	27.884	0.75	0.91
69B	74.219	0.1	410.229	0.3	960.515	0.95	149.131	0.75	0.72
69C	53.635	0.1	221.045	0.3	1090.034	0.95	95.867	0.75	0.81
69D	43.82	0.1	92.57	0.3	1230.925	0.95	115.867	0.75	0.87
69E	19.798	0.1	139.077	0.3	1096.629	0.95	224.989	0.75	0.85
69F	8.232	0.1	16.259	0.3	699.127	0.95	34.955	0.75	0.92
6A0	41.476	0.1	168.774	0.3	1206.898	0.95	60.353	0.75	0.84
6A1	3.146	0.1	40.147	0.3	587.414	0.95	55.18	0.75	0.89
6A2	30.321	0.1	438.025	0.3	1175.538	0.95	254.398	0.75	0.76
6A3	48.406	0.1	723.58	0.3	676.493	0.95	13.181	0.75	0.60
6A4		0.1	1.295	0.3	318.437	0.95	11.023	0.75	0.94
6A5	0.2	0.1	2.243	0.3	232.385	0.95	6.422	0.75	0.94
6A6		0.1	11.852	0.3	213.852	0.95	8.873	0.75	0.91
6A7	40.088	0.1	344.565	0.3	1514.231	0.95	448.093	0.75	0.80
6A8	31.232	0.1	62.924	0.3	144.844	0.95	164.249	0.75	0.70
6A9	6.892	0.1	167.416	0.3	318.62	0.95	402.215	0.75	0.73
6AA	7.645	0.1	556.922	0.3	1063.024	0.95	137.662	0.75	0.73
6AB	4.849	0.1	147.713	0.3	563.915	0.95	626.027	0.75	0.78
6AC	48.114	0.1	292.806	0.3	2049.695	0.95	301.846	0.75	0.84
6AD	33.573	0.1	203.982	0.3	1854.165	0.95	260.887	0.75	0.86
6AE	40.471	0.1	377.732	0.3	1098.024	0.95	76.438	0.75	0.76
6AF	5.757	0.1	136.299	0.3	363.703	0.95	199.58	0.75	0.76
6B0	77.653	0.1	1462.851	0.3	1656.197	0.95	209.398	0.75	0.64
6B1	126.071	0.1	2653.864	0.3	875.679	0.95	30.522	0.75	0.45
6B2	50.085	0.1	453.065	0.3	1015.509	0.95	113.358	0.75	0.73
6B3	19.033	0.1	365.576	0.3	1178.308	0.95	292.053	0.75	0.78
6B4	22.508	0.1	406.2	0.3	1955.92	0.95	539.216	0.75	0.82
6B5	21.939	0.1	486.068	0.3	1903.112	0.95	214.036	0.75	0.81
6B6	78.362	0.1	228.198	0.3	1061.658	0.95	314.608	0.75	0.78
6B7	4.186	0.1	90.699	0.3	242.574	0.95	331.306	0.75	0.76
6B8	4.571	0.1	293.74	0.3	2348.374	0.95	418.974	0.75	0.86
6B9		0.1	417.299	0.3	790.674	0.95	189.326	0.75	0.73
6BA	9.428	0.1	111.694	0.3	450.153	0.95	143.094	0.75	0.80
6BB	12.674	0.1	63.512	0.3	846.972	0.95	241.271	0.75	0.86
6BC	38.251	0.1	73.033	0.3	1029.857	0.95	257.493	0.75	0.86
6BD	29.17	0.1	332.001	0.3	2027.244	0.95	261.257	0.75	0.84
6BE	2.357	0.1	74.064	0.3	2952.95	0.95	195.03	0.75	0.92
6BF	10.716	0.1	67.27	0.3	2810.042	0.95	11.485	0.75	0.93
6C0		0.1	203.392	0.3	1503.701	0.95	174.09	0.75	0.86
6C1		0.1	250.336	0.3	615.969	0.95	205.259	0.75	0.76

Área	Bosque		Pastos		Techos - Calles		Zonas Desnudas		C Ponderado
	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	
6C2	0.241	0.1	200.816	0.3	2636.127	0.95	166.697	0.75	0.90
6C3	2.939	0.1	446.295	0.3	902.765	0.95	307.058	0.75	0.74
6C4	33.539	0.1	174.729	0.3	1541.907	0.95	48.156	0.75	0.87
6C5	19.538	0.1	106.217	0.3	1407.141	0.95	264.621	0.75	0.87
6C6	42.175	0.1	204.712	0.3	1885.002	0.95	56.201	0.75	0.87
6C7		0.1	31.467	0.3	349.418	0.95	202.23	0.75	0.85
6C8	34.966	0.1	129.835	0.3	1373.772	0.95	133.738	0.75	0.87
6C9	5.948	0.1	28.844	0.3	1576.449	0.95	202.209	0.75	0.91
CM-1	21.973	0.1	530.482	0.3	1243.828	0.95	282.348	0.75	0.75
CM-2	40.427	0.1	211.52	0.3	2007.84	0.95	116.863	0.75	0.87

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Figura 35 Coeficiente de escorrentía C de las áreas aferentes al alcantarillado pluvial existente



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Obteniendo así los caudales máximos instantáneos para cada una de las áreas aferentes a la red de alcantarillado existente.

Tabla 32 Caudales Máximos instantáneos red de alcantarillado existente

Nombre	Intensidad (mm/hr)						Caudal (m³/s)					
	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 25 Años	T= 50 Años	T= 100 Años	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 20 Años	T= 50 Años	T= 100 Años
62A	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
62B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
62C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
62D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
62E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
62F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
630	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
631	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
632	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
633	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
634	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
635	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
636	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06
637	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
638	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
639	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
63A	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
63B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
63C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06
63D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
63E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
63F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
640	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
641	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
642	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
643	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
644	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
645	48.6	57.5	69.1	83.6	94.5	105.0	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
646	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
647	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
648	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
649	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
64A	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
64B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07
64C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.08
64D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
64E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
64F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
650	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
651	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
652	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
653	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
654	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.08
655	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
656	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
657	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
658	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
659	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
65A	50.0	59.2	71.1	86.0	97.2	107.8	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02

Nombre	Intensidad (mm/hr)						Caudal (m ³ /s)					
	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 25 Años	T= 50 Años	T= 100 Años	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 20 Años	T= 50 Años	T= 100 Años
65B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
65C	49.9	59.1	70.9	85.8	97.0	107.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
65D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
65E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
65F	49.0	58.1	69.7	84.3	95.4	105.8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
660	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
661	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
662	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
663	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
664	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07
665	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
666	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
667	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
668	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
669	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
66A	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
66B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
66C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
66D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
66E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
66F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
670	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
671	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
672	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04
673	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07
674	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
675	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
676	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
677	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
678	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
679	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
67A	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
67B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
67C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
67D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
67E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
67F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
680	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
681	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
682	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05
683	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07
684	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
685	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
686	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
687	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
688	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
689	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
68A	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
68B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
68C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Nombre	Intensidad (mm/hr)						Caudal (m ³ /s)					
	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 25 Años	T= 50 Años	T= 100 Años	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 20 Años	T= 50 Años	T= 100 Años
68D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
68E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
68F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
690	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
691	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
692	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
693	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07
694	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
695	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
696	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
697	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
698	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
699	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07
69A	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
69B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
69C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
69D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
69E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
69F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
6A0	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
6A1	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
6A2	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
6A3	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
6A4	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6A5	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
6A6	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
6A7	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
6A8	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
6A9	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
6AA	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
6AB	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
6AC	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07
6AD	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06
6AE	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
6AF	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
6B0	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07
6B1	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05
6B2	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
6B3	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04
6B4	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07
6B5	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06
6B6	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
6B7	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
6B8	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
6B9	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
6BA	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
6BB	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
6BC	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
6BD	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07
6BE	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09

Nombre	Intensidad (mm/hr)						Caudal (m ³ /s)					
	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 25 Años	T= 50 Años	T= 100 Años	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 20 Años	T= 50 Años	T= 100 Años
6BF	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.08
6C0	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
6C1	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
6C2	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
6C3	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
6C4	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
6C5	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
6C6	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
6C7	48.0	56.8	68.3	82.6	93.4	103.7	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6C8	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
6C9	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05
CM-1	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
CM-2	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

10.3 ALTERNATIVA NO. 1 – DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL CONVENCIONAL

10.3.1 Cálculo de Aportes Pluviales

En la siguiente figura se muestran las estructuras de captación propuestas para la Alternativa No. 1 de la red de alcantarillado pluvial en la localidad de Mochuelo Bajo.

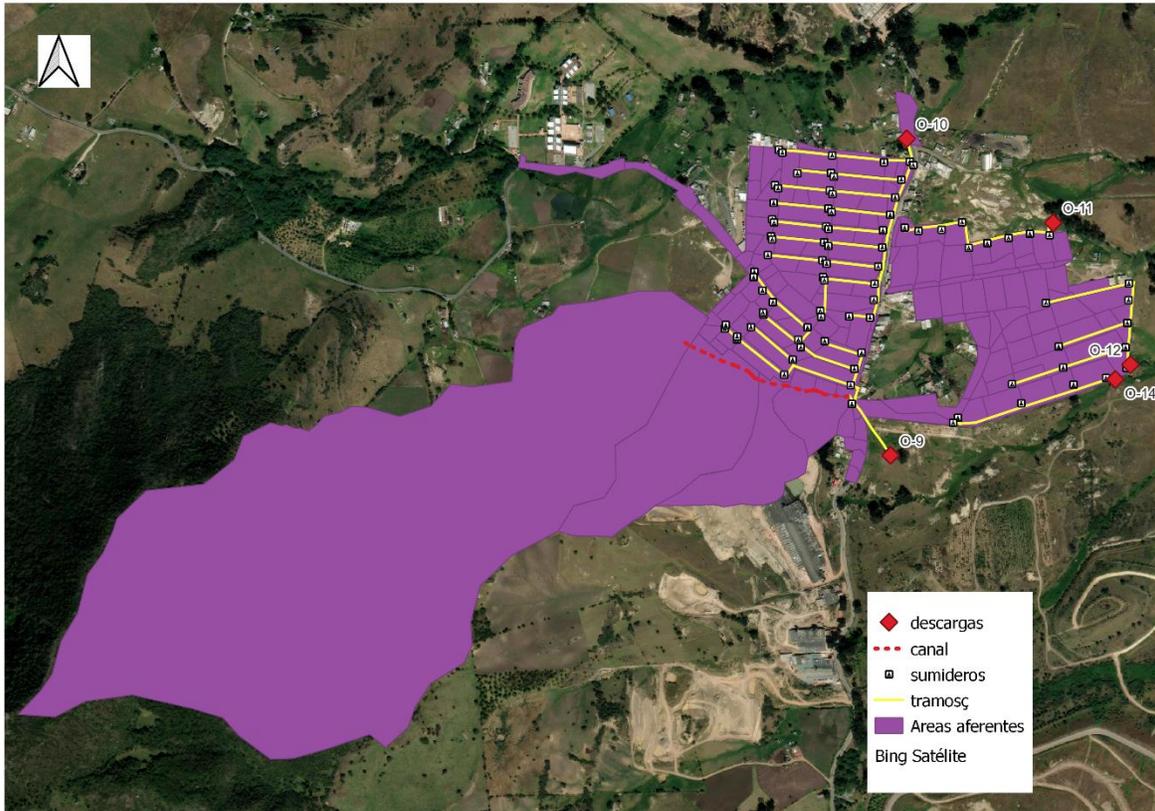
Figura 36 Localización Sumideros Alternativa No. 1



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Se procedió a delimitar las áreas aferentes para los sumideros y cada tramo.

Figura 37 Áreas aferentes alcantarillado existente



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Encontrando así, las características morfométricas descritas en el marco teórico del presente informe.

Tabla 33 Características morfométricas áreas aferentes a la red de alcantarillado pluvial Alternativa No. 1

Nombre	Pozo final	Área cuenca (km ²)	Área cuenca (m ²)	Longitud del cauce (m)	Longitud del cauce (km)	Perímetro (km)	Perímetro (m)	Pendiente del cauces (m/m)	Tiempo de concentración (min)
632	SUM1	0.001	525.97	6.30	0.01	0.10	95.65	0.024	5.00
635	SUM1	0.002	2349.77	6.30	0.01	0.22	215.71	0.024	5.00
637	SUM2	0.001	606.77	4.00	0.00	0.10	98.07	0.022	5.00
638	SUM2	0.000	275.90	4.00	0.00	0.07	74.72	0.022	5.00
634	SUM 5	0.001	931.84	7.40	0.01	0.12	123.49	0.022	5.00
636	SUM 5	0.002	2384.85	7.40	0.01	0.22	219.68	0.022	5.00
639	SUM 4	0.000	372.43	6.00	0.01	0.08	84.02	0.063	5.00
63A	SUM 4	0.001	1089.48	6.00	0.01	0.13	133.54	0.063	5.00
650	SUM3	0.001	1024.69	7.20	0.01	0.14	142.40	0.024	5.00
651	SUM3	0.001	1466.52	7.20	0.01	0.16	164.51	0.024	5.00
649	CS-1	0.459	459119.52	249.83	0.25	3.39	3386.85	0.020	12.75
64A	CS-5	0.054	53748.16	123.31	0.12	1.13	1128.92	0.020	7.46
64F	CS-10	0.022	22463.68	63.22	0.06	0.91	905.93	0.020	5.00
655	CS-11	0.001	1217.23	33.64	0.03	0.14	140.16	0.020	5.00
656	CS-12	0.001	897.41	80.13	0.08	0.13	130.63	0.020	5.37
671	O-10	0.003	2555.01	24.77	0.02	0.25	251.58	0.020	5.00
63D	CB-6	0.001	862.04	2.20	0.00	0.13	126.66	0.023	5.00
63E	CB-7	0.001	583.88	5.70	0.01	0.12	116.01	0.021	5.00
647	CB-8	0.001	1104.46	4.70	0.00	0.13	130.91	0.024	5.00
648	CB-8	0.000	443.57	4.70	0.00	0.09	90.08	0.024	5.00
64B	CB-10	0.003	3031.95	4.30	0.00	0.29	287.99	0.023	5.00
65E	CB-13	0.001	841.24	3.40	0.00	0.16	163.46	0.021	5.00
653	CB-14	0.003	2947.87	4.40	0.00	0.24	236.39	0.027	5.00
65F	CB-14	0.000	226.45	4.40	0.00	0.09	92.48	0.027	5.00
646	CB-15	0.001	847.08	3.20	0.00	0.11	114.67	0.028	5.00
63F	CB-17	0.002	1755.98	10.50	0.01	0.17	171.22	0.022	5.00
645	CB-17	0.001	1011.75	10.50	0.01	0.13	126.68	0.022	5.00
644	CB-19	0.001	1043.63	5.70	0.01	0.14	135.41	0.026	5.00
62A	CB-20	0.003	2953.72	7.70	0.01	0.44	440.85	0.021	5.00
62B	CB-20	0.001	1017.81	7.70	0.01	0.19	193.35	0.021	5.00
62C	CB-20	0.001	1444.77	7.70	0.01	0.19	189.11	0.021	5.00

Nombre	Pozo final	Área cuenca (km ²)	Área cuenca (m ²)	Longitud del cauce (m)	Longitud del cauce (km)	Perímetro (km)	Perímetro (m)	Pendiente del cauces (m/m)	Tiempo de concentración (min)
62D	CB-20	0.002	2259.96	7.70	0.01	0.27	268.57	0.021	5.00
643	CB-20	0.000	311.00	7.70	0.01	0.07	72.10	0.021	5.00
640	CB-21	0.001	570.72	5.20	0.01	0.12	119.86	0.025	5.00
641	CB-21	0.001	551.50	5.20	0.01	0.11	113.35	0.025	5.00
64C	CB-23	0.003	3139.15	4.40	0.00	0.27	272.48	0.025	5.00
64E	CB-24	0.001	1073.21	7.20	0.01	0.14	139.91	0.022	5.00
64D	CB-25	0.002	2080.14	6.80	0.01	0.25	246.38	0.031	5.00
652	CB-26	0.001	1052.93	4.10	0.00	0.13	132.12	0.027	5.00
654	CB-27	0.003	3155.44	6.30	0.01	0.27	265.50	0.021	5.00
658	CB-28	0.001	557.04	7.60	0.01	0.09	92.63	0.024	5.00
659	CB-28	0.001	713.65	7.60	0.01	0.11	111.65	0.024	5.00
65A	CB-28	0.001	821.81	7.60	0.01	0.13	132.68	0.024	5.00
65B	CB-28	0.001	1323.33	7.60	0.01	0.16	161.18	0.024	5.00
65C	CB-28	0.000	247.55	7.60	0.01	0.07	72.28	0.024	5.00
65D	CB-28	0.001	798.99	7.60	0.01	0.12	124.32	0.024	5.00
642	CB-29	0.001	1290.82	6.50	0.01	0.15	145.46	0.043	5.00
633	CB-30	0.001	1414.05	7.80	0.01	0.15	153.09	0.045	5.00
669	CB-31	0.002	1563.37	4.40	0.00	0.17	166.23	0.066	5.00
668	CB-32	0.002	1614.80	8.40	0.01	0.17	174.78	0.018	5.00
66B	CB-33	0.001	1298.11	6.90	0.01	0.16	157.84	0.046	5.00
66D	CB-34	0.003	2925.97	7.50	0.01	0.26	261.99	0.024	5.00
673	CB-36	0.003	2821.29	7.30	0.01	0.26	261.01	0.029	5.00
67E	CB-38	0.001	805.87	7.60	0.01	0.12	116.54	0.024	5.00
67F	CB-39	0.001	1426.55	6.20	0.01	0.16	163.29	0.047	5.00
682	CB-40	0.002	2061.97	7.90	0.01	0.19	192.41	0.041	5.00
67D	CB-42	0.001	826.36	6.20	0.01	0.12	120.87	0.023	5.00
62E	CB-43	0.001	607.13	4.50	0.00	0.10	98.19	0.073	5.00
631	CB-43	0.001	833.23	4.50	0.00	0.11	113.81	0.073	5.00
62F	CB-44	0.001	767.83	3.40	0.00	0.12	124.93	0.020	5.00
630	CB-45	0.001	943.44	5.00	0.01	0.12	123.09	0.020	5.00
667	CB-46	0.002	1511.01	4.50	0.00	0.16	160.36	0.076	5.00
672	CB-48	0.002	1663.77	6.10	0.01	0.17	167.90	0.018	5.00
67A	CB-50	0.001	717.11	6.30	0.01	0.10	104.78	0.021	5.00

Nombre	Pozo final	Área cuenca (km ²)	Área cuenca (m ²)	Longitud del cauce (m)	Longitud del cauce (km)	Perímetro (km)	Perímetro (m)	Pendiente del cauces (m/m)	Tiempo de concentración (min)
677	CB-51	0.001	941.61	5.20	0.01	0.13	127.25	0.023	5.00
67B	CB-52	0.001	1400.11	5.60	0.01	0.17	170.54	0.091	5.00
678	CB-53	0.000	342.68	4.80	0.00	0.08	84.04	0.033	5.00
679	CB-53	0.002	1967.84	4.80	0.00	0.22	215.07	0.033	5.00
67C	CB-54	0.002	1906.44	6.80	0.01	0.19	189.37	0.111	5.00
688	CB-54	0.002	2287.30	6.80	0.01	0.21	209.04	0.111	5.00
684	CB-55	0.001	700.89	4.00	0.00	0.12	120.56	0.027	5.00
689	CB-55	0.004	3716.81	4.00	0.00	0.39	386.61	0.027	5.00
68A	CB-55	0.001	784.34	4.00	0.00	0.12	122.21	0.027	5.00
68B	CB-56	0.000	467.74	5.30	0.01	0.09	93.75	0.028	5.00
670	CB-57	0.001	550.97	8.00	0.01	0.16	156.43	0.151	5.00
685	CB-57	0.001	503.43	8.00	0.01	0.09	93.77	0.151	5.00
687	CB-57	0.001	770.74	8.00	0.01	0.16	163.48	0.151	5.00
691	CB-58	0.002	1698.42	6.10	0.01	0.17	174.45	0.024	5.00
692	CB-58	0.000	365.05	6.10	0.01	0.12	116.96	0.024	5.00
68F	CB-59	0.003	2936.71	5.20	0.01	0.23	225.74	0.021	5.00
690	CB-60	0.000	351.18	7.70	0.01	0.09	86.59	0.023	5.00
697	CB-60	0.003	3070.40	7.70	0.01	0.24	236.81	0.023	5.00
698	CB-60	0.001	1371.39	7.70	0.01	0.16	164.41	0.023	5.00
69B	CB-61	0.002	1594.10	5.50	0.01	0.16	161.41	0.011	5.00
699	CB-62	0.003	3012.54	4.60	0.00	0.22	219.90	0.066	5.00
69C	CB-63	0.001	1460.59	4.70	0.00	0.15	153.41	0.049	5.00
69D	CB-64	0.001	1483.19	5.10	0.01	0.16	155.92	0.029	5.00
69E	CB-64	0.001	1480.50	5.10	0.01	0.20	196.98	0.029	5.00
6A0	CB-65	0.001	1477.51	3.90	0.00	0.15	154.39	0.026	5.00
6A1	CB-65	0.001	685.89	3.90	0.00	0.11	112.24	0.026	5.00
6A2	CB-66	0.002	1898.29	5.20	0.01	0.18	182.28	0.023	5.00
6A3	CB-66	0.001	1461.66	5.20	0.01	0.16	158.22	0.023	5.00
6B1	CB-67	0.004	3702.10	11.40	0.01	0.38	376.34	0.045	5.00
6B2	CB-67	0.002	1632.02	11.40	0.01	0.23	230.66	0.045	5.00
6B0	CB-68	0.003	3433.00	12.90	0.01	0.43	426.22	0.186	5.00
6B4	CB-69	0.003	2923.85	6.80	0.01	0.22	218.24	0.023	5.00
6B5	CB-70	0.003	2625.16	9.90	0.01	0.21	210.05	0.023	5.00

Nombre	Pozo final	Área cuenca (km ²)	Área cuenca (m ²)	Longitud del cauce (m)	Longitud del cauce (km)	Perímetro (km)	Perímetro (m)	Pendiente del cauces (m/m)	Tiempo de concentración (min)
6B6	CB-70	0.002	1682.83	9.90	0.01	0.17	169.24	0.023	5.00
6B9	CB-71	0.001	1397.30	7.90	0.01	0.15	154.55	0.020	5.00
6C0	CB-71	0.002	1881.18	7.90	0.01	0.22	220.95	0.020	5.00
6B7	CB-72	0.001	668.77	5.80	0.01	0.16	160.14	0.026	5.00
6BE	CB-72	0.003	3224.40	5.80	0.01	0.27	270.61	0.026	5.00
6BF	CB-73	0.003	2899.51	6.30	0.01	0.23	227.58	0.029	5.00
6C1	CB-73	0.001	1071.56	6.30	0.01	0.14	138.18	0.029	5.00
6C2	CB-74	0.003	3003.88	6.80	0.01	0.26	255.68	0.022	5.00
6C7	CB-74	0.001	583.12	6.80	0.01	0.11	108.00	0.022	5.00
6C8	CB-74	0.002	1672.32	6.80	0.01	0.16	161.75	0.022	5.00
6C9	CB-74	0.002	1813.45	6.80	0.01	0.18	184.51	0.022	5.00
CM-2	CB-74	0.002	2376.66	6.80	0.01	0.21	208.62	0.022	5.00
6A9	CB-75	0.001	895.15	8.60	0.01	0.15	154.90	0.022	5.00
6AA	CB-75	0.002	1765.26	8.60	0.01	0.18	176.58	0.022	5.00
6AB	CB-75	0.001	1342.52	8.60	0.01	0.17	169.65	0.022	5.00
6AE	CB-75	0.002	1592.67	8.60	0.01	0.16	162.28	0.022	5.00
6AF	CB-75	0.001	705.34	8.60	0.01	0.13	126.86	0.022	5.00
6C3	CB-75	0.002	1659.06	8.60	0.01	0.27	271.13	0.022	5.00
6C4	CB-76	0.002	1798.33	9.50	0.01	0.17	172.89	0.023	5.00
6C5	CB-76	0.002	1797.52	9.50	0.01	0.18	177.42	0.023	5.00
6C6	CB-76	0.002	2188.08	9.50	0.01	0.19	187.03	0.023	5.00
6BC	CB-77	0.001	1398.64	13.50	0.01	0.16	164.19	0.048	5.00
6BD	CB-77	0.003	2649.68	13.50	0.01	0.28	282.38	0.048	5.00
6B3	CB-78	0.002	1854.98	9.10	0.01	0.18	175.45	0.100	5.00
6BA	CB-78	0.001	714.38	9.10	0.01	0.13	128.25	0.100	5.00
6BB	CB-78	0.001	1164.44	9.10	0.01	0.15	147.97	0.100	5.00
683	CB-79	0.003	2668.03	6.90	0.01	0.23	234.59	0.028	5.00
686	CB-79	0.000	394.26	6.90	0.01	0.11	108.76	0.028	5.00
680	CB-80	0.001	1450.67	5.90	0.01	0.17	165.12	0.025	5.00
681	CB-80	0.001	1465.28	5.90	0.01	0.16	163.74	0.025	5.00
674	CB-81	0.002	1513.30	5.40	0.01	0.16	158.48	0.028	5.00
675	CB-81	0.001	989.16	5.40	0.01	0.13	127.33	0.028	5.00
676	CB-81	0.001	719.13	5.40	0.01	0.11	107.72	0.028	5.00

Nombre	Pozo final	Área cuenca (km ²)	Área cuenca (m ²)	Longitud del cauce (m)	Longitud del cauce (km)	Perímetro (km)	Perímetro (m)	Pendiente del cauces (m/m)	Tiempo de concentración (min)
66E	CB-82	0.001	1447.01	10.00	0.01	0.16	155.50	0.021	5.00
66F	CB-82	0.001	1476.31	10.00	0.01	0.16	160.48	0.021	5.00
66C	CB-83	0.003	2900.84	5.80	0.01	0.25	248.14	0.026	5.00
66A	CB-84	0.003	2978.00	8.70	0.01	0.25	251.13	0.022	5.00
665	CB-85	0.002	1503.95	7.00	0.01	0.17	165.24	0.045	5.00
666	CB-85	0.001	1423.88	7.00	0.01	0.16	161.52	0.045	5.00
663	CB-86	0.001	515.25	7.20	0.01	0.11	114.77	0.125	5.00
664	CB-86	0.002	2426.94	7.20	0.01	0.24	240.61	0.125	5.00
63C	CB-87	0.002	2145.11	5.50	0.01	0.19	190.52	0.024	5.00
660	CB-87	0.000	260.68	5.50	0.01	0.10	101.04	0.024	5.00
661	CB-87	0.000	174.31	5.50	0.01	0.07	68.23	0.024	5.00
63B	CB-88	0.001	742.48	3.20	0.00	0.12	118.86	0.019	5.00
662	CB-88	0.001	1068.99	3.20	0.00	0.16	161.37	0.019	5.00
6B8	CB-89	0.003	3065.67	6.90	0.01	0.23	229.72	0.058	5.00
693	CB-90	0.003	2632.72	10.00	0.01	0.21	205.41	0.134	5.00
694	CB-90	0.002	2122.82	10.00	0.01	0.19	187.56	0.134	5.00
695	CB-90	0.001	521.05	10.00	0.01	0.10	104.75	0.134	5.00
6A7	CB-90	0.002	2346.99	10.00	0.01	0.20	196.20	0.134	5.00
6A8	CB-90	0.000	403.25	10.00	0.01	0.11	111.25	0.134	5.00
6AC	CB-90	0.003	2692.48	10.00	0.01	0.22	216.87	0.134	5.00
6AD	CB-90	0.002	2352.62	10.00	0.01	0.21	206.80	0.134	5.00
CM-1	CB-90	0.002	2078.64	10.00	0.01	0.19	191.82	0.134	5.00
657	CS-14	0.010	9986.05	118.57	0.12	0.42	421.06	0.020	7.24

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Para el análisis de aportes pluviales, se realiza la identificación de este parámetro para cada una de las subcuencas identificadas, cuyos resultados se muestran a continuación.

**Tabla 34 Coeficiente de escorrentía C de áreas aferentes a la red de alcantarillado
Alternativa No. 1**

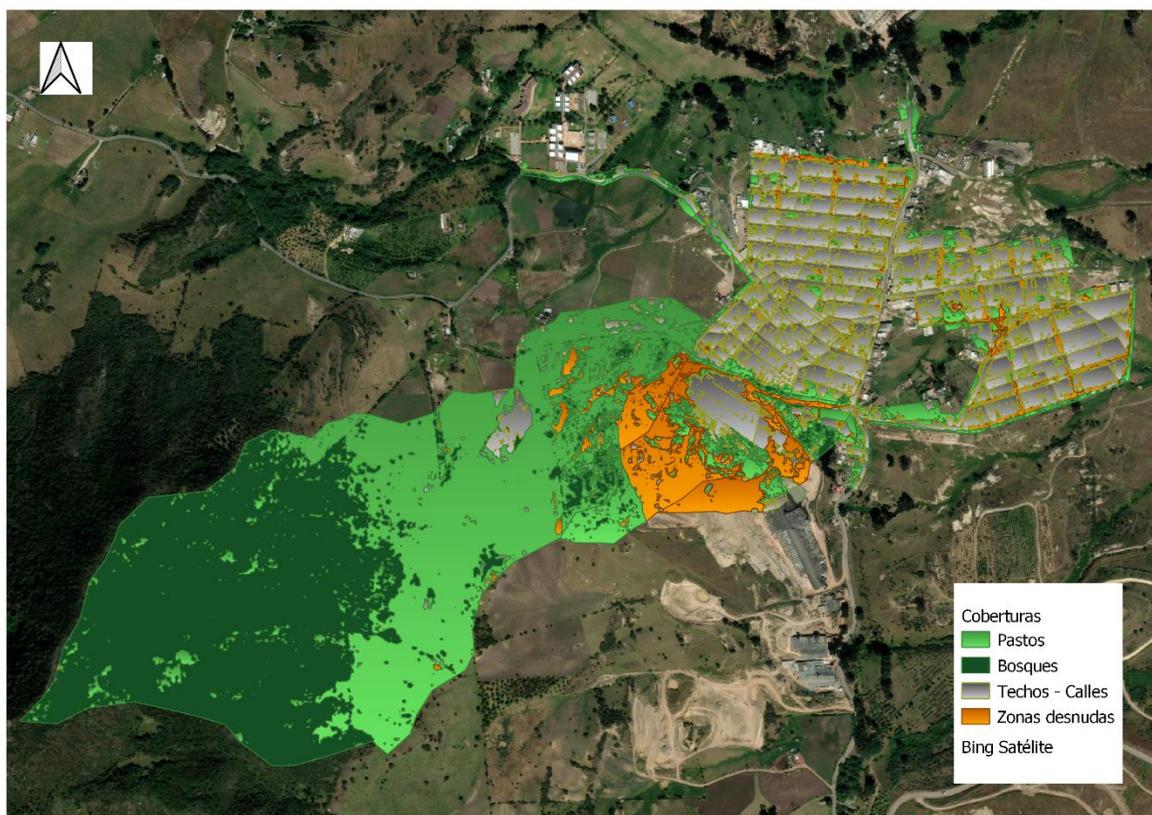
Área	Bosque		Pastos		Techos - Calles		Zonas Desnudas		C Ponderado
	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	
630	30.472	0.1	42.762	0.3	818.556	0.95	51.652	0.75	0.88
631	24.837	0.1	107.94	0.3	664.646	0.95	35.805	0.75	0.83
632	14.466	0.1	70.899	0.3	427.217	0.95	13.387	0.75	0.83
633	61.667	0.1	24.648	0.3	1281.874	0.95	45.859	0.75	0.90
634	69.701	0.1	81.615	0.3	729.096	0.95	51.429	0.75	0.82
635	1.434	0.1	371.918	0.3	1833.837	0.95	142.575	0.75	0.83
636	97.174	0.1	92.814	0.3	2139.041	0.95	55.808	0.75	0.89
637	34.861	0.1	140.111	0.3	389.168	0.95	42.627	0.75	0.74
638	3.047	0.1	28.903	0.3	242.119	0.95	1.827	0.75	0.87
639	23.431	0.1	5.465	0.3	343.533	0.95		0.75	0.89
640	43.146	0.1	157.132	0.3	355.566	0.95	14.871	0.75	0.70
641	44.399	0.1	243.798	0.3	251.261	0.95	12.036	0.75	0.59
642	31.196	0.1	135.013	0.3	1058.273	0.95	66.333	0.75	0.85
643	1.532	0.1	82.082	0.3	213.098	0.95	14.289	0.75	0.77
644	38.139	0.1	124.2	0.3	855.296	0.95	25.993	0.75	0.84
645	35.108	0.1	25.302	0.3	848.612	0.95	102.719	0.75	0.88
646	17.247	0.1	55.406	0.3	755.714	0.95	18.704	0.75	0.89
647	27.608	0.1	99.782	0.3	943.231	0.95	33.83	0.75	0.86
648	0.288	0.1	33.817	0.3	405.3	0.95	4.167	0.75	0.90
649	235442.965	0.1	197300.54	0.3	14522.392	0.95	11853.406	0.75	0.23
650	29.605	0.1	75.736	0.3	901.062	0.95	18.279	0.75	0.87
651	68.944	0.1	94.421	0.3	1277.102	0.95	26.037	0.75	0.86
652	23.004	0.1	25.171	0.3	1001.893	0.95	2.857	0.75	0.92
653	85.711	0.1	127.642	0.3	2673.423	0.95	61.081	0.75	0.89
654	101.816	0.1	181.047	0.3	2786.632	0.95	85.932	0.75	0.88
655	37.573	0.1	660.12	0.3	508.824	0.95	10.704	0.75	0.57
656	17.539	0.1	470.171	0.3	404.871	0.95	4.833	0.75	0.59
657	2381.875	0.1	3775.088	0.3	2458.917	0.95	1370.13	0.75	0.47
658	22.998	0.1	192.769	0.3	327.053	0.95	14.217	0.75	0.68
659	7.609	0.1	259.31	0.3	431.735	0.95	14.99	0.75	0.70
660	10.945	0.1	4.43	0.3	245.308	0.95		0.75	0.90
661	7.675	0.1	6.999	0.3	159.394	0.95	0.241	0.75	0.89
662	64.264	0.1	33.324	0.3	874.097	0.95	97.301	0.75	0.86
663	13.883	0.1	3.363	0.3	467.719	0.95	30.285	0.75	0.91
664	55.87	0.1	117.295	0.3	2142.825	0.95	110.944	0.75	0.89
665	36.494	0.1	154.314	0.3	1184.73	0.95	128.408	0.75	0.85
666	56.013	0.1	130.527	0.3	1184.11	0.95	53.225	0.75	0.85
667	61.808	0.1	145.106	0.3	1286.947	0.95	17.142	0.75	0.85
668	50.739	0.1	66.707	0.3	1449.102	0.95	48.244	0.75	0.89
669	22.272	0.1	294.409	0.3	1107.287	0.95	139.397	0.75	0.80
670		0.1	80.046	0.3	423.803	0.95	47.123	0.75	0.84
671	114.573	0.1	1244.012	0.3	1192.736	0.95	3.684	0.75	0.60
672	34.714	0.1	119.889	0.3	1463.924	0.95	45.24	0.75	0.88
673	71.24	0.1	266.193	0.3	2389.012	0.95	94.844	0.75	0.86
674	23.397	0.1	166.081	0.3	1298.646	0.95	25.176	0.75	0.86
675	18.726	0.1	82.776	0.3	830.855	0.95	56.802	0.75	0.87
676	15.231	0.1	52.489	0.3	554.677	0.95	96.727	0.75	0.86
677	5.837	0.1	96.121	0.3	626.932	0.95	212.714	0.75	0.83
678	31.776	0.1	52.838	0.3	213.893	0.95	44.176	0.75	0.75
679	120.375	0.1	302.607	0.3	1379.166	0.95	165.691	0.75	0.78
680	7.853	0.1	96.831	0.3	1260.503	0.95	85.477	0.75	0.89
681		0.1	134.871	0.3	1166.265	0.95	164.145	0.75	0.87

Área	Bosque		Pastos		Techos - Calles		Zonas Desnudas		C Ponderado
	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	
682	11.497	0.1	135.337	0.3	1629.604	0.95	285.525	0.75	0.87
683	8.205	0.1	96.246	0.3	2297.931	0.95	265.651	0.75	0.90
684	31.333	0.1	60.57	0.3	521.576	0.95	87.404	0.75	0.83
685		0.1	55.569	0.3	322.665	0.95	125.198	0.75	0.83
686	0.013	0.1	177.577	0.3	86.481	0.95	130.181	0.75	0.59
687		0.1	318.684	0.3	368.437	0.95	83.617	0.75	0.66
688	44.825	0.1	157.163	0.3	1513.953	0.95	571.363	0.75	0.84
689	81.345	0.1	586.022	0.3	2209.265	0.95	840.177	0.75	0.78
690	27.176	0.1	5.174	0.3	317.884	0.95	0.945	0.75	0.87
691	92.113	0.1	268.017	0.3	1274.288	0.95	63.996	0.75	0.79
692	19.475	0.1	24.863	0.3	303.142	0.95	17.563	0.75	0.85
693	44.679	0.1	387.491	0.3	1923.492	0.95	277.045	0.75	0.82
694	9.445	0.1	947.382	0.3	812.62	0.95	353.368	0.75	0.62
695		0.1	359.537	0.3	69.607	0.95	91.91	0.75	0.47
696	5.224	0.1	13.01	0.3	381.025	0.95	13.181	0.75	0.91
697	106.712	0.1	285.959	0.3	2230.693	0.95	447.017	0.75	0.83
698	51.736	0.1	279.724	0.3	1025.763	0.95	14.163	0.75	0.78
699	61.231	0.1	597.955	0.3	2215.089	0.95	138.246	0.75	0.79
62A	770.79	0.1	1074.346	0.3	1083.914	0.95	24.671	0.75	0.49
62B	62.247	0.1	363.781	0.3	552.126	0.95	39.651	0.75	0.66
62C	189.301	0.1	665.715	0.3	581.432	0.95	8.317	0.75	0.54
62D	1.907	0.1	912.355	0.3	1266.555	0.95	79.135	0.75	0.68
62E	11.33	0.1	204.225	0.3	341.264	0.95	50.306	0.75	0.70
62F	19.502	0.1	89.242	0.3	656.579	0.95	2.501	0.75	0.85
63A	21.162	0.1	37.349	0.3	978.025	0.95	52.936	0.75	0.90
63B	25.099	0.1	80.917	0.3	516.019	0.95	120.434	0.75	0.82
63C	97.609	0.1	138.912	0.3	1813.781	0.95	94.794	0.75	0.86
63D	11.864	0.1	65.115	0.3	771.67	0.95	13.387	0.75	0.89
63E	23.43	0.1	66.495	0.3	485.656	0.95	8.298	0.75	0.84
63F	54.207	0.1	65.833	0.3	1589.494	0.95	46.44	0.75	0.89
64A	1924.961	0.1	17028.992	0.3	14899.146	0.95	19894.87	0.75	0.64
64B	101.801	0.1	280.504	0.3	2577.06	0.95	72.563	0.75	0.86
64C	117.702	0.1	161.545	0.3	2754.454	0.95	105.431	0.75	0.88
64D	53.914	0.1	71.996	0.3	1929.315	0.95	28.604	0.75	0.90
64E	44.091	0.1	62.287	0.3	948.563	0.95	18.266	0.75	0.87
64F	535.547	0.1	4393.515	0.3	5026.406	0.95	12508.14	0.75	0.69
65A	9.746	0.1	264.919	0.3	529.085	0.95	18.047	0.75	0.73
65B	44.144	0.1	671.899	0.3	477.587	0.95	129.699	0.75	0.57
65C	6.453	0.1	58.262	0.3	173.337	0.95	9.494	0.75	0.77
65D	2.856	0.1	377.43	0.3	367.233	0.95	51.465	0.75	0.63
65E	235.167	0.1	126.276	0.3	476.956	0.95	2.837	0.75	0.61
65F	0.333	0.1	3.6	0.3	217.938	0.95	4.582	0.75	0.93
66A	92.582	0.1	248.164	0.3	2481.649	0.95	155.593	0.75	0.86
66B	70.417	0.1	51.421	0.3	1170.235	0.95	6.03	0.75	0.88
66C	55.83	0.1	105.136	0.3	2655.022	0.95	84.846	0.75	0.90
66D	60.383	0.1	71.029	0.3	2736.444	0.95	58.109	0.75	0.91
66E	51.495	0.1	179.318	0.3	1153.755	0.95	62.437	0.75	0.83
66F	41.904	0.1	123.641	0.3	1234.266	0.95	76.489	0.75	0.86
67A	24.139	0.1	174.755	0.3	446.524	0.95	71.689	0.75	0.74
67B	66.382	0.1	281.704	0.3	880.349	0.95	171.68	0.75	0.75
67C	42.316	0.1	173.198	0.3	1425.901	0.95	265.021	0.75	0.84
67D		0.1	48.247	0.3	723.845	0.95	54.27	0.75	0.90
67E	7.133	0.1	160.873	0.3	608.837	0.95	29.025	0.75	0.81
67F		0.1	94.296	0.3	1140.519	0.95	191.731	0.75	0.88
68A	37.365	0.1	160.963	0.3	551.148	0.95	34.868	0.75	0.77
68B	16.09	0.1	109.987	0.3	286.973	0.95	54.686	0.75	0.74
68D	42.592	0.1	11.288	0.3	403.318	0.95	3.912	0.75	0.85

Área	Bosque		Pastos		Techos - Calles		Zonas Desnudas		C Ponderado
	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	Área (m ²)	C	
68F	122.996	0.1	237.891	0.3	2515.849	0.95	59.965	0.75	0.86
69A	12.926	0.1	14.532	0.3	539.056	0.95	27.884	0.75	0.91
69B	74.219	0.1	410.229	0.3	960.515	0.95	149.131	0.75	0.72
69C	53.635	0.1	221.045	0.3	1090.034	0.95	95.867	0.75	0.81
69D	43.82	0.1	92.57	0.3	1230.925	0.95	115.867	0.75	0.87
69E	19.798	0.1	139.077	0.3	1096.629	0.95	224.989	0.75	0.85
69F	8.232	0.1	16.259	0.3	699.127	0.95	34.955	0.75	0.92
6A0	41.476	0.1	168.774	0.3	1206.898	0.95	60.353	0.75	0.84
6A1	3.146	0.1	40.147	0.3	587.414	0.95	55.18	0.75	0.89
6A2	30.321	0.1	438.025	0.3	1175.538	0.95	254.398	0.75	0.76
6A3	48.406	0.1	723.58	0.3	676.493	0.95	13.181	0.75	0.60
6A4		0.1	1.295	0.3	318.437	0.95	11.023	0.75	0.94
6A5	0.2	0.1	2.243	0.3	232.385	0.95	6.422	0.75	0.94
6A6		0.1	11.852	0.3	213.852	0.95	8.873	0.75	0.91
6A7	40.088	0.1	344.565	0.3	1514.231	0.95	448.093	0.75	0.80
6A8	31.232	0.1	62.924	0.3	144.844	0.95	164.249	0.75	0.70
6A9	6.892	0.1	167.416	0.3	318.62	0.95	402.215	0.75	0.73
6AA	7.645	0.1	556.922	0.3	1063.024	0.95	137.662	0.75	0.73
6AB	4.849	0.1	147.713	0.3	563.915	0.95	626.027	0.75	0.78
6AC	48.114	0.1	292.806	0.3	2049.695	0.95	301.846	0.75	0.84
6AD	33.573	0.1	203.982	0.3	1854.165	0.95	260.887	0.75	0.86
6AE	40.471	0.1	377.732	0.3	1098.024	0.95	76.438	0.75	0.76
6AF	5.757	0.1	136.299	0.3	363.703	0.95	199.58	0.75	0.76
6B0	77.915	0.1	1472.188	0.3	1667.417	0.95	215.461	0.75	0.64
6B1	127.348	0.1	2667.762	0.3	876.505	0.95	30.476	0.75	0.45
6B2	50.085	0.1	453.065	0.3	1015.509	0.95	113.358	0.75	0.73
6B3	19.033	0.1	365.576	0.3	1178.308	0.95	292.053	0.75	0.78
6B4	22.508	0.1	406.2	0.3	1955.92	0.95	539.216	0.75	0.82
6B5	21.939	0.1	486.068	0.3	1903.112	0.95	214.036	0.75	0.81
6B6	78.362	0.1	228.198	0.3	1061.658	0.95	314.608	0.75	0.78
6B7	4.186	0.1	90.699	0.3	242.574	0.95	331.306	0.75	0.76
6B8	4.571	0.1	293.74	0.3	2348.374	0.95	418.974	0.75	0.86
6B9		0.1	417.299	0.3	790.674	0.95	189.326	0.75	0.73
6BA	9.428	0.1	111.694	0.3	450.153	0.95	143.094	0.75	0.80
6BB	12.674	0.1	63.512	0.3	846.972	0.95	241.271	0.75	0.86
6BC	38.251	0.1	73.033	0.3	1029.857	0.95	257.493	0.75	0.86
6BD	29.17	0.1	332.001	0.3	2027.244	0.95	261.257	0.75	0.84
6BE	2.357	0.1	74.064	0.3	2952.95	0.95	195.03	0.75	0.92
6BF	10.716	0.1	67.27	0.3	2810.042	0.95	11.485	0.75	0.93
6C0		0.1	203.392	0.3	1503.701	0.95	174.09	0.75	0.86
6C1		0.1	250.336	0.3	615.969	0.95	205.259	0.75	0.76
6C2	0.241	0.1	200.816	0.3	2636.127	0.95	166.697	0.75	0.90
6C3	2.939	0.1	446.295	0.3	902.765	0.95	307.058	0.75	0.74
6C4	33.539	0.1	174.729	0.3	1541.907	0.95	48.156	0.75	0.87
6C5	19.538	0.1	106.217	0.3	1407.141	0.95	264.621	0.75	0.87
6C6	42.175	0.1	204.712	0.3	1885.002	0.95	56.201	0.75	0.87
6C7		0.1	31.467	0.3	349.418	0.95	202.23	0.75	0.85
6C8	34.966	0.1	129.835	0.3	1373.772	0.95	133.738	0.75	0.87
6C9	5.948	0.1	28.844	0.3	1576.449	0.95	202.209	0.75	0.91
CM-1	21.973	0.1	530.482	0.3	1243.828	0.95	282.348	0.75	0.75
CM-2	40.427	0.1	211.52	0.3	2007.84	0.95	116.863	0.75	0.87

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Figura 38 Coeficiente de escorrentía C de las áreas aferentes al alcantarillado pluvial Alternativa No. 1



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Obteniendo así los caudales máximos instantáneos para cada una de las áreas aferentes a la red de alcantarillado existente.

Tabla 35 Caudales Máximos instantáneos red de alcantarillado pluvial Alternativa No. 1

Nombre	Intensidad (mm/hr)						Caudal (m ³ /s)					
	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 25 Años	T= 50 Años	T= 100 Años	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 20 Años	T= 50 Años	T= 100 Años
632	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
635	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
637	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
638	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
634	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
636	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06
639	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
63A	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
650	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
651	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
649	39.8	47.3	56.8	68.9	77.9	86.6	1.17	1.39	1.66	2.02	2.28	2.54
64A	46.5	55.2	66.3	80.2	90.7	100.8	0.44	0.53	0.63	0.77	0.87	0.96
64F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.22	0.26	0.31	0.38	0.42	0.47
655	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
656	49.9	59.1	71.0	85.8	97.1	107.7	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
671	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
63D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
63E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Nombre	Intensidad (mm/hr)						Caudal (m ³ /s)					
	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 25 Años	T= 50 Años	T= 100 Años	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 20 Años	T= 50 Años	T= 100 Años
647	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
648	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
64B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
65E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
653	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
65F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
646	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
63F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
645	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
644	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
62A	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
62B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
62C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
62D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
643	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
640	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
641	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
64C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.08
64E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
64D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
652	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
654	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.08
658	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
659	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
65A	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
65B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
65C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
65D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
642	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
633	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
669	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
668	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
66B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
66D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
673	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07
67E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
67F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
682	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05
67D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
62E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
631	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
62F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
630	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
667	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
672	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04
67A	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
677	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
67B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
678	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
679	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
67C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
688	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
684	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
689	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
68A	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02

Nombre	Intensidad (mm/hr)						Caudal (m ³ /s)					
	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 25 Años	T= 50 Años	T= 100 Años	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 20 Años	T= 50 Años	T= 100 Años
68B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
670	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
685	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
687	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
691	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
692	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
68F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
690	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
697	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
698	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
69B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
699	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07
69C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
69D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
69E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
6A0	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
6A1	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
6A2	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
6A3	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
6B1	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05
6B2	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
6B0	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07
6B4	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07
6B5	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06
6B6	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
6B9	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
6C0	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
6B7	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
6BE	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
6BF	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.08
6C1	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
6C2	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
6C7	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6C8	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
6C9	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05
CM-2	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06
6A9	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
6AA	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
6AB	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
6AE	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
6AF	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
6C3	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
6C4	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
6C5	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
6C6	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
6BC	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
6BD	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07
6B3	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04
6BA	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
6BB	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
683	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07
686	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
680	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
681	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
674	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04

Nombre	Intensidad (mm/hr)						Caudal (m ³ /s)					
	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 25 Años	T= 50 Años	T= 100 Años	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 20 Años	T= 50 Años	T= 100 Años
675	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
676	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
66E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
66F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
66C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
66A	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
665	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
666	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
663	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
664	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07
63C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06
660	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
661	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
662	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
6B8	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
693	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07
694	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
695	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
6A7	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
6A8	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
6AC	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07
6AD	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06
CM-1	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
657	46.9	55.6	66.7	80.8	91.4	101.4	0.06	0.07	0.09	0.11	0.12	0.13

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

10.4 ALTERNATIVA NO. 2 – DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL IMPLEMENTANDO SUDS

10.4.1 SUDS

Para los diseños de las tipologías contempladas, es necesario determinar los parámetros hidrológicos de la zona, incluyendo la profundidad de la lluvia (hp) y la profundidad de la lámina de agua para determinar el volumen de tratamiento (hWQCV), el caudal de diseño (Qd) y el caudal pico para el periodo de retorno de 10 años (Q10).

En relación con el diseño hidrológico, se siguieron los lineamientos establecidos en la Norma Técnica NS-166 de la EAAB-ESP Criterios de Diseños y Construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS). Para ello, se optó por la metodología de profundidad de lluvia (hp) para determinar el volumen de calidad (Vc), la cual consiste en determinar la profundidad de lluvia de diseño que optimice el número de eventos de lluvia a tratar, la remoción de sólidos y los costos asociados a la construcción de estas estructuras de drenaje.

Según la Norma Técnica NS-166 de la EAAB el volumen de tratamiento constituye el volumen de agua de diseño de la tipología SUDS, obtenido a partir de la profundidad de la lámina de escorrentía (h_{wqcv}), los coeficientes de escorrentía reportados en la norma del acueducto Bogotá “NS-085 Criterios de diseño de sistemas de alcantarillado” y el área de drenaje aferente a cada sistema.

Para ello es necesario conocer la precipitación de la zona, por lo cual se utilizó la información de curvas IDF proporcionada por la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, la cual se presenta en el capítulo 7.1.1.2 del presente informe.

Ahora, la metodología para el dimensionamiento de las tipologías es diferente según la finalidad para la cual se contempla cada una de las tipologías factibles (Caudal y Volumen de Tratamiento).

Para el dimensionamiento de las estructuras que emplean un caudal de entrada, se emplea el caudal generado en un periodo de diseño de 10 años. Para la determinación de este se utiliza la expresión utilizada para el método racional, como se muestra a continuación:

$$Q_d = C * I * A * 2.78$$

En donde Q_d es el caudal expresado en l/s, I es la intensidad en mm/h, y A es el área expresada en ha.

Por otro lado, en las tipologías contempladas para la disminución de volúmenes de escorrentía, es necesario determinar la profundidad de la lámina de agua de escorrentía para determinar el volumen de calidad.

El método empleado para determinar la profundidad de la lámina de agua es basado en la profundidad de precipitación, la cual debe ser multiplicada por un factor de escorrentía (K_i), el cual depende de las características de permeabilidad del área de drenaje, el cual se determina de la siguiente manera:

$$K_i = 2.326 * (0.91 * I^3 - 1.19I^2 + 0.78 * I)$$

En donde K_i es el factor de escorrentía e I es la fracción impermeable efectiva del área de drenaje. Para el caso de Bogotá, este coeficiente es equivalente a los coeficientes de escorrentía (C_i). De acuerdo con lo anterior, se puede determinar la profundidad de la lámina de agua de la siguiente manera:

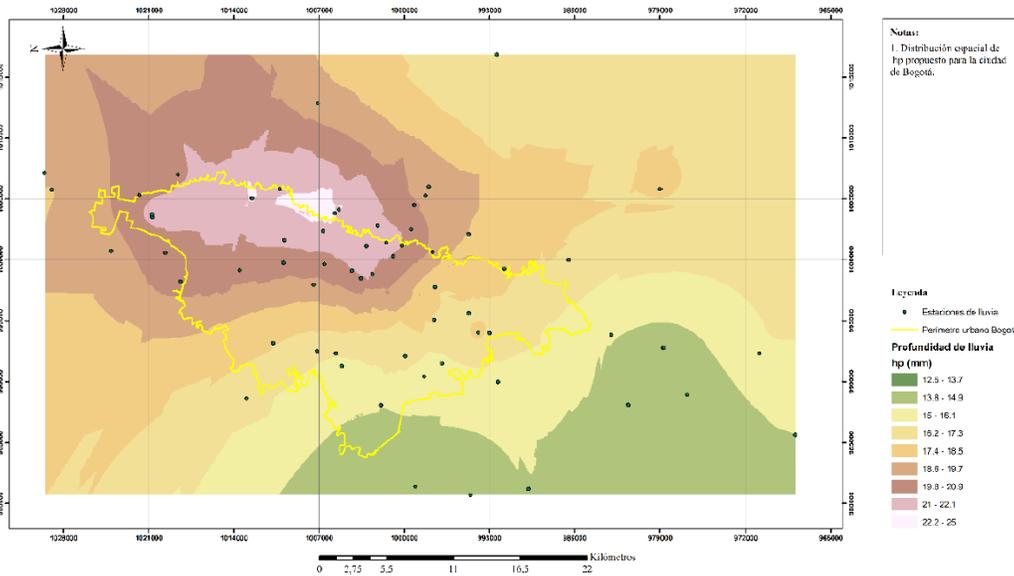
$$H_{WQCV} = C_i * h_p$$

No obstante, lo anterior, en la ciudad de Bogotá no se cuenta con series históricas de escorrentía registradas en áreas de primera generación, por lo cual es necesario estimar los volúmenes de calidad utilizando la profundidad de precipitación (h_p). Esta profundidad de precipitación puede ser determinada con base en las curvas IDF, para lo cual se estableció una relación entre la altura de precipitación para un periodo de retorno de 1.2 años y una duración del evento de precipitación de 360 minutos, para la cual se estima la intensidad de acuerdo con los parámetros mencionados anteriormente, y se determina esta altura de la manera siguiente;

Por lo que, para el predimensionamiento de las tipologías de SUDS factibles para el proyecto, se utilizan las hojas de cálculo del Anexo C de la norma NS-166 de la EAAB, en las cuales se realiza el cálculo del volumen de calidad con base en la altura de precipitación definida para la ciudad de Bogotá, dadas las coordenadas de ubicación de la tipología a implementar.

Para la obtención de este valor, como parte del estudio elaborado por la Universidad de los Andes se realizó la estimación de este parámetro utilizando la información de las estaciones pluviométricas y pluviográficas de la ciudad de Bogotá. En la Figura 39 se muestra la distribución de la altura de precipitación para la ciudad de Bogotá, de acuerdo con la información de las estaciones que se tomaron en cuenta para dicha estimación.

Figura 39: Mapa de Distribución Espacial de h_p Propuesto para la Ciudad de Bogotá.



Fuente: (EAAB, 2018)

Finalmente, utilizando este valor de la profundidad de precipitación de la zona, se determina el volumen de calidad de la siguiente manera:

$$V_c = C_i * h_p * A$$

Para el cálculo hidrológico de cada tipología se definieron cuatro tipos de superficies teniendo en cuenta las coberturas existentes, tomando un C de 0.1 para Bosques. 0.3 para pastos, 0.95 para techos y calles y 0.75 para zonas desnudas.

En el Anexo 5 se presenta los cálculos hidrológicos obtenidos para el dimensionamiento de cada tipología de SUDS propuestos para el Proyecto, utilizando las hojas de cálculo de la Norma NS-166 de la EAAB.

10.4.2 Alcantarillado complementario

En base a las estructuras SUDS a implementar, se calculan los caudales máximos instantáneos para cada una de las áreas aferentes a la red de alcantarillado existente.

Tabla 36 Caudales Máximos instantáneos red de alcantarillado pluvial Alternativa No. 2

Nombre	Intensidad (mm/hr)						Caudal (m³/s)					
	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 25 Años	T= 50 Años	T= 100 Años	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 20 Años	T= 50 Años	T= 100 Años
632	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
635	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
637	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
638	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
634	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
636	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06
639	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
63A	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
650	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
651	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
649	39.8	47.3	56.8	68.9	77.9	86.6	1.17	1.39	1.66	2.02	2.28	2.54
64A	46.5	55.2	66.3	80.2	90.7	100.8	0.44	0.53	0.63	0.77	0.87	0.96
64F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.22	0.26	0.31	0.38	0.42	0.47
655	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
656	49.9	59.1	71.0	85.8	97.1	107.7	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
671	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05

Nombre	Intensidad (mm/hr)						Caudal (m ³ /s)					
	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 25 Años	T= 50 Años	T= 100 Años	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 20 Años	T= 50 Años	T= 100 Años
63D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
63E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
647	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
648	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
64B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
65E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
653	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
65F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
646	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
63F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
645	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
644	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
62A	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
62B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
62C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
62D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
643	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
640	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
641	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
64C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.08
64E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
64D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
652	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
654	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.08
658	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
659	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
65A	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
65B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
65C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
65D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
642	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
633	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
669	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
668	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
66B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
66D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
673	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07
67E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
67F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
682	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05
67D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
62E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
631	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
62F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
630	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
667	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
672	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04
67A	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
677	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
67B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
678	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
679	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
67C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
688	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
684	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02

Nombre	Intensidad (mm/hr)						Caudal (m ³ /s)					
	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 25 Años	T= 50 Años	T= 100 Años	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 20 Años	T= 50 Años	T= 100 Años
689	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
68A	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
68B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
670	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
685	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
687	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
691	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
692	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
68F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
690	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
697	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
698	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
69B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
699	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07
69C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
69D	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
69E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
6A0	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
6A1	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
6A2	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6A3	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6B1	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05
6B2	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
6B0	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07
6B4	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07
6B5	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.06
6B6	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
6B9	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
6C0	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
6B7	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
6BE	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
6BF	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.07	0.07	0.08
6C1	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
6C2	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
6C7	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6C8	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
6C9	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05
CM-2	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06
6A9	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
6AA	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
6AB	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
6AE	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
6AF	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
6C3	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
6C4	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
6C5	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
6C6	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
6BC	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
6BD	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07
6B3	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.04
6BA	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
6BB	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
683	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.07
686	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
680	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04

Nombre	Intensidad (mm/hr)						Caudal (m ³ /s)					
	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 25 Años	T= 50 Años	T= 100 Años	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 20 Años	T= 50 Años	T= 100 Años
681	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.04
674	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04
675	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
676	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02
66E	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
66F	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
66C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07
66A	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06	0.07
665	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02
666	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.04
663	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
664	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
63C	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06
660	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
661	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63B	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
662	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
6B8	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
693	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07
694	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
695	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
6A7	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06
6A8	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
6AC	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.04	0.05	0.05	0.06	0.07
6AD	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.06
CM-1	50.6	59.9	71.9	86.9	98.3	109.1	0.02	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05
657	46.9	55.6	66.7	80.8	91.4	101.4	0.06	0.07	0.09	0.11	0.12	0.13

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11 EVALUACIÓN HIDRÁULICA ALCANTARILLADO PLUVIAL

11.1 REDES EXISTENTES

Teniendo en cuenta los aportes pluviales identificados, se realiza una simulación incluyendo dichos caudales en las redes de alcantarillado, ya que se identificó que la población realiza conexiones artesanales al sistema sanitario con fin de evacuar las aguas lluvias, a continuación, se muestran los resultados obtenidos para el sector de Mochuelo Bajo, para los caudales calculados con un periodo de retorno de 5 y 10 años. Para ver los resultados completos, remitirse a la memoria de cálculo.

Tabla 37 Resultados Evaluación Hidráulica Aportes Pluviales Mochuelo Bajo – Tr 5 Años

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	ANÁLISIS VELOCIDAD	FUERZA TRACTIVA (Pa)	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q _ø	ANÁLISIS DE CAPACIDAD	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO
CO-292	4.59	Máximo	11.43	Aceptable	0.33	Aceptable	0.235	Subcrítico
CO-2	0	Baja	1.382	Aceptable	0.00	Aceptable	0.309	Subcrítico
CO-22	1.87	Aceptable	5.672	Aceptable	0.82	Capacidad Normal	0.649	Subcrítico
CO-222	5.36	Superior al Rango	22.215	Normal	0.57	Capacidad Normal	0.627	Subcrítico
CO-220	4.83	Máximo	18.012	Normal	0.48	Aceptable	0.597	Subcrítico
CO-226	4.39	Máximo	21.995	Normal	0.18	Aceptable	0.556	Subcrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	ANÁLISIS VELOCIDAD	FUERZA TRACTIVA (Pa)	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q _ø	ANÁLISIS DE CAPACIDAD	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO
CO-557	3.82	Máximo	15.397	Normal	0.14	Aceptable	0.473	Subcrítico
CO-556	3.84	Máximo	11.826	Aceptable	0.51	Capacidad Normal	0.593	Subcrítico
CO-605	2.35	Subdimensionado	0.357	Subdimensionado	4.72	Subdimensionado	0.486	Subcrítico
CO-250	2.94	Aceptable	5.238	Aceptable	0.62	Capacidad Normal	0.606	Subcrítico
CO-254	7.9	Subdimensionado	17.097	Subdimensionado	2.29	Subdimensionado	0.264	Subcrítico
CO-609	6.24	Subdimensionado	5.473	Subdimensionado	3.29	Subdimensionado	0.252	Subcrítico
CO-20	2.97	Aceptable	8.602	Aceptable	0.34	Aceptable	0.528	Subcrítico
CO-256(1)	4.99	Subdimensionado	3.556	Subdimensionado	3.70	Subdimensionado	0.308	Subcrítico
CO-352	4.13	Subdimensionado	10.002	Subdimensionado	1.42	Subdimensionado	0.579	Subcrítico
CO-350	3.08	Máximo	10.863	Aceptable	0.28	Aceptable	0.233	Subcrítico
CO-348	2.08	Aceptable	7.789	Aceptable	0.07	Aceptable	0.256	Subcrítico
CO-553	3.29	Máximo	4.766	Aceptable	0.34	Aceptable	0.275	Subcrítico
CO-552	2.75	Aceptable	0	Bajo Arrastre	0.43	Aceptable	0.32	Subcrítico
CO-555	3.95	Máximo	22.928	Normal	0.87	Capacidad Máxima	0.283	Subcrítico
CO-340	4.69	Subdimensionado	19.616	Subdimensionado	1.21	Subdimensionado	0.277	Subcrítico
CO-338	0	Baja	3.798	Aceptable	0.00	Aceptable	0.257	Subcrítico
CO-550	7.25	Subdimensionado	16.045	Subdimensionado	2.52	Subdimensionado	0.454	Subcrítico
CO-28	0	Baja	2.849	Aceptable	0.00	Aceptable	0.579	Subcrítico
CO-216	0	Baja	6.55	Aceptable	0.00	Aceptable	0.414	Subcrítico
CO-272	0	Baja	5.341	Aceptable	0.00	Aceptable	0.355	Subcrítico
CO-218	1.75	Aceptable	2.695	Aceptable	0.43	Aceptable	0.258	Subcrítico
CO-572	0	Baja	10.011	Aceptable	0.00	Aceptable	0.492	Subcrítico
CO-280	2.34	Aceptable	8.774	Aceptable	0.92	Capacidad Máxima	0.633	Subcrítico
CO-282	16.03	Subdimensionado	39.478	Subdimensionado	3.64	Subdimensionado	1.049	Crítico
CO-284	17.38	#¡NUM!	-0.769	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	0.46	Subcrítico
CO-302	17.38	Subdimensionado	47.053	Subdimensionado	3.61	Subdimensionado	1.136	Supercrítico
CO-298	3.23	Subdimensionado	12.816	Subdimensionado	1.02	Subdimensionado	0.394	Subcrítico
CO-30	0	#¡NUM!	0	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	0.004	Subcrítico
CO-296	2.62	Subdimensionado	2.392	Subdimensionado	2.11	Subdimensionado	0.5	Subcrítico
CO-294	4.48	Máximo	10.886	Aceptable	0.57	Capacidad Normal	0.234	Subcrítico
CO-290	4.33	Máximo	8.915	Aceptable	0.24	Aceptable	0.265	Subcrítico
CO-288	3.43	Máximo	5.86	Aceptable	0.18	Aceptable	0.292	Subcrítico
CO-286	1.47	Aceptable	0	Bajo Arrastre	0.13	Aceptable	0.336	Subcrítico
CO-130	0	Baja	5.458	Aceptable	0.00	Aceptable	(N/A)	Supercrítico
CO-132	0.92	#¡NUM!	-2.784	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-531	0	Baja	6.806	Aceptable	0.00	Aceptable	0.425	Subcrítico
CO-532	0	Baja	10.28	Aceptable	0.00	Aceptable	0.481	Subcrítico
CO-32	2.02	Aceptable	3.924	Aceptable	0.17	Aceptable	0.303	Subcrítico
CO-304	2.62	Aceptable	5.323	Aceptable	0.09	Aceptable	0.326	Subcrítico
CO-308	2.82	Aceptable	8.531	Aceptable	0.08	Aceptable	0.359	Subcrítico
CO-310	4.65	Máximo	12.582	Aceptable	0.70	Capacidad Normal	0.529	Subcrítico
CO-312	1.96	Aceptable	1.875	Aceptable	0.55	Capacidad Normal	0.276	Subcrítico
CO-542	0	Baja	3.22	Aceptable	0.00	Aceptable	0.483	Subcrítico
CO-314	3.66	Subdimensionado	10.682	Subdimensionado	1.34	Subdimensionado	0.265	Subcrítico
CO-543	4.18	Subdimensionado	12.519	Subdimensionado	1.39	Subdimensionado	0.361	Subcrítico
CO-322	2.54	Aceptable	10.898	Aceptable	0.12	Aceptable	0.518	Subcrítico
CO-320	2.74	Aceptable	10.328	Aceptable	0.06	Aceptable	0.408	Subcrítico
CO-318	1.66	Aceptable	7.627	Aceptable	0.02	Aceptable	0.351	Subcrítico
CO-36	2.54	Aceptable	5.626	Aceptable	0.34	Aceptable	0.249	Subcrítico
CO-306	2.08	Aceptable	0	Bajo Arrastre	0.08	Aceptable	0.334	Subcrítico
CO-324	0	Baja	17.856	Normal	0.00	Aceptable	0.457	Subcrítico
CO-326	3.66	Máximo	17.215	Normal	0.26	Aceptable	0.53	Subcrítico
CO-328	3.55	Máximo	15.574	Normal	0.57	Capacidad Normal	0.633	Subcrítico
CO-392	2.82	Aceptable	15.188	Normal	0.10	Aceptable	0.501	Subcrítico
CO-390	3.18	Máximo	14.899	Aceptable	0.17	Aceptable	0.517	Subcrítico
CO-360	0	Baja	1.523	Aceptable	0.00	Aceptable	0.349	Subcrítico
CO-362	5.9	Subdimensionado	21.807	Subdimensionado	1.61	Subdimensionado	0.27	Subcrítico
CO-364	4.73	#¡NUM!	-0.04	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	0.713	Subcrítico
CO-366	4.74	Subdimensionado	8.953	Subdimensionado	1.94	Subdimensionado	0.281	Subcrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	ANÁLISIS VELOCIDAD	FUERZA TRACTIVA (Pa)	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q _ø	ANÁLISIS DE CAPACIDAD	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO
CO-40	3.12	Máximo	7.696	Aceptable	0.41	Aceptable	0.243	Subcrítico
CO-533	3.04	Máximo	12.763	Aceptable	0.26	Aceptable	0.575	Subcrítico
CO-575	2.43	Aceptable	12.022	Aceptable	0.77	Capacidad Normal	0.605	Subcrítico
CO-148	18.35	Subdimensionado	30.236	Subdimensionado	5.20	Subdimensionado	2.975	Supercrítico
CO-368	4.17	Subdimensionado	7.118	Subdimensionado	1.98	Subdimensionado	0.361	Subcrítico
CO-370	6.47	Subdimensionado	26.572	Subdimensionado	1.61	Subdimensionado	0.287	Subcrítico
CO-374	6.46	Subdimensionado	25.366	Subdimensionado	1.66	Subdimensionado	0.29	Subcrítico
CO-372	0	Baja	3.589	Aceptable	0.00	Aceptable	0.579	Subcrítico
CO-394	2.57	Aceptable	10.075	Aceptable	0.23	Aceptable	0.596	Subcrítico
CO-332	2.99	Aceptable	14.682	Aceptable	0.96	Capacidad Máxima	0.678	Subcrítico
CO-551	3.71	Subdimensionado	11.965	Subdimensionado	1.40	Subdimensionado	0.742	Subcrítico
CO-42	3.6	Subdimensionado	7.643	Subdimensionado	1.58	Subdimensionado	0.318	Subcrítico
CO-577	2.46	Aceptable	9.724	Aceptable	0.13	Aceptable	0.611	Subcrítico
CO-380	2.64	Aceptable	6.32	Aceptable	0.19	Aceptable	0.452	Subcrítico
CO-376	7.7	Subdimensionado	15.704	Subdimensionado	2.78	Subdimensionado	0.318	Subcrítico
CO-378	8.59	Subdimensionado	17.245	Subdimensionado	3.01	Subdimensionado	0.51	Subcrítico
CO-382	1.83	Aceptable	4.953	Aceptable	0.12	Aceptable	0.441	Subcrítico
CO-398	2.77	Aceptable	10.522	Aceptable	0.19	Aceptable	0.617	Subcrítico
CO-402	3.81	Máximo	11.846	Aceptable	0.19	Aceptable	0.567	Subcrítico
CO-400	0	Baja	2.188	Aceptable	0.00	Aceptable	0.38	Subcrítico
CO-404	3.9	Máximo	11.934	Aceptable	0.20	Aceptable	0.573	Subcrítico
CO-540	4.89	Máximo	19.045	Normal	0.16	Aceptable	0.541	Subcrítico
CO-44	4.25	Subdimensionado	11.791	Subdimensionado	1.47	Subdimensionado	0.536	Subcrítico
CO-384	0	Baja	2.234	Aceptable	0.00	Aceptable	0.381	Subcrítico
CO-386	9.28	Subdimensionado	68.636	Subdimensionado	1.43	Subdimensionado	0.335	Subcrítico
CO-538	4.31	#¡NUM!	-0.214	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-48	5.38	Subdimensionado	14.461	Subdimensionado	1.72	Subdimensionado	0.335	Subcrítico
CO-4	0	Baja	7.894	Aceptable	0.00	Aceptable	0.264	Subcrítico
CO-50(1)	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.414	Subcrítico
CO-260	4.61	Subdimensionado	10.664	Subdimensionado	1.76	Subdimensionado	0.334	Subcrítico
CO-262	4.96	#¡NUM!	-0.547	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-264	3.82	Subdimensionado	7.88	Subdimensionado	1.61	Subdimensionado	0.249	Subcrítico
CO-344	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.376	Subcrítico
CO-544	2.66	Aceptable	4.636	Aceptable	0.31	Aceptable	0.301	Subcrítico
CO-342	1.23	Aceptable	0	Bajo Arrastre	0.17	Aceptable	0.537	Subcrítico
CO-52	0.96	#¡NUM!	-0.267	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-54(2)	2.55	Aceptable	5.048	Aceptable	0.86	Capacidad Máxima	0.614	Subcrítico
CO-56	2.33	Aceptable	4.285	Aceptable	0.67	Capacidad Normal	0.588	Subcrítico
CO-60	2.11	Aceptable	5.324	Aceptable	0.16	Aceptable	0.463	Subcrítico
CO-62	2.49	Aceptable	5.57	Aceptable	0.54	Capacidad Normal	0.604	Subcrítico
CO-70	3.05	Máximo	10.63	Aceptable	0.41	Aceptable	0.41	Subcrítico
CO-68	2.96	Subdimensionado	11.899	Subdimensionado	1.08	Subdimensionado	0.557	Subcrítico
CO-74	4.59	#¡NUM!	-0.354	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-78	1.49	Subdimensionado	1.142	Subdimensionado	1.84	Subdimensionado	(N/A)	Supercrítico
CO-6	1.89	Aceptable	7.793	Aceptable	0.06	Aceptable	0.247	Subcrítico
CO-505	0.68	#¡NUM!	-0.616	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	0.042	Subcrítico
CO-504	2.27	Aceptable	4.651	Aceptable	0.30	Aceptable	0.478	Subcrítico
CO-80	1.74	#¡NUM!	-0.11	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-508	2.35	Aceptable	6.898	Aceptable	0.16	Aceptable	0.485	Subcrítico
CO-509	4.88	Subdimensionado	4.359	Subdimensionado	3.61	Subdimensionado	0.833	Subcrítico
CO-84	2.94	#¡NUM!	-0.302	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	0.09	Subcrítico
CO-76	0.97	Subdimensionado	1.023	Subdimensionado	1.28	Subdimensionado	(N/A)	Supercrítico
CO-86	0.99	Subdimensionado	0.116	Subdimensionado	5.15	Subdimensionado	0.193	Subcrítico
CO-88	0.75	Aceptable	4.089	Aceptable	0.53	Capacidad Normal	1.06	Crítico
CO-92	0	Baja	28.479	Normal	0.00	Aceptable	0.371	Subcrítico
CO-8	0.37	Baja	7.961	Aceptable	0.11	Aceptable	0.247	Subcrítico
CO-94	0	Baja	9.547	Aceptable	0.00	Aceptable	0.463	Subcrítico
CO-90	0.45	#¡NUM!	-0.292	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	0.21	Subcrítico
CO-100	0	Baja	19.647	Normal	0.00	Aceptable	0.235	Subcrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	ANÁLISIS VELOCIDAD	FUERZA TRACTIVA (Pa)	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q _ø	ANÁLISIS DE CAPACIDAD	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO
CO-98	0	Baja	28.311	Normal	0.00	Aceptable	0.238	Subcrítico
CO-96	0	Baja	0.192	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.699	Subcrítico
CO-102	1.71	Aceptable	7.185	Aceptable	0.09	Aceptable	0.249	Subcrítico
CO-104	0	Baja	2.896	Aceptable	0.00	Aceptable	0.281	Subcrítico
CO-106	0	Baja	14.371	Aceptable	0.00	Aceptable	0.26	Subcrítico
CO-120	13.77	Subdimensionado	11.358	Subdimensionado	6.92	Subdimensionado	0.916	Crítico
CO-114	7.3	Subdimensionado	16.054	Subdimensionado	2.34	Subdimensionado	0.387	Subcrítico
CO-16	2.5	Subdimensionado	6.643	Subdimensionado	1.40	Subdimensionado	1.037	Crítico
CO-512	5.2	Superior al Rango	28.248	Normal	0.10	Aceptable	0.277	Subcrítico
CO-110	0.5	#¡NUM!	0	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-118	6.61	Subdimensionado	7.095	Subdimensionado	3.45	Subdimensionado	0.358	Subcrítico
CO-513	6.61	Subdimensionado	12.45	Subdimensionado	2.43	Subdimensionado	0.414	Subcrítico
CO-515	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.412	Subcrítico
CO-172	14.37	Subdimensionado	29.606	Subdimensionado	3.94	Subdimensionado	0.864	Subcrítico
CO-510	2.17	Aceptable	4.184	Aceptable	0.44	Aceptable	0.306	Subcrítico
CO-126	0	Baja	12.891	Aceptable	0.00	Aceptable	(N/A)	Supercrítico
CO-128	0.54	#¡NUM!	-3.078	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-134	6.44	Superior al Rango	46.45	Normal	0.22	Aceptable	0.284	Subcrítico
CO-14(1)	2.38	Aceptable	9.075	Aceptable	0.63	Capacidad Normal	0.435	Subcrítico
CO-136	4.14	Máximo	13.464	Aceptable	0.73	Capacidad Normal	0.554	Subcrítico
CO-138	5.28	Superior al Rango	18.808	Normal	0.84	Capacidad Normal	0.284	Subcrítico
CO-144	4.82	Subdimensionado	6.072	Subdimensionado	2.63	Subdimensionado	(N/A)	Supercrítico
CO-150	20.45	Subdimensionado	14.223	Subdimensionado	9.64	Subdimensionado	2.57	Supercrítico
CO-152	15.01	Subdimensionado	44.169	Subdimensionado	3.04	Subdimensionado	1.416	Supercrítico
CO-154	15.22	Subdimensionado	18.943	Subdimensionado	5.35	Subdimensionado	2.877	Supercrítico
CO-156	15.21	Subdimensionado	20.702	Subdimensionado	5.07	Subdimensionado	1.431	Supercrítico
CO-158	15.16	Subdimensionado	23.173	Subdimensionado	4.70	Subdimensionado	1.431	Supercrítico
CO-162	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0	Subcrítico
CO-12	1.42	#¡NUM!	-0.513	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-164	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.445	Subcrítico
CO-612	0	Baja	6.088	Aceptable	0.00	Aceptable	0.318	Subcrítico
CO-246	4.29	Máximo	10.825	Aceptable	0.27	Aceptable	0.238	Subcrítico
CO-558	5.01	Superior al Rango	13.506	Aceptable	0.60	Capacidad Normal	0.236	Subcrítico
CO-559(1)	5.44	Subdimensionado	13.909	Subdimensionado	1.11	Subdimensionado	0.243	Subcrítico
CO-576	14.91	#¡NUM!	-0.68	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	0.184	Subcrítico
CO-244	5.09	Subdimensionado	15.042	Subdimensionado	1.69	Subdimensionado	0.774	Subcrítico
CO-242	4.87	Subdimensionado	15.801	Subdimensionado	1.54	Subdimensionado	0.74	Subcrítico
CO-232	5.22	Subdimensionado	17.453	Subdimensionado	1.07	Subdimensionado	0.668	Subcrítico
CO-10	2.12	Aceptable	9.848	Aceptable	0.32	Aceptable	0.381	Subcrítico
CO-519	1.52	Aceptable	1.894	Aceptable	0.36	Aceptable	0.292	Subcrítico
CO-168	2.8	Aceptable	6.728	Aceptable	0.50	Capacidad Normal	0.236	Subcrítico
CO-170	3.5	Máximo	10.312	Aceptable	0.61	Capacidad Normal	0.333	Subcrítico
CO-526(1)	3.38	Máximo	11.403	Aceptable	0.43	Aceptable	0.581	Subcrítico
CO-174	2.65	Aceptable	7.817	Aceptable	0.29	Aceptable	0.611	Subcrítico
CO-182	2.04	Aceptable	0	Bajo Arrastre	0.06	Aceptable	0.425	Subcrítico
CO-186	2.92	Aceptable	10.77	Aceptable	0.21	Aceptable	0.516	Subcrítico
CO-184	2.45	Aceptable	7.582	Aceptable	0.09	Aceptable	0.401	Subcrítico
CO-192	2.89	Aceptable	8.147	Aceptable	0.54	Capacidad Normal	0.614	Subcrítico
CO-194	3.26	Máximo	11.049	Aceptable	0.70	Capacidad Normal	0.616	Subcrítico
CO-18	2.99	Subdimensionado	5.168	Subdimensionado	1.95	Subdimensionado	0.904	Crítico
CO-198	3.47	Máximo	13.369	Aceptable	0.64	Capacidad Normal	0.617	Subcrítico
CO-568	19.26	Subdimensionado	20.205	Subdimensionado	7.32	Subdimensionado	1.138	Supercrítico
CO-520	15.82	Subdimensionado	28.436	Subdimensionado	4.57	Subdimensionado	0.922	Crítico
CO-525	15.02	Subdimensionado	16.692	Subdimensionado	5.81	Subdimensionado	1.519	Supercrítico
CO-204	21.49	Subdimensionado	16.402	Subdimensionado	9.63	Subdimensionado	1.756	Supercrítico
CO-208	3.3	Subdimensionado	9.817	Subdimensionado	1.29	Subdimensionado	0.642	Subcrítico
CO-210	2.72	Subdimensionado	9.648	Subdimensionado	1.03	Subdimensionado	0.608	Subcrítico
CO-214	3.54	Máximo	14.368	Aceptable	0.38	Aceptable	0.502	Subcrítico
CO-212	3.49	Máximo	12.009	Aceptable	0.39	Aceptable	0.434	Subcrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	ANÁLISIS VELOCIDAD	FUERZA TRACTIVA (Pa)	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q _ø	ANÁLISIS DE CAPACIDAD	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO
CO-14(2)	2.06	Aceptable	11.125	Aceptable	0.83	Capacidad Normal	0.958	Crítico
CO-506	2.37	Aceptable	7.681	Aceptable	0.15	Aceptable	0.244	Subcrítico
CO-64(1)	0	Baja	7.949	Aceptable	0.00	Aceptable	0.505	Subcrítico
CO-54(1)	3.34	Máximo	10.528	Aceptable	0.61	Capacidad Normal	0.599	Subcrítico
CO-507	0	Baja	10.558	Aceptable	0.00	Aceptable	0.284	Subcrítico
CO-50(2)	2.36	Aceptable	5.704	Aceptable	0.16	Aceptable	0.47	Subcrítico
CO-517	6.02	Subdimensionado	9.151	Subdimensionado	2.90	Subdimensionado	0.73	Subcrítico
CO-518	1.28	Aceptable	0	Bajo Arrastre	0.23	Aceptable	0.328	Subcrítico
CO-570	17.37	Subdimensionado	44.124	Subdimensionado	3.85	Subdimensionado	0.753	Subcrítico
CO-527	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.508	Subcrítico
CO-528	0	#¡NUM!	0	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	0.05	Subcrítico
CO-278(2)	3.11	Máximo	10.737	Aceptable	0.39	Aceptable	0.581	Subcrítico
CO-534	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.46	Subcrítico
CO-539	6.17	Superior al Rango	17.46	Normal	0.75	Capacidad Normal	0.756	Subcrítico
CO-541	0	Baja	4.172	Aceptable	0.00	Aceptable	0.412	Subcrítico
CO-545	2.76	Aceptable	6.093	Aceptable	0.29	Aceptable	0.268	Subcrítico
CO-548	0	Baja	3.995	Aceptable	0.00	Aceptable	0.446	Subcrítico
CO-549	0	Baja	4.958	Aceptable	0.00	Aceptable	0.443	Subcrítico
CO-594	5.8	#¡NUM!	-1.216	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-561	3.21	Máximo	0	Bajo Arrastre	0.35	Aceptable	0	Subcrítico
CO-562	2.93	Aceptable	0	Bajo Arrastre	0.09	Aceptable	0	Subcrítico
CO-564	0	#¡NUM!	0	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-565	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.49	Subcrítico
CO-566	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.705	Subcrítico
CO-526(2)	3.34	Máximo	12.452	Aceptable	0.44	Aceptable	0.588	Subcrítico
CO-569	17.37	Subdimensionado	20.106	Subdimensionado	6.40	Subdimensionado	0.893	Subcrítico
CO-571	0	Baja	7.398	Aceptable	0.00	Aceptable	0.41	Subcrítico
CO-573	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.435	Subcrítico
CO-574	0	Baja	24.776	Normal	0.00	Aceptable	(N/A)	Supercrítico
CO-330(2)	0	Baja	5.591	Aceptable	0.00	Aceptable	0.465	Subcrítico
CO-547(2)	0	Baja	3.923	Aceptable	0.00	Aceptable	0.452	Subcrítico
CO-546(2)	0	Baja	3.74	Aceptable	0.00	Aceptable	0.416	Subcrítico
CO-578	0	Baja	5.354	Aceptable	0.00	Aceptable	0.457	Subcrítico
CO-579	0	Baja	11.477	Aceptable	0.00	Aceptable	0.329	Subcrítico
CO-580	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.491	Subcrítico
CO-581	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.428	Subcrítico
CO-583	0	Baja	6.598	Aceptable	0.00	Aceptable	0.405	Subcrítico
CO-584	0	Baja	4.413	Aceptable	0.00	Aceptable	0.438	Subcrítico
CO-585	0	Baja	6.105	Aceptable	0.00	Aceptable	0.487	Subcrítico
CO-586	0	#¡NUM!	0	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-588	1.08	Aceptable	0	Bajo Arrastre	0.42	Aceptable	0	Subcrítico
CO-587	0.17	Baja	0	Bajo Arrastre	0.05	Aceptable	0	Subcrítico
CO-589	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.51	Subcrítico
CO-590	0	Baja	5.711	Aceptable	0.00	Aceptable	0.507	Subcrítico
CO-591	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.454	Subcrítico
CO-592	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.4	Subcrítico
CO-559(2)	5.21	Subdimensionado	13.716	Subdimensionado	1.16	Subdimensionado	0.252	Subcrítico
CO-593	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	(N/A)	Supercrítico
CO-596	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.459	Subcrítico
CO-598	0	Baja	2.783	Aceptable	0.00	Aceptable	0.442	Subcrítico
CO-599	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.406	Subcrítico
CO-600	0	Baja	5.247	Aceptable	0.00	Aceptable	0.436	Subcrítico
CO-601	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.406	Subcrítico
CO-604	0	#¡NUM!	0	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-606	0	Baja	7.999	Aceptable	0.00	Aceptable	0.364	Subcrítico
CO-607	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.326	Subcrítico
CO-256(2)	6.24	Superior al Rango	52.755	Alto Arrastre	0.82	Capacidad Normal	0.25	Subcrítico
CO-610	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.291	Subcrítico
CO-160	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0	Subcrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	ANÁLISIS VELOCIDAD	FUERZA TRACTIVA (Pa)	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q ϕ	ANÁLISIS DE CAPACIDAD	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO
CO-615	0.5	Aceptable	0	Bajo Arrastre	0.10	Aceptable	0	Subcrítico

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Tabla 38 Resultados Evaluación Hidráulica Aportes Pluviales Mochuelo Bajo – Tr 10 Años

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	ANÁLISIS VELOCIDAD	FUERZA TRACTIVA (Pa)	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q ϕ	ANÁLISIS DE CAPACIDAD	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO
CO-292	4.82	Máximo	11.43	Aceptable	0.40	Aceptable	0.235	Subcrítico
CO-2	0	Baja	1.382	Aceptable	0.00	Aceptable	0.309	Subcrítico
CO-22	2.25	Aceptable	5.672	Aceptable	0.99	Capacidad Máxima	0.649	Subcrítico
CO-222	5.61	Superior al Rango	22.215	Normal	0.69	Capacidad Normal	0.627	Subcrítico
CO-220	5.06	Superior al Rango	18.012	Normal	0.58	Capacidad Normal	0.597	Subcrítico
CO-226	4.63	Máximo	21.995	Normal	0.22	Aceptable	0.556	Subcrítico
CO-557	4.03	Máximo	15.397	Normal	0.17	Aceptable	0.473	Subcrítico
CO-556	4.03	Máximo	11.826	Aceptable	0.62	Capacidad Normal	0.593	Subcrítico
CO-605	2.82	Subdimensionado	0.357	Subdimensionado	5.68	Subdimensionado	0.486	Subcrítico
CO-250	3.07	Máximo	5.238	Aceptable	0.75	Capacidad Normal	0.606	Subcrítico
CO-254	9.5	Subdimensionado	17.097	Subdimensionado	2.76	Subdimensionado	0.264	Subcrítico
CO-609	7.5	Subdimensionado	5.473	Subdimensionado	3.95	Subdimensionado	0.252	Subcrítico
CO-20	3.13	Máximo	8.602	Aceptable	0.41	Aceptable	0.528	Subcrítico
CO-256(1)	5.99	Subdimensionado	3.556	Subdimensionado	4.45	Subdimensionado	0.308	Subcrítico
CO-352	4.96	Subdimensionado	10.002	Subdimensionado	1.71	Subdimensionado	0.579	Subcrítico
CO-350	3.24	Máximo	10.863	Aceptable	0.34	Aceptable	0.233	Subcrítico
CO-348	2.2	Aceptable	7.789	Aceptable	0.09	Aceptable	0.256	Subcrítico
CO-553	3.46	Máximo	4.766	Aceptable	0.40	Aceptable	0.275	Subcrítico
CO-552	2.89	Aceptable	0	Bajo Arrastre	0.52	Capacidad Normal	0.32	Subcrítico
CO-555	4.74	Subdimensionado	22.928	Subdimensionado	1.04	Subdimensionado	0.283	Subcrítico
CO-340	5.64	Subdimensionado	19.616	Subdimensionado	1.45	Subdimensionado	0.277	Subcrítico
CO-338	0	Baja	3.798	Aceptable	0.00	Aceptable	0.257	Subcrítico
CO-550	8.72	Subdimensionado	16.045	Subdimensionado	3.03	Subdimensionado	0.454	Subcrítico
CO-28	0	Baja	2.849	Aceptable	0.00	Aceptable	0.579	Subcrítico
CO-216	0	Baja	6.55	Aceptable	0.00	Aceptable	0.414	Subcrítico
CO-272	0	Baja	5.341	Aceptable	0.00	Aceptable	0.355	Subcrítico
CO-218	1.83	Aceptable	2.695	Aceptable	0.51	Capacidad Normal	0.258	Subcrítico
CO-572	0	Baja	10.011	Aceptable	0.00	Aceptable	0.492	Subcrítico
CO-280	2.81	Subdimensionado	8.774	Subdimensionado	1.10	Subdimensionado	0.633	Subcrítico
CO-282	19.59	Subdimensionado	39.478	Subdimensionado	4.45	Subdimensionado	1.049	Crítico
CO-284	21.25	#¡NUM!	-0.769	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	0.46	Subcrítico
CO-302	21.25	Subdimensionado	47.053	Subdimensionado	4.42	Subdimensionado	1.136	Supercrítico
CO-298	3.89	Subdimensionado	12.816	Subdimensionado	1.23	Subdimensionado	0.394	Subcrítico
CO-30	0	#¡NUM!	0	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	0.004	Subcrítico
CO-296	3.15	Subdimensionado	2.392	Subdimensionado	2.53	Subdimensionado	0.5	Subcrítico
CO-294	4.7	Máximo	10.886	Aceptable	0.69	Capacidad Normal	0.234	Subcrítico
CO-290	4.56	Máximo	8.915	Aceptable	0.29	Aceptable	0.265	Subcrítico
CO-288	3.61	Máximo	5.86	Aceptable	0.22	Aceptable	0.292	Subcrítico
CO-286	1.55	Aceptable	0	Bajo Arrastre	0.16	Aceptable	0.336	Subcrítico
CO-130	0	Baja	5.458	Aceptable	0.00	Aceptable	(N/A)	Supercrítico
CO-132	1.1	#¡NUM!	-2.784	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-531	0	Baja	6.806	Aceptable	0.00	Aceptable	0.425	Subcrítico
CO-532	0	Baja	10.28	Aceptable	0.00	Aceptable	0.481	Subcrítico
CO-32	2.13	Aceptable	3.924	Aceptable	0.20	Aceptable	0.303	Subcrítico
CO-304	2.76	Aceptable	5.323	Aceptable	0.10	Aceptable	0.326	Subcrítico
CO-308	2.98	Aceptable	8.531	Aceptable	0.09	Aceptable	0.359	Subcrítico
CO-310	4.86	Máximo	12.582	Aceptable	0.84	Capacidad Normal	0.529	Subcrítico
CO-312	2.06	Aceptable	1.875	Aceptable	0.67	Capacidad Normal	0.276	Subcrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	ANÁLISIS VELOCIDAD	FUERZA TRACTIVA (Pa)	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q _ø	ANÁLISIS DE CAPACIDAD	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO
CO-542	0	Baja	3.22	Aceptable	0.00	Aceptable	0.483	Subcrítico
CO-314	4.4	Subdimensionado	10.682	Subdimensionado	1.61	Subdimensionado	0.265	Subcrítico
CO-543	5.03	Subdimensionado	12.519	Subdimensionado	1.68	Subdimensionado	0.361	Subcrítico
CO-322	2.67	Aceptable	10.898	Aceptable	0.15	Aceptable	0.518	Subcrítico
CO-320	2.89	Aceptable	10.328	Aceptable	0.08	Aceptable	0.408	Subcrítico
CO-318	1.77	Aceptable	7.627	Aceptable	0.02	Aceptable	0.351	Subcrítico
CO-36	2.67	Aceptable	5.626	Aceptable	0.41	Aceptable	0.249	Subcrítico
CO-306	2.19	Aceptable	0	Bajo Arrastre	0.10	Aceptable	0.334	Subcrítico
CO-324	0	Baja	17.856	Normal	0.00	Aceptable	0.457	Subcrítico
CO-326	3.85	Máximo	17.215	Normal	0.32	Aceptable	0.53	Subcrítico
CO-328	3.71	Máximo	15.574	Normal	0.69	Capacidad Normal	0.633	Subcrítico
CO-392	2.98	Aceptable	15.188	Normal	0.12	Aceptable	0.501	Subcrítico
CO-390	3.36	Máximo	14.899	Aceptable	0.20	Aceptable	0.517	Subcrítico
CO-360	0	Baja	1.523	Aceptable	0.00	Aceptable	0.349	Subcrítico
CO-362	7.11	Subdimensionado	21.807	Subdimensionado	1.94	Subdimensionado	0.27	Subcrítico
CO-364	5.7	#¡NUM!	-0.04	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	0.713	Subcrítico
CO-366	5.7	Subdimensionado	8.953	Subdimensionado	2.34	Subdimensionado	0.281	Subcrítico
CO-40	3.27	Máximo	7.696	Aceptable	0.49	Aceptable	0.243	Subcrítico
CO-533	3.21	Máximo	12.763	Aceptable	0.32	Aceptable	0.575	Subcrítico
CO-575	2.92	Aceptable	12.022	Aceptable	0.93	Capacidad Máxima	0.605	Subcrítico
CO-148	22.45	Subdimensionado	30.236	Subdimensionado	6.36	Subdimensionado	2.975	Supercrítico
CO-368	5.01	Subdimensionado	7.118	Subdimensionado	2.38	Subdimensionado	0.361	Subcrítico
CO-370	7.79	Subdimensionado	26.572	Subdimensionado	1.93	Subdimensionado	0.287	Subcrítico
CO-374	7.78	Subdimensionado	25.366	Subdimensionado	2.00	Subdimensionado	0.29	Subcrítico
CO-372	0	Baja	3.589	Aceptable	0.00	Aceptable	0.579	Subcrítico
CO-394	2.71	Aceptable	10.075	Aceptable	0.27	Aceptable	0.596	Subcrítico
CO-332	3.59	Subdimensionado	14.682	Subdimensionado	1.16	Subdimensionado	0.678	Subcrítico
CO-551	4.45	Subdimensionado	11.965	Subdimensionado	1.68	Subdimensionado	0.742	Subcrítico
CO-42	4.33	Subdimensionado	7.643	Subdimensionado	1.90	Subdimensionado	0.318	Subcrítico
CO-577	2.6	Aceptable	9.724	Aceptable	0.15	Aceptable	0.611	Subcrítico
CO-380	2.79	Aceptable	6.32	Aceptable	0.23	Aceptable	0.452	Subcrítico
CO-376	9.28	Subdimensionado	15.704	Subdimensionado	3.35	Subdimensionado	0.318	Subcrítico
CO-378	10.36	Subdimensionado	17.245	Subdimensionado	3.63	Subdimensionado	0.51	Subcrítico
CO-382	1.94	Aceptable	4.953	Aceptable	0.14	Aceptable	0.441	Subcrítico
CO-398	2.92	Aceptable	10.522	Aceptable	0.23	Aceptable	0.617	Subcrítico
CO-402	4.02	Máximo	11.846	Aceptable	0.22	Aceptable	0.567	Subcrítico
CO-400	0	Baja	2.188	Aceptable	0.00	Aceptable	0.38	Subcrítico
CO-404	4.1	Máximo	11.934	Aceptable	0.25	Aceptable	0.573	Subcrítico
CO-540	5.16	Superior al Rango	19.045	Normal	0.20	Aceptable	0.541	Subcrítico
CO-44	5.16	Subdimensionado	11.791	Subdimensionado	1.78	Subdimensionado	0.536	Subcrítico
CO-384	0	Baja	2.234	Aceptable	0.00	Aceptable	0.381	Subcrítico
CO-386	11.19	Subdimensionado	68.636	Subdimensionado	1.72	Subdimensionado	0.335	Subcrítico
CO-538	5.2	#¡NUM!	-0.214	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-48	6.55	Subdimensionado	14.461	Subdimensionado	2.09	Subdimensionado	0.335	Subcrítico
CO-4	0	Baja	7.894	Aceptable	0.00	Aceptable	0.264	Subcrítico
CO-50(1)	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.414	Subcrítico
CO-260	5.55	Subdimensionado	10.664	Subdimensionado	2.12	Subdimensionado	0.334	Subcrítico
CO-262	5.98	#¡NUM!	-0.547	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-264	4.6	Subdimensionado	7.88	Subdimensionado	1.95	Subdimensionado	0.249	Subcrítico
CO-344	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.376	Subcrítico
CO-544	2.79	Aceptable	4.636	Aceptable	0.37	Aceptable	0.301	Subcrítico
CO-342	1.29	Aceptable	0	Bajo Arrastre	0.21	Aceptable	0.537	Subcrítico
CO-52	1.16	#¡NUM!	-0.267	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-54(2)	2.6	Subdimensionado	5.048	Subdimensionado	1.04	Subdimensionado	0.614	Subcrítico
CO-56	2.42	Aceptable	4.285	Aceptable	0.81	Capacidad Normal	0.588	Subcrítico
CO-60	2.22	Aceptable	5.324	Aceptable	0.19	Aceptable	0.463	Subcrítico
CO-62	2.6	Aceptable	5.57	Aceptable	0.64	Capacidad Normal	0.604	Subcrítico
CO-70	3.2	Máximo	10.63	Aceptable	0.49	Aceptable	0.41	Subcrítico
CO-68	3.56	Subdimensionado	11.899	Subdimensionado	1.30	Subdimensionado	0.557	Subcrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	ANÁLISIS VELOCIDAD	FUERZA TRACTIVA (Pa)	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q _ø	ANÁLISIS DE CAPACIDAD	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO
CO-74	5.58	#¡NUM!	-0.354	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-78	1.81	Subdimensionado	1.142	Subdimensionado	2.23	Subdimensionado	(N/A)	Supercrítico
CO-6	1.99	Aceptable	7.793	Aceptable	0.08	Aceptable	0.247	Subcrítico
CO-505	0.82	#¡NUM!	-0.616	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	0.042	Subcrítico
CO-504	2.38	Aceptable	4.651	Aceptable	0.36	Aceptable	0.478	Subcrítico
CO-80	2.1	#¡NUM!	-0.11	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-508	2.48	Aceptable	6.898	Aceptable	0.19	Aceptable	0.485	Subcrítico
CO-509	5.94	Subdimensionado	4.359	Subdimensionado	4.40	Subdimensionado	0.833	Subcrítico
CO-84	3.57	#¡NUM!	-0.302	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	0.09	Subcrítico
CO-76	1.17	Subdimensionado	1.023	Subdimensionado	1.55	Subdimensionado	(N/A)	Supercrítico
CO-86	1.19	Subdimensionado	0.116	Subdimensionado	6.21	Subdimensionado	0.193	Subcrítico
CO-88	0.9	Aceptable	4.089	Aceptable	0.63	Capacidad Normal	1.06	Crítico
CO-92	0	Baja	28.479	Normal	0.00	Aceptable	0.371	Subcrítico
CO-8	0.44	Baja	7.961	Aceptable	0.13	Aceptable	0.247	Subcrítico
CO-94	0	Baja	9.547	Aceptable	0.00	Aceptable	0.463	Subcrítico
CO-90	0.54	#¡NUM!	-0.292	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	0.21	Subcrítico
CO-100	0	Baja	19.647	Normal	0.00	Aceptable	0.235	Subcrítico
CO-98	0	Baja	28.311	Normal	0.00	Aceptable	0.238	Subcrítico
CO-96	0	Baja	0.192	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.699	Subcrítico
CO-102	1.81	Aceptable	7.185	Aceptable	0.10	Aceptable	0.249	Subcrítico
CO-104	0	Baja	2.896	Aceptable	0.00	Aceptable	0.281	Subcrítico
CO-106	0	Baja	14.371	Aceptable	0.00	Aceptable	0.26	Subcrítico
CO-120	16.81	Subdimensionado	11.358	Subdimensionado	8.45	Subdimensionado	0.916	Crítico
CO-114	8.91	Subdimensionado	16.054	Subdimensionado	2.85	Subdimensionado	0.387	Subcrítico
CO-16	3.03	Subdimensionado	6.643	Subdimensionado	1.70	Subdimensionado	1.037	Crítico
CO-512	5.49	Superior al Rango	28.248	Normal	0.12	Aceptable	0.277	Subcrítico
CO-110	0.61	#¡NUM!	0	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-118	8.06	Subdimensionado	7.095	Subdimensionado	4.21	Subdimensionado	0.358	Subcrítico
CO-513	8.06	Subdimensionado	12.45	Subdimensionado	2.96	Subdimensionado	0.414	Subcrítico
CO-515	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.412	Subcrítico
CO-172	17.55	Subdimensionado	29.606	Subdimensionado	4.81	Subdimensionado	0.864	Subcrítico
CO-510	2.28	Aceptable	4.184	Aceptable	0.52	Capacidad Normal	0.306	Subcrítico
CO-126	0	Baja	12.891	Aceptable	0.00	Aceptable	(N/A)	Supercrítico
CO-128	0.65	#¡NUM!	-3.078	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-134	6.79	Superior al Rango	46.45	Normal	0.26	Aceptable	0.284	Subcrítico
CO-14(1)	2.48	Aceptable	9.075	Aceptable	0.77	Capacidad Normal	0.435	Subcrítico
CO-136	4.33	Máximo	13.464	Aceptable	0.88	Capacidad Máxima	0.554	Subcrítico
CO-138	5.49	Subdimensionado	18.808	Subdimensionado	1.02	Subdimensionado	0.284	Subcrítico
CO-144	5.83	Subdimensionado	6.072	Subdimensionado	3.18	Subdimensionado	(N/A)	Supercrítico
CO-150	25.02	Subdimensionado	14.223	Subdimensionado	11.80	Subdimensionado	2.57	Supercrítico
CO-152	18.37	Subdimensionado	44.169	Subdimensionado	3.72	Subdimensionado	1.416	Supercrítico
CO-154	18.63	Subdimensionado	18.943	Subdimensionado	6.55	Subdimensionado	2.877	Supercrítico
CO-156	18.61	Subdimensionado	20.702	Subdimensionado	6.21	Subdimensionado	1.431	Supercrítico
CO-158	18.57	Subdimensionado	23.173	Subdimensionado	5.76	Subdimensionado	1.431	Supercrítico
CO-162	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0	Subcrítico
CO-12	1.71	#¡NUM!	-0.513	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-164	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.445	Subcrítico
CO-612	0	Baja	6.088	Aceptable	0.00	Aceptable	0.318	Subcrítico
CO-246	4.52	Máximo	10.825	Aceptable	0.33	Aceptable	0.238	Subcrítico
CO-558	5.25	Superior al Rango	13.506	Aceptable	0.72	Capacidad Normal	0.236	Subcrítico
CO-559(1)	4.83	Subdimensionado	13.909	Subdimensionado	1.33	Subdimensionado	0.243	Subcrítico
CO-576	17.95	#¡NUM!	-0.68	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	0.184	Subcrítico
CO-244	6.12	Subdimensionado	15.042	Subdimensionado	2.03	Subdimensionado	0.774	Subcrítico
CO-242	5.85	Subdimensionado	15.801	Subdimensionado	1.85	Subdimensionado	0.74	Subcrítico
CO-232	4.52	Subdimensionado	17.453	Subdimensionado	1.29	Subdimensionado	0.668	Subcrítico
CO-10	2.22	Aceptable	9.848	Aceptable	0.39	Aceptable	0.381	Subcrítico
CO-519	1.59	Aceptable	1.894	Aceptable	0.43	Aceptable	0.292	Subcrítico
CO-168	2.93	Aceptable	6.728	Aceptable	0.60	Capacidad Normal	0.236	Subcrítico
CO-170	3.64	Máximo	10.312	Aceptable	0.73	Capacidad Normal	0.333	Subcrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	ANÁLISIS VELOCIDAD	FUERZA TRACTIVA (Pa)	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q _ø	ANÁLISIS DE CAPACIDAD	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO
CO-526(1)	3.54	Máximo	11.403	Aceptable	0.52	Capacidad Normal	0.581	Subcrítico
CO-174	2.79	Aceptable	7.817	Aceptable	0.35	Aceptable	0.611	Subcrítico
CO-182	2.15	Aceptable	0	Bajo Arrastre	0.07	Aceptable	0.425	Subcrítico
CO-186	3.08	Máximo	10.77	Aceptable	0.26	Aceptable	0.516	Subcrítico
CO-184	2.59	Aceptable	7.582	Aceptable	0.10	Aceptable	0.401	Subcrítico
CO-192	3.02	Máximo	8.147	Aceptable	0.65	Capacidad Normal	0.614	Subcrítico
CO-194	3.38	Máximo	11.049	Aceptable	0.84	Capacidad Normal	0.616	Subcrítico
CO-18	3.63	Subdimensionado	5.168	Subdimensionado	2.37	Subdimensionado	0.904	Crítico
CO-198	3.61	Máximo	13.369	Aceptable	0.77	Capacidad Normal	0.617	Subcrítico
CO-568	23.54	Subdimensionado	20.205	Subdimensionado	8.94	Subdimensionado	1.138	Supercrítico
CO-520	19.33	Subdimensionado	28.436	Subdimensionado	5.58	Subdimensionado	0.922	Crítico
CO-525	18.35	Subdimensionado	16.692	Subdimensionado	7.10	Subdimensionado	1.519	Supercrítico
CO-204	26.27	Subdimensionado	16.402	Subdimensionado	11.77	Subdimensionado	1.756	Supercrítico
CO-208	3.97	Subdimensionado	9.817	Subdimensionado	1.55	Subdimensionado	0.642	Subcrítico
CO-210	3.27	Subdimensionado	9.648	Subdimensionado	1.24	Subdimensionado	0.608	Subcrítico
CO-214	3.71	Máximo	14.368	Aceptable	0.45	Aceptable	0.502	Subcrítico
CO-212	3.66	Máximo	12.009	Aceptable	0.46	Aceptable	0.434	Subcrítico
CO-14(2)	2.5	Subdimensionado	11.125	Subdimensionado	1.01	Subdimensionado	0.958	Crítico
CO-506	2.5	Aceptable	7.681	Aceptable	0.18	Aceptable	0.244	Subcrítico
CO-64(1)	0	Baja	7.949	Aceptable	0.00	Aceptable	0.505	Subcrítico
CO-54(1)	3.48	Máximo	10.528	Aceptable	0.73	Capacidad Normal	0.599	Subcrítico
CO-507	0	Baja	10.558	Aceptable	0.00	Aceptable	0.284	Subcrítico
CO-50(2)	2.49	Aceptable	5.704	Aceptable	0.19	Aceptable	0.47	Subcrítico
CO-517	7.33	Subdimensionado	9.151	Subdimensionado	3.53	Subdimensionado	0.73	Subcrítico
CO-518	1.34	Aceptable	0	Bajo Arrastre	0.28	Aceptable	0.328	Subcrítico
CO-570	21.23	Subdimensionado	44.124	Subdimensionado	4.70	Subdimensionado	0.753	Subcrítico
CO-527	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.508	Subcrítico
CO-528	0	#¡NUM!	0	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	0.05	Subcrítico
CO-278(2)	3.26	Máximo	10.737	Aceptable	0.47	Aceptable	0.581	Subcrítico
CO-534	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.46	Subcrítico
CO-539	6.43	Superior al Rango	17.46	Normal	0.91	Capacidad Máxima	0.756	Subcrítico
CO-541	0	Baja	4.172	Aceptable	0.00	Aceptable	0.412	Subcrítico
CO-545	2.91	Aceptable	6.093	Aceptable	0.34	Aceptable	0.268	Subcrítico
CO-548	0	Baja	3.995	Aceptable	0.00	Aceptable	0.446	Subcrítico
CO-549	0	Baja	4.958	Aceptable	0.00	Aceptable	0.443	Subcrítico
CO-594	6.96	#¡NUM!	-1.216	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-561	3.38	Máximo	0	Bajo Arrastre	0.43	Aceptable	0	Subcrítico
CO-562	3.09	Máximo	0	Bajo Arrastre	0.11	Aceptable	0	Subcrítico
CO-564	0	#¡NUM!	0	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-565	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.49	Subcrítico
CO-566	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.705	Subcrítico
CO-526(2)	3.5	Máximo	12.452	Aceptable	0.52	Capacidad Normal	0.588	Subcrítico
CO-569	21.22	Subdimensionado	20.106	Subdimensionado	7.82	Subdimensionado	0.893	Subcrítico
CO-571	0	Baja	7.398	Aceptable	0.00	Aceptable	0.41	Subcrítico
CO-573	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.435	Subcrítico
CO-574	0	Baja	24.776	Normal	0.00	Aceptable	(N/A)	Supercrítico
CO-330(2)	0	Baja	5.591	Aceptable	0.00	Aceptable	0.465	Subcrítico
CO-547(2)	0	Baja	3.923	Aceptable	0.00	Aceptable	0.452	Subcrítico
CO-546(2)	0	Baja	3.74	Aceptable	0.00	Aceptable	0.416	Subcrítico
CO-578	0	Baja	5.354	Aceptable	0.00	Aceptable	0.457	Subcrítico
CO-579	0	Baja	11.477	Aceptable	0.00	Aceptable	0.329	Subcrítico
CO-580	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.491	Subcrítico
CO-581	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.428	Subcrítico
CO-583	0	Baja	6.598	Aceptable	0.00	Aceptable	0.405	Subcrítico
CO-584	0	Baja	4.413	Aceptable	0.00	Aceptable	0.438	Subcrítico
CO-585	0	Baja	6.105	Aceptable	0.00	Aceptable	0.487	Subcrítico
CO-586	0	#¡NUM!	0	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-588	1.3	Aceptable	0	Bajo Arrastre	0.50	Aceptable	0	Subcrítico
CO-587	0.2	Baja	0	Bajo Arrastre	0.05	Aceptable	0	Subcrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	ANÁLISIS VELOCIDAD	FUERZA TRACTIVA (Pa)	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q _ø	ANÁLISIS DE CAPACIDAD	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO
CO-589	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.51	Subcrítico
CO-590	0	Baja	5.711	Aceptable	0.00	Aceptable	0.507	Subcrítico
CO-591	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.454	Subcrítico
CO-592	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.4	Subcrítico
CO-559(2)	4.81	Subdimensionado	13.716	Subdimensionado	1.40	Subdimensionado	0.252	Subcrítico
CO-593	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	(N/A)	Supercrítico
CO-596	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.459	Subcrítico
CO-598	0	Baja	2.783	Aceptable	0.00	Aceptable	0.442	Subcrítico
CO-599	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.406	Subcrítico
CO-600	0	Baja	5.247	Aceptable	0.00	Aceptable	0.436	Subcrítico
CO-601	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.406	Subcrítico
CO-604	0	#¡NUM!	0	#¡NUM!	#¡NUM!	#¡NUM!	(N/A)	Supercrítico
CO-606	0	Baja	7.999	Aceptable	0.00	Aceptable	0.364	Subcrítico
CO-607	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.326	Subcrítico
CO-256(2)	7.5	Superior al Rango	52.755	Alto Arrastre	0.99	Capacidad Máxima	0.25	Subcrítico
CO-610	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.291	Subcrítico
CO-160	0	Baja	0	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0	Subcrítico
CO-615	0.6	Aceptable	0.00	Bajo Arrastre	0.13	Aceptable	0.00	Subcrítico

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.1.1 Capacidad Hidráulica

De acuerdo a la evaluación incluyendo aportes pluviales, realizada al sistema de Alcantarillado Sanitario de Mochuelo Bajo, se obtuvieron los siguientes resultados para los periodos de retorno de 5 y 10 años:

Tabla 39 Capacidad Sistema de Alcantarillado Pluvial

ANÁLISIS DE CAPACIDAD	5 AÑOS		10 AÑOS	
	% DE TRAMOS	# DE TRAMOS	% DE TRAMOS	# DE TRAMOS
Aceptable	76.54%	186	48.66%	127
Capacidad Máxima	2.06%	5	1.92%	5
Subdimensionado	7.00%	17	25.29%	66
Capacidad Normal	5.76%	14	9.20%	24
Pendiente Negativa	8.64%	21	8.05%	21
Total general	100.00%	243	100.00%	243

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

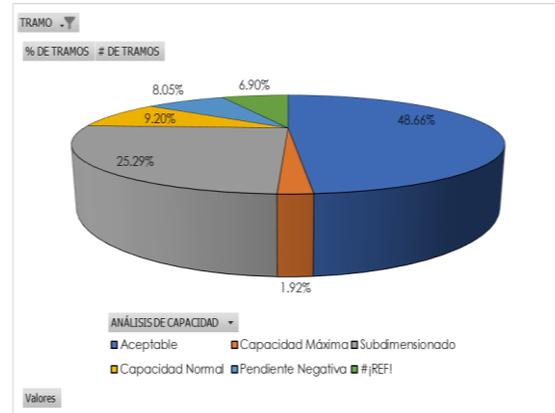
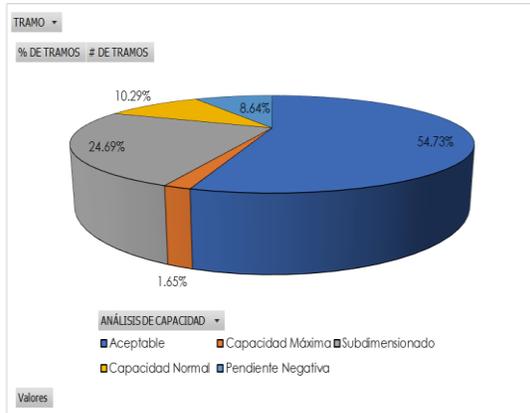
Como se puede observar en la tabla anterior, 21 de los tramos de la red de alcantarillado no se logra calcular su capacidad, esto se debe a que estos tramos presentan pendientes negativas. Al incluir aportes pluviales al sistema, se evidencia que tanto para el periodo de retorno de 5 años como para el de 10 años, se presentan tramos subdimensionados, por lo que se corrobora que la red de alcantarillado no es adecuada para uso combinado.

En la siguiente figura se presentan los resultados de la distribución porcentual con respecto a las capacidades de las tuberías que hacen parte del alcantarillado del sector Mochuelo Bajo.

Figura 40 Distribución Porcentual Capacidad Alcantarillado

Tr 5 Años

Tr 10 Años



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.1.2 Velocidades Máximas y Mínimas

De acuerdo a la evaluación incluyendo aportes pluviales, realizada al sistema de Alcantarillado Sanitario de Mochuelo Bajo, se obtuvieron los siguientes resultados para los periodos de retorno de 5 y 10 años:

Tabla 40 Velocidad Sistema de Alcantarillado Pluvial

ANÁLISIS DE VELOCIDAD	5 AÑOS		10 AÑOS	
	% DE TRAMOS	# DE TRAMOS	% DE TRAMOS	# DE TRAMOS
Aceptable	22.22%	54	18.52%	45
Máximo	13.58%	33	14.40%	35
Baja	27.98%	68	27.98%	68
Subdimensionado	24.69%	60	27.16%	66
Pendiente Negativa	8.64%	21	8.64%	21
Superior al Rango	2.88%	7	3.29%	8
Total general	100.00%	243	100.00%	243

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

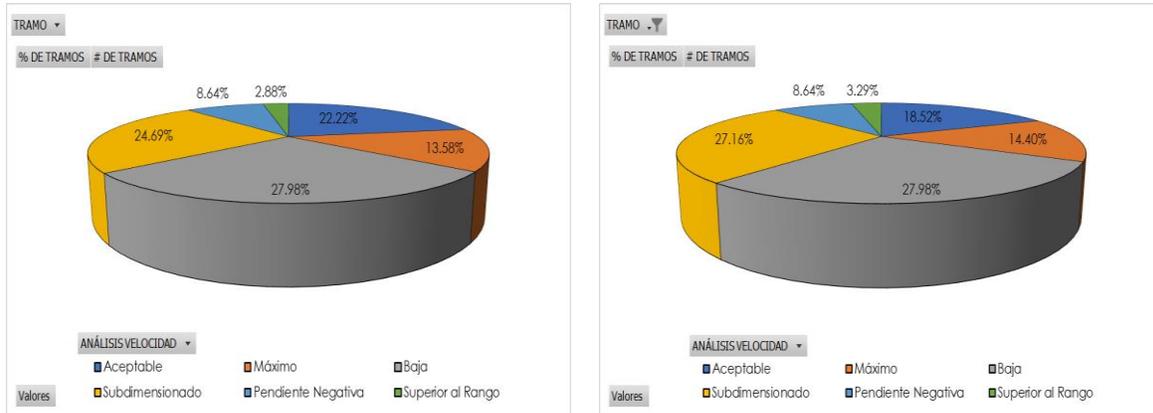
Como se puede observar en la tabla anterior, 21 de los tramos de la red de alcantarillado no se logra calcular su velocidad, esto se debe a que estos tramos presentan pendientes negativas; Adicionalmente, al presentarse tramos subdimensionados, a estos tampoco se les realiza análisis de velocidad. Por otro lado, se evidencian velocidades máximas y superiores al rango establecido en la normatividad vigente.

En la siguiente figura se presentan los resultados de la distribución porcentual con respecto a la velocidad en las tuberías que hacen parte del alcantarillado sanitario del sector Mochuelo Bajo.

Figura 41 Distribución Porcentual Velocidad Alcantarillado

Tr 5 Años

Tr 10 Años



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.1.3 Fuerzas Tractivas Mínimas

De acuerdo a la evaluación incluyendo aportes pluviales, realizada al sistema de Alcantarillado Sanitario de Mochuelo Bajo, se obtuvieron los siguientes resultados para los periodos de retorno de 5 y 10 años:

Tabla 41 Fuerza Tractiva Sistema de Alcantarillado Pluvial

ANÁLISIS DE FUERZA TRACTIVA	5 AÑOS		10 AÑOS	
	% DE TRAMOS	# DE TRAMOS	% DE TRAMOS	# DE TRAMOS
Aceptable	55.56%	135	53.50%	130
Normal	13.99%	34	12.35%	30
Bajo Arrastre	13.99%	34	13.58%	33
Subdimensionado	7.00%	17	10.70%	26
Pendiente Negativa	8.64%	21	8.64%	21
Alto Arrastre	0.82%	2	1.23%	3
Total general	100.00%	243	100.00%	243

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

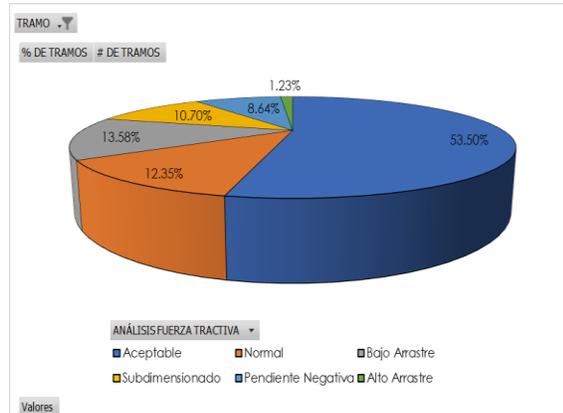
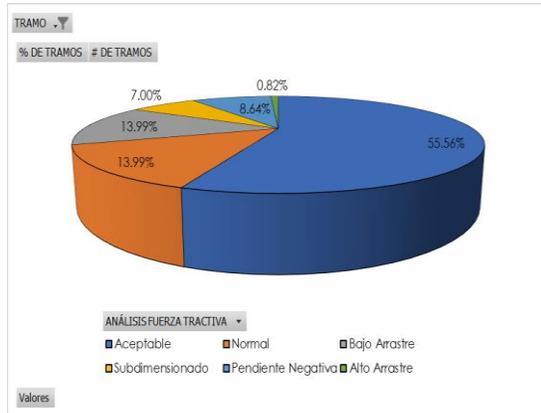
Como se puede observar en la tabla anterior, 21 de los tramos de la red de alcantarillado no se logra calcular su capacidad de arrastre, esto se debe a que estos tramos presentan pendientes negativas. Se observan valores superiores al rango, lo cual implica una contribución a procesos erosivos del material de la tubería en estos tramos. Con respecto a los valores mínimos identificados, se puede deducir una baja capacidad de arrastre, lo cual implica una acumulación de sedimentos en el sistema.

En la siguiente figura se presentan las distribuciones porcentuales de la capacidad de arrastre en el sistema de alcantarillado de Mochuelo Bajo.

Figura 42 Distribución Porcentual Fuerza Tractiva Alcantarillado

Tr 5 Años

Tr 10 Años



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.1.4 Régimen de Flujo

De acuerdo a la evaluación incluyendo aportes pluviales, realizada al sistema de Alcantarillado Sanitario de Mochuelo Bajo, se obtuvieron los siguientes resultados para los periodos de retorno de 5 y 10 años:

Tabla 42 Régimen de Flujo Sistema de Alcantarillado Pluvial

ANÁLISIS DE REGIMEN DE FLUJO	5 AÑOS		10 AÑOS	
	% DE TRAMOS	# DE TRAMOS	% DE TRAMOS	# DE TRAMOS
Subcrítico	84.77%	206	84.36%	205
Crítico	2.88%	7	2.88%	7
Supercrítico	12.35%	30	12.76%	31
Total general	100.00%	243	100.00%	243

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

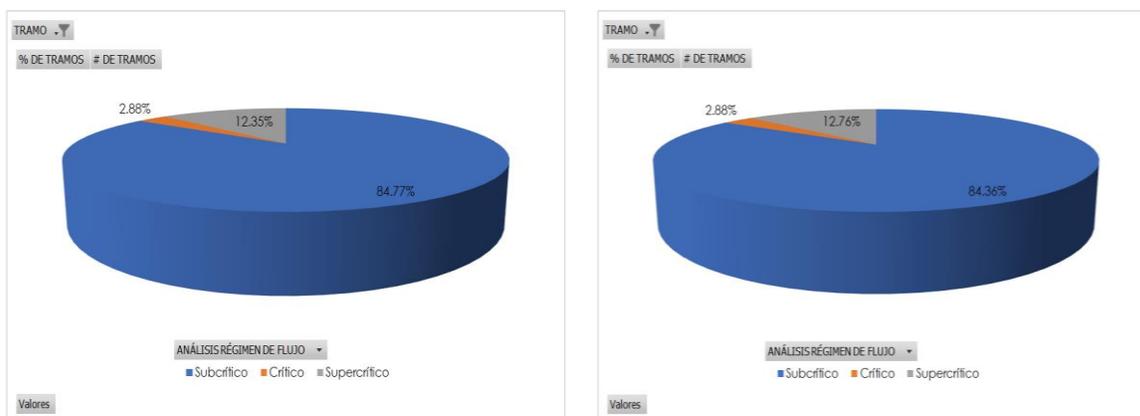
Los regímenes de flujo en su mayoría se encuentran en valores subcríticos, sin embargo, hay condiciones de flujos críticos y supercríticos, lo que implica una inestabilidad en la lámina de agua generada en dichos tramos.

En la siguiente figura se presentan las distribuciones porcentuales del régimen de flujo en el sistema de alcantarillado de Mochuelo Bajo.

Figura 43 Distribución Porcentual régimen de Flujo Alcantarillado

Tr 5 Años

Tr 10 Años



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.2 ALTERNATIVA NO. 1 – DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIAL CONVENCIONAL

Teniendo en cuenta los aportes pluviales calculados, se realiza una simulación incluyendo dichos caudales en las redes de alcantarillado proyectadas para el sistema pluvial, a continuación, se muestran los resultados obtenidos para el sector de Mochuelo Bajo, para los caudales calculados con un periodo de retorno de 10 años. Para ver los resultados completos, remitirse a la memoria de cálculo.

Tabla 43 Resultados Evaluación Hidráulica Diseño Aportes Pluviales Mochuelo Bajo – Tr 10 Años

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	ANÁLISIS VELOCIDAD	FUERZA TRACTIVA (τ (N/m ²))	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q ₀	ANÁLISIS DE CAPACIDAD	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO
CO-747	0.46	Baja	3.13	Aceptable	0.37	Aceptable	0.84	Subcrítico
CO-672	2.5	Aceptable	28.51	Normal	0.91	Capacidad Normal	1.70	Supercrítico
CO-673	6.41	Superior al Rango	64.72	Alto Arrastre	0.69	Capacidad Normal	2.74	Supercrítico
CO-674	6.88	Superior al Rango	92.51	Alto Arrastre	0.60	Capacidad Normal	3.38	Supercrítico
CO-675	6.08	Superior al Rango	79.29	Alto Arrastre	0.89	Capacidad Normal	2.85	Supercrítico
CO-676	6.58	Superior al Rango	93.89	Alto Arrastre	0.93	Capacidad Normal	3.07	Supercrítico
CO-677(1)	5.53	Superior al Rango	127.56	Alto Arrastre	0.50	Aceptable	3.45	Supercrítico
CO-677(2)	8.16	Superior al Rango	99.82	Alto Arrastre	0.60	Capacidad Normal	2.92	Supercrítico
CO-734	2.92	Aceptable	12.01	Aceptable	0.16	Aceptable	2.03	Supercrítico
CO-781	3.21	Aceptable	14.81	Aceptable	0.13	Aceptable	2.34	Supercrítico
CO-782	3.81	Aceptable	27.09	Normal	0.08	Aceptable	2.01	Supercrítico
CO-783	9.38	Superior al Rango	77.81	Alto Arrastre	0.95	Capacidad Máxima	1.87	Supercrítico
CO-780	11.13	Superior al Rango	144.34	Alto Arrastre	0.77	Capacidad Normal	2.68	Supercrítico
CO-777	12.64	Superior al Rango	232.88	Alto Arrastre	0.65	Capacidad Normal	3.55	Supercrítico
CO-774	13.99	Superior al Rango	244.90	Alto Arrastre	0.73	Capacidad Normal	3.53	Supercrítico
CO-660	17.18	Superior al Rango	267.10	Alto Arrastre	0.93	Capacidad Máxima	3.47	Supercrítico
CO-731	1.61	Aceptable	3.73	Aceptable	0.20	Aceptable	1.07	Supercrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	ANÁLISIS VELOCIDAD	FUERZA TRACTIVA (τ (N/m ²))	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q_0	ANÁLISIS DE CAPACIDAD	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO
CO-784	3.42	Aceptable	17.65	Normal	0.08	Aceptable	2.38	Supercrítico
CO-785	4.34	Aceptable	31.94	Normal	0.24	Aceptable	2.49	Supercrítico
CO-786	7.7	Superior al Rango	68.33	Alto Arrastre	0.78	Capacidad Normal	1.84	Supercrítico
CO-757	1.04	Aceptable	8.34	Aceptable	0.62	Capacidad Normal	1.22	Supercrítico
CO-681	12.6	Superior al Rango	161.61	Alto Arrastre	0.85	Capacidad Normal	2.76	Supercrítico
CO-732	1.51	Aceptable	3.19	Aceptable	0.15	Aceptable	1.05	Supercrítico
CO-716	2.76	Aceptable	10.76	Aceptable	0.16	Aceptable	1.90	Supercrítico
CO-788	4.42	Aceptable	32.51	Normal	0.20	Aceptable	2.63	Supercrítico
CO-789	5.94	Superior al Rango	99.06	Alto Arrastre	0.39	Aceptable	2.61	Supercrítico
CO-712	0.2	Baja	2.73	Aceptable	0.12	Aceptable	1.03	Supercrítico
CO-825	5.92	Superior al Rango	36.68	Normal	0.65	Capacidad Normal	1.11	Supercrítico
CO-826	5.92	Superior al Rango	33.16	Normal	0.70	Capacidad Normal	1.04	Supercrítico
CO-827	5.91	Superior al Rango	62.41	Alto Arrastre	0.43	Aceptable	1.60	Supercrítico
CO-623	9.62	Superior al Rango	686.89	Alto Arrastre	0.16	Aceptable	3.70	Supercrítico
CO-624(1)(1)	3.61	Aceptable	118.84	Alto Arrastre	0.59	Capacidad Normal	1.11	Supercrítico
CO-624(1)(2)	8.88	Superior al Rango	593.40	Alto Arrastre	0.17	Aceptable	3.36	Supercrítico
CO-824	2.77	Aceptable	107.53	Alto Arrastre	0.63	Capacidad Normal	1.04	Supercrítico
CO-622	4.46	Aceptable	3374.78	Alto Arrastre	0.11	Aceptable	11.58	Supercrítico
CO-711	1.09	Aceptable	8.76	Aceptable	0.65	Capacidad Normal	1.23	Supercrítico
CO-646	4.15	Aceptable	23.58	Normal	0.83	Capacidad Normal	0.97	Subcrítico
CO-707	2.55	Aceptable	12.99	Aceptable	0.60	Capacidad Normal	1.27	Supercrítico
CO-627	4.03	Aceptable	29.64	Normal	0.40	Aceptable	2.12	Supercrítico
CO-628	3.49	Aceptable	23.91	Normal	0.62	Capacidad Normal	1.71	Supercrítico
CO-629	4.09	Aceptable	32.50	Normal	0.59	Capacidad Normal	2.02	Supercrítico
CO-630	2.56	Aceptable	10.68	Aceptable	0.60	Capacidad Normal	0.77	Subcrítico
CO-763	3.96	Aceptable	36.37	Normal	0.45	Aceptable	1.53	Supercrítico
CO-764	5.97	Superior al Rango	81.49	Alto Arrastre	0.24	Aceptable	2.65	Supercrítico
CO-738	1.43	Aceptable	2.80	Aceptable	0.12	Aceptable	1.04	Supercrítico
CO-775	3.68	Aceptable	19.88	Normal	0.06	Aceptable	2.69	Supercrítico
CO-776	3.76	Aceptable	23.69	Normal	0.21	Aceptable	2.21	Supercrítico
CO-726	0	Baja	0.00	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.06	Subcrítico
CO-772	4.06	Aceptable	26.24	Normal	0.14	Aceptable	2.57	Supercrítico
CO-773	2.87	Aceptable	13.89	Aceptable	0.22	Aceptable	1.68	Supercrítico
CO-800	0.98	Aceptable	8.16	Aceptable	0.57	Capacidad Normal	1.23	Supercrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	ANÁLISIS VELOCIDAD	FUERZA TRACTIVA (τ (N/m ²))	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q ₀	ANÁLISIS DE CAPACIDAD	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO
CO-745	2.22	Aceptable	8.27	Aceptable	0.58	Capacidad Normal	1.23	Supercrítico
CO-670	5.01	Superior al Rango	41.76	Normal	0.20	Aceptable	2.95	Supercrítico
CO-671	5.59	Superior al Rango	57.87	Alto Arrastre	0.44	Aceptable	2.89	Supercrítico
CO-691	1.41	Aceptable	2.68	Aceptable	0.11	Aceptable	1.04	Supercrítico
CO-638	2.88	Aceptable	12.49	Aceptable	0.08	Aceptable	2.00	Supercrítico
CO-639	3.7	Aceptable	22.20	Normal	0.16	Aceptable	2.27	Supercrítico
CO-640	1.85	Aceptable	7.95	Aceptable	0.56	Capacidad Normal	0.84	Subcrítico
CO-688	5.31	Superior al Rango	55.39	Alto Arrastre	0.28	Aceptable	2.62	Supercrítico
CO-719	1.8	Aceptable	5.04	Aceptable	0.36	Aceptable	1.08	Supercrítico
CO-718	2.37	Aceptable	7.97	Aceptable	0.18	Aceptable	1.60	Supercrítico
CO-717	2.41	Aceptable	8.40	Aceptable	0.20	Aceptable	1.60	Supercrítico
CO-686	2.32	Aceptable	9.25	Aceptable	0.65	Capacidad Normal	1.26	Supercrítico
CO-648	3.51	Aceptable	21.97	Normal	0.34	Aceptable	1.90	Supercrítico
CO-649	3.87	Aceptable	26.17	Normal	0.29	Aceptable	2.14	Supercrítico
CO-650	3.51	Aceptable	21.89	Normal	0.34	Aceptable	1.89	Supercrítico
CO-790	5.02	Superior al Rango	46.54	Normal	0.44	Aceptable	2.59	Supercrítico
CO-791	6.39	Superior al Rango	87.68	Alto Arrastre	0.90	Capacidad Normal	2.99	Supercrítico
CO-802	1.01	Aceptable	8.59	Aceptable	0.58	Capacidad Normal	1.25	Supercrítico
CO-696	2.24	Aceptable	8.37	Aceptable	0.56	Capacidad Normal	1.25	Supercrítico
CO-762	3.51	Aceptable	19.99	Normal	0.16	Aceptable	2.16	Supercrítico
CO-748	3.32	Aceptable	16.84	Normal	0.31	Aceptable	2.04	Supercrítico
CO-760	3.29	Aceptable	20.99	Normal	0.57	Capacidad Normal	1.36	Supercrítico
CO-679	7	Superior al Rango	108.48	Alto Arrastre	0.47	Aceptable	2.61	Supercrítico
CO-680(1)	9.27	Superior al Rango	166.94	Alto Arrastre	0.52	Capacidad Normal	3.17	Supercrítico
CO-680(2)	11.91	Superior al Rango	179.01	Alto Arrastre	0.72	Capacidad Normal	3.03	Supercrítico
CO-765	0.37	Baja	4.32	Aceptable	0.21	Aceptable	1.13	Supercrítico
CO-761	2.35	Aceptable	16.11	Normal	0.74	Capacidad Normal	1.34	Supercrítico
CO-678	4.77	Aceptable	34.51	Normal	0.63	Capacidad Normal	1.37	Supercrítico
CO-714	1.58	Aceptable	3.51	Aceptable	0.15	Aceptable	1.10	Supercrítico
CO-692	0	Baja	0.00	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.08	Subcrítico
CO-724	2.45	Aceptable	8.62	Aceptable	0.19	Aceptable	1.63	Supercrítico
CO-729	1.63	Aceptable	3.74	Aceptable	0.16	Aceptable	1.12	Supercrítico
CO-661	3.07	Aceptable	13.17	Aceptable	0.04	Aceptable	2.50	Supercrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	ANÁLISIS VELOCIDAD	FUERZA TRACTIVA (τ (N/m ²))	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q ₀	ANÁLISIS DE CAPACIDAD	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO
CO-723	0	Baja	0.00	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.10	Subcrítico
CO-779	3.85	Aceptable	25.54	Normal	0.26	Aceptable	2.17	Supercrítico
CO-690	1.65	Aceptable	3.84	Aceptable	0.17	Aceptable	1.13	Supercrítico
CO-752	2.25	Aceptable	8.28	Aceptable	0.51	Capacidad Normal	1.27	Supercrítico
CO-700	2.32	Aceptable	8.97	Aceptable	0.57	Capacidad Normal	1.29	Supercrítico
CO-737	1.66	Aceptable	3.92	Aceptable	0.17	Aceptable	1.13	Supercrítico
CO-756	2.49	Aceptable	10.92	Aceptable	0.76	Capacidad Normal	1.33	Supercrítico
CO-685(1)	6.31	Superior al Rango	76.51	Alto Arrastre	0.54	Capacidad Normal	3.15	Supercrítico
CO-811	6.05	Superior al Rango	105.99	Alto Arrastre	0.59	Capacidad Normal	3.65	Supercrítico
CO-771	2.7	Aceptable	14.72	Aceptable	0.61	Capacidad Normal	1.35	Supercrítico
CO-766	4.33	Aceptable	33.21	Normal	0.33	Aceptable	2.35	Supercrítico
CO-746	2.57	Aceptable	12.03	Aceptable	0.86	Capacidad Máxima	1.35	Supercrítico
CO-755	2.28	Aceptable	8.54	Aceptable	0.52	Capacidad Normal	1.28	Supercrítico
CO-684	5.74	Superior al Rango	59.51	Alto Arrastre	0.37	Aceptable	3.04	Supercrítico
CO-720	0	Baja	0.00	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.05	Subcrítico
CO-805	2.25	Aceptable	8.21	Aceptable	0.49	Aceptable	1.28	Supercrítico
CO-794	3.41	Aceptable	20.43	Normal	0.30	Aceptable	1.88	Supercrítico
CO-795	4.8	Aceptable	41.91	Normal	0.39	Aceptable	2.54	Supercrítico
CO-725	1.58	Aceptable	3.49	Aceptable	0.14	Aceptable	1.12	Supercrítico
CO-715	2.29	Aceptable	8.63	Aceptable	0.52	Capacidad Normal	1.29	Supercrítico
CO-693	1.96	Aceptable	5.81	Aceptable	0.29	Aceptable	1.21	Supercrítico
CO-706	0.85	Aceptable	8.06	Aceptable	0.47	Aceptable	1.28	Supercrítico
CO-713	2.74	Aceptable	9.94	Aceptable	0.63	Capacidad Normal	1.32	Supercrítico
CO-721	2.37	Aceptable	9.37	Aceptable	0.58	Capacidad Normal	1.31	Supercrítico
CO-744	2.1	Aceptable	6.83	Aceptable	0.35	Aceptable	1.26	Supercrítico
CO-669	2.79	Aceptable	12.30	Aceptable	0.13	Aceptable	1.79	Supercrítico
CO-703	2.42	Aceptable	9.84	Aceptable	0.58	Capacidad Normal	1.34	Supercrítico
CO-633	2.1	Aceptable	8.38	Aceptable	0.52	Capacidad Normal	1.05	Supercrítico
CO-699	1.67	Aceptable	3.91	Aceptable	0.15	Aceptable	1.16	Supercrítico
CO-798	1.01	Aceptable	9.48	Aceptable	0.54	Capacidad	1.34	Supercrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	ANÁLISIS VELOCIDAD	FUERZA TRACTIVA (τ (N/m ²))	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q ₀	ANÁLISIS DE CAPACIDAD	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO
						Normal		
CO-695	0	Baja	0.00	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.11	Subcrítico
CO-801	1.03	Aceptable	9.73	Aceptable	0.55	Capacidad Normal	1.35	Supercrítico
CO-751	2.21	Aceptable	7.67	Aceptable	0.39	Aceptable	1.31	Supercrítico
CO-758	1.37	Aceptable	11.89	Aceptable	0.72	Capacidad Normal	1.40	Supercrítico
CO-736	1.82	Aceptable	5.15	Aceptable	0.36	Aceptable	1.09	Supercrítico
CO-778	3.72	Aceptable	20.57	Normal	0.07	Aceptable	2.65	Supercrítico
CO-697	1.8	Aceptable	4.62	Aceptable	0.18	Aceptable	1.22	Supercrítico
CO-687	2.76	Aceptable	10.83	Aceptable	0.17	Aceptable	1.88	Supercrítico
CO-709	1.86	Aceptable	4.98	Aceptable	0.20	Aceptable	1.24	Supercrítico
CO-642	2.86	Aceptable	11.88	Aceptable	0.06	Aceptable	2.12	Supercrítico
CO-643	1.03	Aceptable	6.07	Aceptable	0.77	Capacidad Normal	0.82	Subcrítico
CO-710	1.12	Aceptable	10.66	Aceptable	0.58	Capacidad Normal	1.40	Supercrítico
CO-741	2.77	Aceptable	13.78	Aceptable	0.83	Capacidad Normal	1.46	Supercrítico
CO-659	4.91	Máximo	48.90	Normal	0.72	Capacidad Normal	2.35	Supercrítico
CO-797	1.04	Aceptable	10.21	Aceptable	0.53	Capacidad Normal	1.40	Supercrítico
CO-799	1.1	Aceptable	10.62	Aceptable	0.56	Capacidad Normal	1.41	Supercrítico
CO-742	0.14	Baja	2.54	Aceptable	0.07	Aceptable	1.13	Supercrítico
CO-694	1.76	Aceptable	4.33	Aceptable	0.15	Aceptable	1.23	Supercrítico
CO-636	2.41	Aceptable	8.38	Aceptable	0.05	Aceptable	1.83	Supercrítico
CO-759	1.39	Aceptable	12.74	Aceptable	0.69	Capacidad Normal	1.46	Supercrítico
CO-722	2.47	Aceptable	9.89	Aceptable	0.48	Aceptable	1.41	Supercrítico
CO-730	2.77	Aceptable	10.63	Aceptable	0.14	Aceptable	1.96	Supercrítico
CO-787	2.87	Aceptable	12.24	Aceptable	0.07	Aceptable	2.05	Supercrítico
CO-750	2.51	Aceptable	10.31	Aceptable	0.50	Aceptable	1.43	Supercrítico
CO-733	0	Baja	0.00	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.08	Subcrítico
CO-704	0.74	Aceptable	8.65	Aceptable	0.36	Aceptable	1.41	Supercrítico
CO-708	2.29	Aceptable	7.45	Aceptable	0.18	Aceptable	1.55	Supercrítico
CO-749	2.44	Aceptable	8.46	Aceptable	0.18	Aceptable	1.65	Supercrítico
CO-740	2.39	Aceptable	8.80	Aceptable	0.33	Aceptable	1.45	Supercrítico
CO-667	2.87	Aceptable	14.20	Aceptable	0.26	Aceptable	1.62	Supercrítico
CO-668	3.86	Aceptable	24.36	Normal	0.17	Aceptable	2.34	Supercrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s)	ANÁLISIS VELOCIDAD	FUERZA TRACTIVA (τ (N/m ²))	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q_0	ANÁLISIS DE CAPACIDAD	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO
CO-658	5.54	Superior al Rango	54.19	Alto Arrastre	0.32	Aceptable	3.03	Supercrítico
CO-807	1.86	Aceptable	5.43	Aceptable	0.37	Aceptable	1.11	Supercrítico
CO-793	2.18	Aceptable	7.71	Aceptable	0.16	Aceptable	1.34	Supercrítico
CO-739	2.95	Aceptable	11.85	Aceptable	0.12	Aceptable	2.16	Supercrítico
CO-753	3.03	Aceptable	14.79	Aceptable	0.45	Aceptable	1.75	Supercrítico
CO-682	5.87	Superior al Rango	57.80	Alto Arrastre	0.21	Aceptable	3.43	Supercrítico
CO-683	5.6	Superior al Rango	52.97	Alto Arrastre	0.23	Aceptable	3.23	Supercrítico
CO-803	2.94	Aceptable	13.54	Aceptable	0.39	Aceptable	1.73	Supercrítico
CO-727	2.58	Aceptable	10.12	Aceptable	0.30	Aceptable	1.60	Supercrítico
CO-770	3.27	Aceptable	17.59	Normal	0.52	Capacidad Normal	1.84	Supercrítico
CO-768	4.87	Aceptable	43.04	Normal	0.38	Aceptable	2.57	Supercrítico
CO-810	3.25	Aceptable	16.49	Normal	0.37	Aceptable	1.94	Supercrítico
CO-769	4.13	Aceptable	26.09	Normal	0.32	Aceptable	2.52	Supercrítico
CO-767	4.59	Aceptable	33.82	Normal	0.15	Aceptable	2.86	Supercrítico
CO-728	4.47	Aceptable	31.00	Normal	0.35	Aceptable	2.68	Supercrítico
CO-804	4.29	Aceptable	27.34	Normal	0.25	Aceptable	2.74	Supercrítico
CO-817	6.47	Superior al Rango	83.43	Alto Arrastre	0.59	Capacidad Normal	3.23	Supercrítico
CO-816	5.07	Superior al Rango	53.90	Alto Arrastre	0.82	Capacidad Normal	2.39	Supercrítico
CO-743	3.81	Aceptable	19.83	Normal	0.12	Aceptable	2.78	Supercrítico
CO-754	4.69	Aceptable	31.32	Normal	0.17	Aceptable	3.21	Supercrítico

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.2.1 Descripción General

Para el sistema de alcantarillado pluvial del sector de Mochuelo Bajo, se proyecta el trazado de 3,479.1 metros de tubería en material de PVC, en diámetros de 8 y 12 pulgadas, en conjunto con un canal en concreto en el lado suroeste del sector Lagunitas, siguiendo la vía hasta la Carrera 18 F, llegando a su punto de descarga en una quebrada del Parque de Innovación Doña Juana. La longitud total del canal es de 311.7 metros, el cual será el encargado de transportar los aportes de aguas lluvias provenientes de este sector o de otros sectores que entreguen por efecto de escorrentía. El canal es propuesto debido a que la comunidad ha manifestado tener problemas de inundaciones en este punto en épocas de invierno. A continuación, se observa el registro fotográfico del punto inicial del canal Pluvial hasta el punto final del mismo (descarga en quebrada):

Figura 44 Trazado Pluvial Inicio Canal



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Figura 45 Trazado Pluvial Fina Canal



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

La totalidad de la red pluvial se encuentra dividida en cuatro (4) zonas de servicio. La primera zona de servicio se localiza en el barrio Paticos, para la cual se propone que la red Pluvial drene a un colector principal ubicado en la Vía principal que comunica a Mochuelo Bajo con El barrio San Rafael y con Mochuelo Alto (Carrera 18F). A continuación, se presenta de manera gráfica la alternativa pluvial convencional propuesta para el sector de Paticos:

Figura 46 Trazado Pluvial Projectado Sector Paticos



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Los colectores que se conectaran al colector pluvial principal, se enlistan en seguida, de manera descendente con respecto a la imagen mostrada anteriormente:

- Colector Secundario 1: Nace en la Calle 89 Sur con Carrera 18M, en sentido Este por la calle mencionada hasta llegar a la Calle 18F, en donde se encuentra el colector principal, con una longitud de 237.9 metros en diámetros de 8 y 12 pulgadas.
- Colector Secundario 2: Nace en la Calle 90 Sur con Carrera 18I, en sentido Este por la calle mencionada hasta llegar a la Calle 18F (colector Principal), con una longitud de 191.0 metros en diámetro de 12 pulgadas.
- Colector Secundario 3: Nace en la Calle 91 Sur con Carrera 18M, en sentido Este por la calle mencionada hasta llegar a la Calle 18F (Colector Principal) con una longitud de 213.5 metros en diámetro de 12 pulgadas.
- Colector Secundario 4: Nace en la Calle 91A Sur con Carrera 18M, en sentido Este por la calle mencionada hasta llegar a la Calle 18F (Colector Principal) con una longitud de 206.8 metros en diámetro de 12 pulgadas.
- Colector Secundario 5: Nace en la Calle 91A Bis Sur con Carrera 18M, en sentido Este por la calle mencionada hasta llegar a la Calle 18F (Colector Principal) con una longitud de 203.4 metros en diámetro de 12 pulgadas.
- Colector Secundario 6: Nace en la Calle 91B Sur con Carrera 18M, en sentido Este por la calle mencionada hasta llegar a la Calle 18F (Colector Principal) con una longitud de 200.4 metros en diámetro 12 pulgadas.
- Colector Secundario 7: Nace en la Calle 91B bis Sur con Carrera 18M, en sentido Este por la calle mencionada hasta llegar a la Calle 18F (Colector Principal) con una longitud de 200.6 metros en diámetro de 12 pulgadas.
- Colector Secundario 8: Nace en la Calle 91C Sur con Carrera 18H, en sentido Este por la calle mencionada hasta llegar a la Calle 18F (Colector Principal) con una longitud de 93.5 metros en diámetro de 12 pulgadas.
- Colector Secundario 9: Nace en la Calle 92 Sur con Carrera 18H, en sentido Este por la calle mencionada hasta llegar a la Calle 18F (Colector Principal) con una longitud de 93.6 metros en diámetro de 12 pulgadas.
- Colector Secundario 10: Nace en la Calle 92 Bis Sur con Carrera 18H, en sentido Este por la calle mencionada hasta llegar a la Calle 18F (Colector Principal) con una longitud de 86.3 metros en diámetro de 12 pulgadas.

Es importante mencionar que los últimos tres colectores mencionados (8, 9 y 10) se encuentra conectados por medio de un colector que se encuentra en la Carrera 18H, tal como se puede observar en la imagen mostrada anteriormente.

La segunda zona de servicio se localiza en el barrio Lagunitas, el cual cuenta con un (1) colector principal y un colector secundario. El colector principal nace en la esquina de la Transversal 98 N con Diagonal 93b Sur, tomando la transversal en sentido norte hasta llegar a la Carrera 18P que posteriormente se convierte en la Diagonal 91C Sur, en donde posteriormente se dirige en sentido este hasta llegar a la Transversal 18H, cambiando su trazado en sentido Sur hasta llegar a la Calle 93A Sur en donde se dirige hasta llegar a la Carrera 18F, para finalizar su recorrido en la Calle 94 Sur, en donde se encuentra la quebrada del Relleno Sanitario de Doña Juana, siendo el cuerpo superficial receptor. El colector secundario nace en la Diagonal 93B Sur, dirigiéndose por la misma en sentido Este hasta encontrarse con el colector principal en la Carrera 18F. En la siguiente imagen se observa su respectivo registro fotográfico y localización de la red pluvial (línea Roja):

Figura 47 Trazado Pluvial Projectado Sector Lagunitas



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

La tercera zona de Servicio se localiza en el barrio La Esmeralda, el cual cuenta con un único colector principal, el cual nace en la Calle 91A Bis Sur en sentido Este, dirigiéndose por el mismo sentido hasta encontrarse con la Calle 91B Sur, en donde conserva el mismo sentido hasta llegar a su descarga "O-11". En la siguiente imagen se observa su respectivo registro fotográfico y localización de la red pluvial (línea Roja):

Figura 48 Trazado Pluvial Projectado Sector La Esmeralda



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Finalmente, la cuarta zona de servicio se localiza en el barrio Barranquitos, el cual cuenta con dos (2) colectores principales, los cuales confluyen antes de su descarga. El primer colector nace en la Calle 94 Sur con Transversal 18C, tomando toda la calle mencionada en sentido Este hasta encontrarse con el segundo colector principal, el cual nace en la Carrera 18 A con Calle 92 Bis Sur, tomando toda la carrera en sentido Sur hasta el punto de descarga proyectado en la descarga "O-12". En la siguiente imagen se observa su respectivo registro fotográfico y localización de la red pluvial (línea roja):

Figura 49 Trazado Pluvial Projectado Sector Barranquitos



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.2.2 Componentes del sistema

11.2.2.1 Diseño de Sumideros

Los sumideros son estructuras importantes porque permiten la recolección de la escorrentía producida en la superficie de las áreas de drenaje y conducirlas al sistema de alcantarillado propuesto. La consultoría proyecta la construcción de nuevos sumideros, tipo rejilla, que contarán con las condiciones físicas e hidráulicas para asegurar el correcto funcionamiento del sistema. Teniendo en cuenta los caudales calculados, la consultoría propone 2 tipos de sumideros, transversales (ST – 1) y laterales, teniendo en cuenta los diseños tipo de estas estructuras, establecidos en la norma NS-047 de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

Para realizar el cálculo de la separación entre sumideros y su ubicación, los parámetros a tener en cuenta son los siguientes

- Características del pavimento: rugosidad, sección transversal y geometría longitudinal.
- Datos de la lluvia de diseño: intensidad, duración y frecuencia de la tormenta de diseño.
- Pendiente longitudinal: lugares donde existan cambios en la pendiente longitudinal.
- Características del sumidero: tipo, tamaño y configuración.
- Caudales adicionales: caudales discretos en aquellos lugares donde existan caudales adicionales puntuales.

11.2.2.1.1.1 Dimensiones de sumideros

Teniendo en cuenta los parámetros mencionados anteriormente, se procede a realizar el dimensionamiento de las rejillas de los sumideros las cuales serán tipo Rejilla especial de alto impacto de polipropileno de 0.835 m x 0.455 m - transversal. A continuación, se muestran las dimensiones calculadas:

Tabla 44 Dimensiones Rejillas

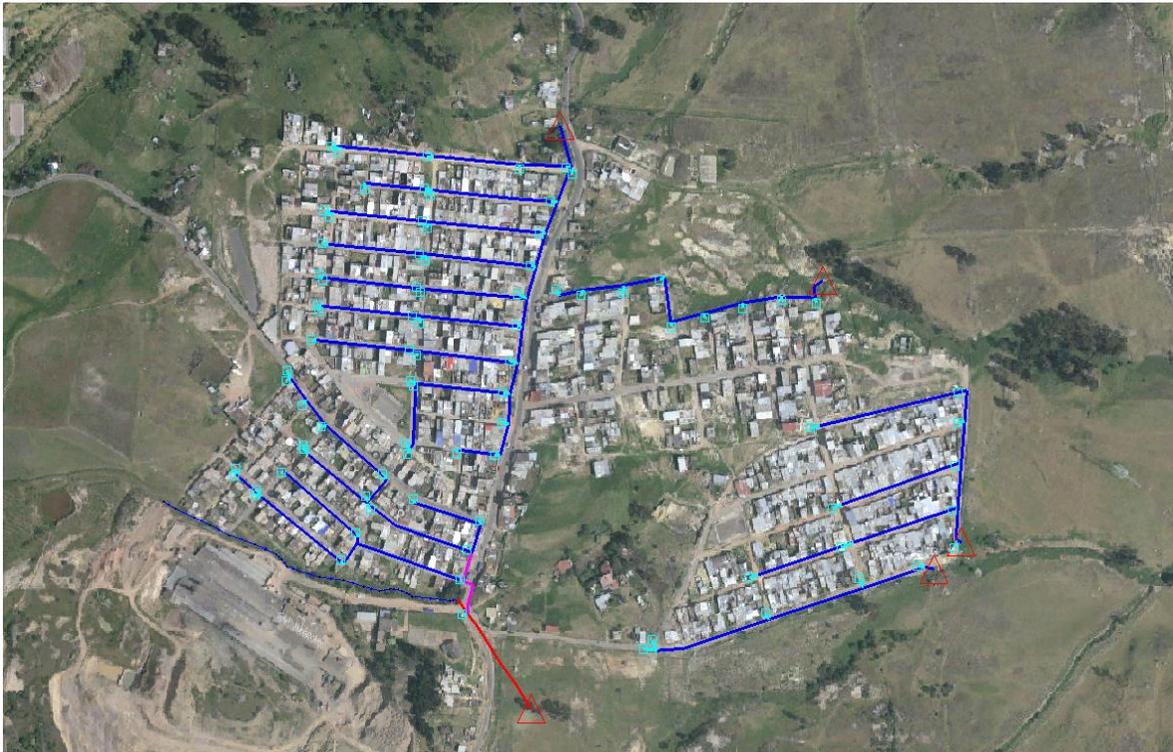
Nº	Ancho Inundación vía "T" (m)	Profundidad de flujo "d" (m)	Ubicación	Tipo de sumidero	Factor de obstrucción rejilla	Eficiencia Rejilla	# de rejillas
CB-10	0.99	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.72	2
CB-13	0.64	0.01	Punto bajo	Rejilla	0.02	1.00	1
CB-14	1.00	0.02	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.67	3
CB-15	0.68	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-17	0.79	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.96	2
CB-19	0.79	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-20	1.79	0.04	Pendiente	Rejilla	0.02	0.51	2
CB-21	0.68	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-23	1.07	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.70	2
CB-24	0.75	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-25	0.90	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.85	2
CB-26	0.78	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-27	1.06	0.02	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.69	3
CB-28	1.33	0.03	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.66	3
CB-29	0.75	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-30	0.77	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-31	1.15	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-32	0.77	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.90	2
CB-33	0.69	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	0.97	2
CB-34	0.73	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	0.93	2
CB-36	0.70	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	0.93	2
CB-38	0.56	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-39	0.93	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-40	0.63	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-42	0.63	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-43	0.74	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	0.96	2
CB-44	0.58	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-45	0.75	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-46	0.58	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-48	0.66	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-50	0.90	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-51	1.35	0.03	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-52	0.76	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-53	0.81	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.72	2
CB-54	1.18	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.55	2
CB-55	1.22	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.53	2
CB-56	0.54	0.01	Punto bajo	Rejilla	0.02	1.00	1
CB-57	0.85	0.02	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.82	2
CB-58	0.86	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.75	2
CB-59	1.14	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.78	2

Nº	Ancho Inundación vía "T" (m)	Profundidad de flujo "d" (m)	Ubicación	Tipo de sumidero	Factor de obstrucción rejilla	Eficiencia Rejilla	# de rejillas
CB-6	1.04	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.93	2
CB-60	1.32	0.03	Pendiente	Rejilla	0.02	0.60	2
CB-61	0.75	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.82	2
CB-62	2.54	0.05	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-63	1.15	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-64	1.08	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.74	2
CB-65	1.04	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.91	2
CB-66	1.28	0.03	Pendiente	Rejilla	0.02	0.80	2
CB-67	1.03	0.02	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.50	5
CB-68	0.93	0.02	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.59	4
CB-69	1.06	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.73	2
CB-7	0.53	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-70	1.48	0.03	Pendiente	Rejilla	0.02	0.71	2
CB-71	1.09	0.02	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.69	3
CB-72	1.11	0.02	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.61	3
CB-73	1.15	0.02	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.62	3
CB-74	1.58	0.03	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.41	7
CB-75	1.35	0.03	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.44	6
CB-76	1.22	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.49	3
CB-77	1.05	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.57	2
CB-78	0.97	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.57	2
CB-79	1.02	0.02	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.69	3
CB-8	0.94	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-80	1.04	0.02	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.73	2
CB-81	1.09	0.02	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.70	3
CB-82	1.05	0.02	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.73	3
CB-83	1.00	0.02	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.71	3
CB-84	0.98	0.02	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.68	3
CB-85	1.01	0.02	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.71	3
CB-86	1.05	0.02	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.73	2
CB-87	0.96	0.02	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.76	2
CB-88	0.70	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	0.77	2
CB-89	0.93	0.02	Punto bajo	Rejilla	0.02	0.64	3
SUM 4	0.78	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.98	2
SUM 5	1.21	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.74	2
SUM1	0.97	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.69	2
SUM2	0.71	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
SUM3	1.04	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.81	2
CB-9	0.71	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-16	0.74	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	0.91	2
CB-35	0.79	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	0.99	2

Nº	Ancho Inundación vía "T" (m)	Profundidad de flujo "d" (m)	Ubicación	Tipo de sumidero	Factor de obstrucción rejilla	Eficiencia Rejilla	# de rejillas
CB-37	0.94	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-41	0.76	0.02	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-47	0.70	0.01	Pendiente	Rejilla	0.02	1.00	2
CB-90	1.71	0.03	Pendiente	Rejilla	0.02	0.30	4

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Figura 50 Localización Sumideros



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

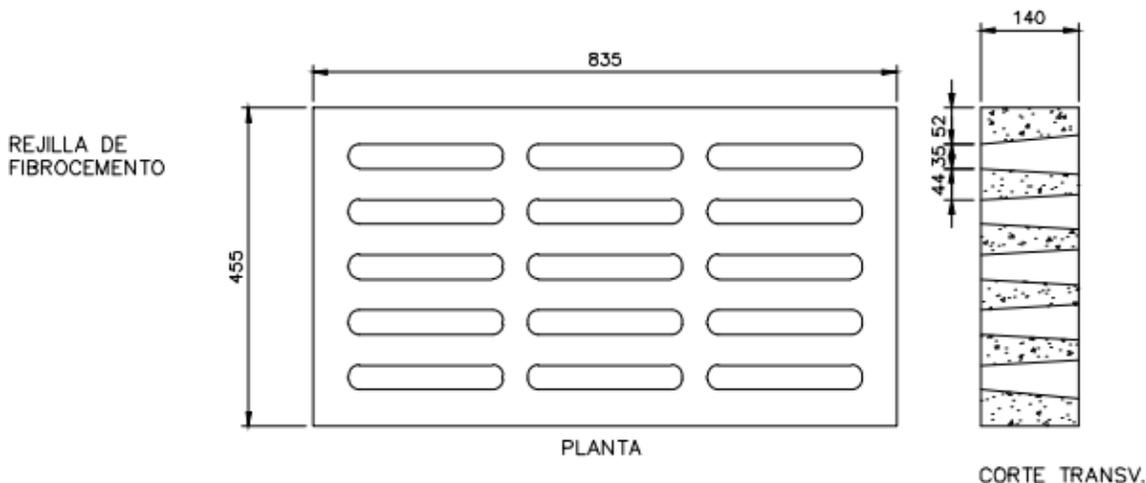
11.2.2.1.2 Tipo de Sumideros

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el dimensionamiento de las rejillas y capacidad de los sumideros, se opta por tipificar las estructuras propuestas, a continuación, se describe cada uno de los tipos de sumidero propuestos teniendo en cuenta la norma técnica NS-047 V 6.0 de la EAAB.

11.2.2.1.2.1 Sumidero de rejilla lateral

La rejilla que se propone para los sumideros de este tipo proyectados es la rejilla de 45.5 x 83.5 cm para sumidero, establecida en la Norma Técnica para Rejillas y Tapas para Sumideros NP-023 V 5.0 de la EAAB. A continuación, se muestra el esquema de dicha rejilla.

Figura 51 Rejilla de 45.5 x 83.5cm para sumidero



Fuente: (EAAB, 2020)

A continuación, se muestra la localización e identificación de los sumideros de este tipo para el sector de Mochuelo Bajo.

Tabla 45 Localización Sumideros Tipo Rejilla Lateral

SUMIDERO	COORD. ESTE (m)	COORD. NORTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)	COTA BATEA (m.s.n.m.)
CB-15	92,048.11	90,191.86	2,899.84	1.65	2,898.19
CB-16	92,070.41	90,213.90	2,896.67	1.65	2,895.02
CB-17	92,069.40	90,217.96	2,896.38	1.65	2,894.73
CB-54	92,192.01	90,496.21	2,870.71	1.65	2,869.06
CB-57	92,335.55	90,478.96	2,856.25	1.65	2,854.60
CB-58	92,320.26	90,367.96	2,864.65	1.65	2,863.00
CB-61	92,421.98	90,377.58	2,850.76	1.65	2,849.11

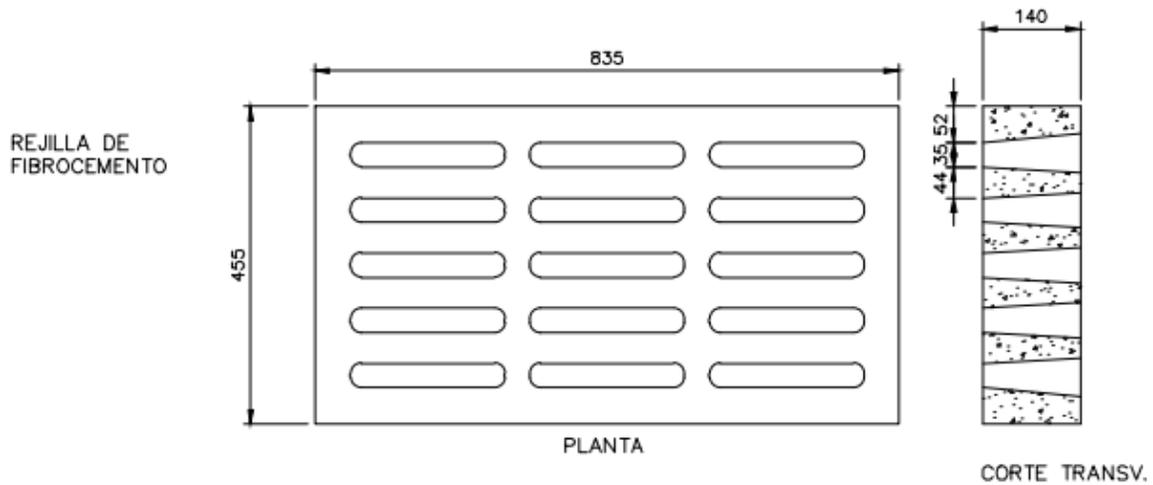
Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.2.2.1.2.2 Sumidero de rejilla transversal

Consisten en cajas transversales a la vía y a todo ancho de esta, cubiertas con rejillas. Su mayor inconveniente es el daño frecuente por el peso de los vehículos y la capacidad de desperdicios que reducen su área de captación de flujo. Se utilizan en casos en que se requiera captar gran cantidad de flujo antes de que llegue a rodar por la vía.

La rejilla que se propone para los sumideros de este tipo proyectados es la rejilla de 45.5 x 83.5 cm para sumidero, establecida en la Norma Técnica para Rejillas y Tapas para Sumideros NP-023 V 5.0 de la EAAB. A continuación, se muestra el esquema de dicha rejilla.

Figura 52 Rejilla de 45.5 x 83.5cm para sumidero



Fuente: (EAAB, 2020)

A continuación, se muestra la localización e identificación de los sumideros de este tipo para el sector de Mochuelo Bajo.

Tabla 46 Localización Sumideros Tipo Rejilla Transversal

SUMIDERO	COORD. ESTE (m)	COORD. NORTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)	COTA BATEA (m.s.n.m.)
SUM1	92,175.56	90,280.32	2,883.70	1.70	2,882.00
SUM2	92,178.24	90,274.85	2,883.79	1.70	2,882.09
SUM 5	92,170.75	90,220.58	2,887.26	1.70	2,885.56
SUM 4	92,172.37	90,209.72	2,887.63	1.70	2,885.93
SUM3	92,148.33	90,190.92	2,890.42	1.70	2,888.72
CB-6	92,001.84	90,189.02	2,904.80	1.70	2,903.10
CB-7	92,003.57	90,195.56	2,904.77	1.70	2,903.07
CB-8	92,023.15	90,169.79	2,902.41	1.70	2,900.71
CB-9	92,023.71	90,174.94	2,901.96	1.70	2,900.26
CB-10	92,107.12	90,107.36	2,893.35	1.70	2,891.65
CB-13	92,224.60	90,088.91	2,881.97	1.70	2,880.27
CB-14	92,244.15	90,146.17	2,881.97	1.70	2,880.27
CB-19	92,087.06	90,235.97	2,895.10	1.70	2,893.40
CB-20	92,054.17	90,289.89	2,897.64	1.70	2,895.94
CB-21	92,052.90	90,280.27	2,897.65	1.70	2,895.95
CB-23	92,122.06	90,133.96	2,892.61	1.70	2,890.91
CB-24	92,136.47	90,156.06	2,890.34	1.70	2,888.64
CB-25	92,132.00	90,169.13	2,890.51	1.70	2,888.81
CB-26	92,178.65	90,166.82	2,888.76	1.70	2,887.06
CB-27	92,231.21	90,117.80	2,883.18	1.70	2,881.48
CB-28	92,226.88	90,055.56	2,881.68	1.70	2,879.98
CB-29	92,068.63	90,256.63	2,895.83	1.70	2,894.13
CB-30	92,174.86	90,310.38	2,883.32	1.70	2,881.62
CB-31	92,182.13	90,304.33	2,883.06	1.70	2,881.36
CB-32	92,177.81	90,342.26	2,878.55	1.70	2,876.85
CB-33	92,185.06	90,335.45	2,878.82	1.70	2,877.12
CB-34	92,181.31	90,370.38	2,876.03	1.70	2,874.33

SUMIDERO	COORD. ESTE (m)	COORD. NORTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)	COTA BATEA (m.s.n.m.)
CB-35	92,185.39	90,365.66	2,875.83	1.70	2,874.13
CB-36	92,184.97	90,401.84	2,875.21	1.70	2,873.51
CB-37	92,190.83	90,395.67	2,874.58	1.70	2,872.88
CB-38	92,187.60	90,433.77	2,873.83	1.70	2,872.13
CB-39	92,192.49	90,427.50	2,873.14	1.70	2,871.44
CB-40	92,189.70	90,464.89	2,872.47	1.70	2,870.77
CB-41	92,195.13	90,458.32	2,871.59	1.70	2,869.89
CB-42	92,130.41	90,464.27	2,881.64	1.70	2,879.94
CB-43	92,078.14	90,319.62	2,892.33	1.70	2,890.63
CB-44	92,083.77	90,352.82	2,890.07	1.70	2,888.37
CB-45	92,085.87	90,347.23	2,889.83	1.70	2,888.13
CB-46	92,085.76	90,382.86	2,888.64	1.70	2,886.94
CB-47	92,089.09	90,377.20	2,888.24	1.70	2,886.54
CB-48	92,088.39	90,412.09	2,888.81	1.70	2,887.11
CB-50	92,090.58	90,443.32	2,888.63	1.70	2,886.93
CB-51	92,096.27	90,437.95	2,888.27	1.70	2,886.57
CB-52	92,097.49	90,505.96	2,878.11	1.70	2,876.41
CB-53	92,103.94	90,501.00	2,877.46	1.70	2,875.76
CB-55	92,283.56	90,484.01	2,858.56	1.70	2,856.86
CB-56	92,329.32	90,485.38	2,855.30	1.70	2,853.60
CB-59	92,344.79	90,362.34	2,861.56	1.70	2,859.86
CB-60	92,385.87	90,364.27	2,855.68	1.70	2,853.98
CB-62	92,433.81	90,332.15	2,850.85	1.70	2,849.15
CB-63	92,466.58	90,340.43	2,846.73	1.70	2,845.03
CB-64	92,504.40	90,349.88	2,840.60	1.70	2,838.90
CB-65	92,542.04	90,357.15	2,837.37	1.70	2,835.67
CB-66	92,576.91	90,354.74	2,833.32	1.70	2,831.62
CB-67	92,414.52	90,031.00	2,856.61	1.70	2,854.91
CB-68	92,406.18	90,022.30	2,858.31	1.70	2,856.61
CB-69	92,526.81	90,056.67	2,836.16	1.70	2,834.46
CB-70	92,619.40	90,089.66	2,823.38	1.70	2,821.68
CB-71	92,713.07	90,119.31	2,811.21	1.70	2,809.51
CB-72	92,711.36	90,155.70	2,814.10	1.70	2,812.40
CB-73	92,714.53	90,199.00	2,819.13	1.70	2,817.43
CB-74	92,716.84	90,239.52	2,822.30	1.70	2,820.60
CB-75	92,717.35	90,269.08	2,823.24	1.70	2,821.54
CB-76	92,592.94	90,157.21	2,830.02	1.70	2,828.32
CB-77	92,601.08	90,119.93	2,825.45	1.70	2,823.75
CB-78	92,510.56	90,090.74	2,839.81	1.70	2,838.11
CB-79	92,314.43	90,453.17	2,860.39	1.70	2,858.69
CB-80	92,303.48	90,421.34	2,865.00	1.70	2,863.30
CB-81	92,294.73	90,390.79	2,867.00	1.70	2,865.30
CB-82	92,281.86	90,363.28	2,868.23	1.70	2,866.53
CB-83	92,280.83	90,333.11	2,869.28	1.70	2,867.58
CB-84	92,273.61	90,299.26	2,872.39	1.70	2,870.69
CB-85	92,267.28	90,268.77	2,875.72	1.70	2,874.02
CB-86	92,265.84	90,239.87	2,878.50	1.70	2,876.80
CB-87	92,258.88	90,208.71	2,879.68	1.70	2,877.98
CB-88	92,221.84	90,210.63	2,883.01	1.70	2,881.31
CB-89	92,676.93	90,101.66	2,815.39	1.70	2,813.69
CB-90	92,570.53	90,234.68	2,834.54	1.70	2,832.84
CB-69	92,175.56	90,280.32	2,883.70	1.70	2,882.00

SUMIDERO	COORD. ESTE (m)	COORD. NORTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)	COTA BATEA (m.s.n.m.)
CB-70	92,178.24	90,274.85	2,883.79	1.70	2,882.09
CB-71	92,170.75	90,220.58	2,887.26	1.70	2,885.56
CB-72	92,172.37	90,209.72	2,887.63	1.70	2,885.93
CB-73	92,148.33	90,190.92	2,890.42	1.70	2,888.72
CB-74	92,001.84	90,189.02	2,904.80	1.70	2,903.10
CB-75	92,003.57	90,195.56	2,904.77	1.70	2,903.07
CB-76	92,023.15	90,169.79	2,902.41	1.70	2,900.71
CB-77	92,023.71	90,174.94	2,901.96	1.70	2,900.26
CB-78	92,107.12	90,107.36	2,893.35	1.70	2,891.65
CB-79	92,224.60	90,088.91	2,881.97	1.70	2,880.27
CB-80	92,244.15	90,146.17	2,881.97	1.70	2,880.27
CB-81	92,087.06	90,235.97	2,895.10	1.70	2,893.40
CB-82	92,054.17	90,289.89	2,897.64	1.70	2,895.94
CB-83	92,052.90	90,280.27	2,897.65	1.70	2,895.95
CB-84	92,122.06	90,133.96	2,892.61	1.70	2,890.91
CB-85	92,136.47	90,156.06	2,890.34	1.70	2,888.64
CB-86	92,132.00	90,169.13	2,890.51	1.70	2,888.81
CB-87	92,178.65	90,166.82	2,888.76	1.70	2,887.06
CB-88	92,231.21	90,117.80	2,883.18	1.70	2,881.48
CB-89	92,226.88	90,055.56	2,881.68	1.70	2,879.98
CB-90	92,068.63	90,256.63	2,895.83	1.70	2,894.13

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

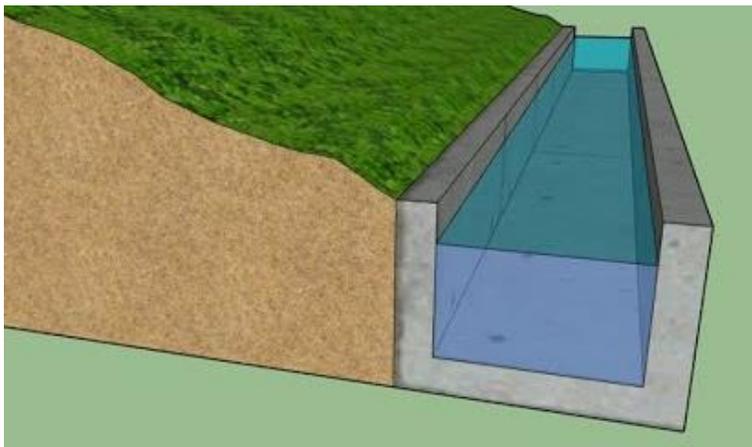
11.2.2.2 Diseño Canales Abiertos

Según el reglamento técnico en agua y saneamiento básico, los canales que se utilizan para conducir las aguas de escorrentía provenientes de las aguas lluvias deben ser canales abiertos. Los canales no son permitidos para recolección y evacuación de aguas residuales. En los casos en que sea necesario proyectar un canal cuya sección sea cerrada, debe cumplirse la condición de flujo a superficie libre.

La sección del canal puede tener cualquier forma, es decir, pueden utilizarse canales prismáticos o no prismáticos, dependiendo de las consideraciones específicas, siempre y cuando se justifique su utilización y se usen las ecuaciones hidráulicas adecuadas. En lo posible, los canales deben diseñarse de tal forma que funcionen como un sistema a gravedad, ajustando las cotas de fondo, pendientes y secciones respectivas. En caso contrario, deben tomarse las medidas necesarias y adecuadas para solucionar el problema, siendo estas debidamente justificadas.

Teniendo en cuenta de las características de la zona, y las problemáticas identificadas en el sector de lagunitas, decide realizar el diseño de un canal abierto para el transporte de las aguas lluvias de dicha zona. La sección elegida fue una sección de canal rectangular y sus dimensiones dependen del caudal a transportar, a continuación, se muestra un esquema de los canales proyectados, la información completa puede ser consultada en los planos de diseño y en la memoria hidráulica de cálculo de canales, la cual se entrega adjunta.

Figura 53 Esquema Canal Rectangular



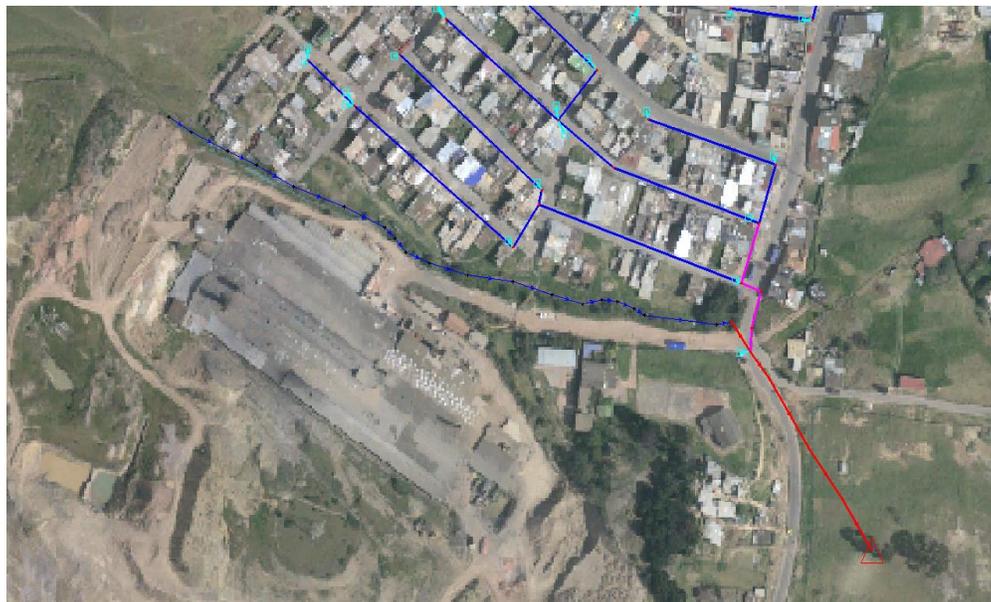
Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Para realizar el cálculo del dimensionamiento de los canales necesarios, se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- Datos de la lluvia de diseño.
- Velocidades en los canales de drenaje
- Pendiente longitudinal: lugares donde existan cambios en la pendiente longitudinal.
- Características del canal: tipo, tamaño y configuración.

A continuación, se muestra el trazado de los canales propuestos.

Figura 54 Trazado Canal Abierto Propuesto



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.2.2.3 Diseño Tramos de Alcantarillado

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, respecto al cálculo de caudales aferentes, diseño y espaciamiento entre sumideros se procede a el diseño de los tramos de alcantarillado pluvial.

Teniendo en cuenta los parámetros hidráulicos de diseño, se realiza el planteamiento de las redes de alcantarillado pluvial, en la siguiente tabla se muestran los caudales aferentes a los tramos pluviales de tubería propuestos para el sector de Mochuelo Bajo.

Tabla 47 Caudales Tramos Pluviales

TRAMO	POZO INICIAL	POZO FINAL	CAUDAL MAXIMO TRANSPORTADO Q (l/s)
CO-747	CB-61	MH-139	23.08
CO-672	MH-139	MH-140	182.68
CO-673	MH-140	MH-141	227.9
CO-674	MH-141	MH-142	250.29
CO-675	MH-142	MH-143	299.02
CO-676	MH-143	MH-144	334.08
CO-677(1)	MH-144	MH-154	378
CO-677(2)	MH-154	O-11	377.62
CO-734	CB-46	MH-131	25.68
CO-781	MH-131	MH-121	25.66
CO-782	MH-121	MH-163	77.78
CO-783	MH-163	MH-162	684.62
CO-780	MH-162	MH-161	812.09
CO-777	MH-161	MH-160	922.21
CO-774	MH-160	MH-127	1020.82
CO-660	MH-127	O-10	1253.88
CO-731	CB-45	MH-130	16.63
CO-784	MH-130	MH-120	29.66
CO-785	MH-120	MH-164	79.92
CO-786	MH-164	MH-163	561.48
CO-757	CB-71	MH-148	52.72
CO-681	MH-148	O-12	919.02
CO-732	CB-44	MH-130	13.07
CO-716	CB-31	MH-119	24.92
CO-788	MH-119	MH-165	71.24
CO-789	MH-165	MH-164	433.41
CO-712	CB-13	MH-114	10.32
CO-825	MH-114	MH-194	588.2
CO-826	MH-194	MH-195	587.66
CO-827	MH-195	MH-92	586.78
CO-623	MH-92	MH-93	4055.74
CO-624(1)(1)	MH-93	MH-179	4052.32
CO-624(1)(2)	MH-179	MH-177	4030.34
CO-824	MH-177	O-9	4023.77
CO-622	MH-91	MH-92	3487.69

TRAMO	POZO INICIAL	POZO FINAL	CAUDAL MAXIMO TRANSPORTADO Q (l/s)
CO-711	CB-27	MH-113	55.47
CO-646	MH-113	MH-114	412.43
CO-707	CB-20	MH-96	93.29
CO-627	MH-96	MH-97	107.63
CO-628	MH-97	MH-98	129.14
CO-629	MH-98	MH-99	145.86
CO-630	MH-99	MH-100	186.89
CO-763	MH-100	MH-155	288.73
CO-764	MH-155	MH-113	287.42
CO-738	CB-50	MH-133	10.65
CO-775	MH-133	MH-123	26.27
CO-776	MH-123	MH-161	63.4
CO-726	CB-41	MH-124	0
CO-772	MH-124	MH-159	50.26
CO-773	MH-159	MH-160	49.75
CO-800	CB-82	MH-163	49.42
CO-745	CB-59	MH-137	50.33
CO-670	MH-137	MH-138	83.01
CO-671	MH-138	MH-139	160.49
CO-691	CB-7	MH-107	9.79
CO-638	MH-107	MH-108	25
CO-639	MH-108	MH-109	51.69
CO-640	MH-109	MH-103	101.77
CO-688	MH-103	MH-114	169.27
CO-719	CB-32	MH-120	28.73
CO-718	CB-33	MH-120	22.75
CO-717	CB-30	MH-119	25.29
CO-686	SUM 5	MH-115	57.43
CO-648	MH-115	MH-116	83.53
CO-649	MH-116	MH-117	83.46
CO-650	MH-117	MH-118	83.16
CO-790	MH-118	MH-166	143.88
CO-791	MH-166	MH-165	316.48
CO-802	CB-84	MH-165	51.11
CO-696	CB-17	MH-104	49.24
CO-762	MH-104	MH-100	49.13
CO-748	CB-62	MH-140	47.83

TRAMO	POZO INICIAL	POZO FINAL	CAUDAL MAXIMO TRANSPORTADO Q (l/s)
CO-760	CB-74	MH-146	166.88
CO-679	MH-146	MH-147	510.94
CO-680(1)	MH-147	MH-153	676.55
CO-680(2)	MH-153	MH-148	868.72
CO-765	CB-24	MH-100	18.74
CO-761	CB-75	MH-145	119.15
CO-678	MH-145	MH-146	348.16
CO-714	SUM2	MH-118	13.74
CO-692	CB-9	MH-108	0
CO-724	CB-39	MH-123	25.09
CO-729	CB-42	MH-128	14.84
CO-661	MH-128	MH-124	14.82
CO-723	CB-37	MH-122	0
CO-779	MH-122	MH-162	76.64
CO-690	CB-6	MH-107	15.26
CO-752	CB-66	MH-144	46.29
CO-700	CB-10	MH-109	51.89
CO-737	CB-51	MH-133	15.68
CO-756	CB-70	MH-152	68.68
CO-685(1)	MH-152	MH-172	213
CO-811	MH-172	O-14	263.24
CO-771	CB-76	MH-156	100.39
CO-766	MH-156	MH-147	100.22
CO-746	CB-60	MH-138	78.57
CO-755	CB-69	MH-151	47.69
CO-684	MH-151	MH-152	146.94
CO-720	CB-35	MH-121	0
CO-805	CB-87	MH-168	44.67
CO-794	MH-168	MH-169	74.4
CO-795	MH-169	MH-166	125.82
CO-725	CB-38	MH-123	12.97
CO-715	SUM1	MH-118	47.94

TRAMO	POZO INICIAL	POZO FINAL	CAUDAL MAXIMO TRANSPORTADO Q (l/s)
CO-693	CB-8	MH-108	27.02
CO-706	SUM3	MH-99	43.23
CO-713	CB-28	MH-92	58.46
CO-721	CB-34	MH-121	53.36
CO-744	CB-58	MH-136	33.14
CO-669	MH-136	MH-137	33.1
CO-703	CB-23	MH-102	55.07
CO-633	MH-102	MH-103	68.64
CO-699	CB-21	MH-96	14.5
CO-798	CB-80	MH-161	51.21
CO-695	CB-16	MH-104	0
CO-801	CB-83	MH-164	52.41
CO-751	CB-65	MH-143	37.13
CO-758	CB-72	MH-153	69.55
CO-736	CB-48	MH-132	29.25
CO-778	MH-132	MH-122	29.21
CO-697	CB-19	MH-98	17.45
CO-687	SUM 4	MH-115	26.23
CO-709	CB-26	MH-111	19.26
CO-642	MH-111	MH-112	19.24
CO-643	MH-112	MH-113	75.11
CO-710	CB-14	MH-112	56.83
CO-741	CB-55	MH-126	81.86
CO-659	MH-126	MH-127	204.69
CO-797	CB-79	MH-160	52.85
CO-799	CB-81	MH-162	55.55
CO-742	CB-56	MH-127	6.96
CO-694	CB-15	MH-105	14.99
CO-636	MH-105	MH-102	14.98
CO-759	CB-73	MH-147	70.21

TRAMO	POZO INICIAL	POZO FINAL	CAUDAL MAXIMO TRANSPORTADO Q (l/s)
CO-722	CB-36	MH-122	48.51
CO-730	CB-43	MH-129	22.33
CO-787	MH-129	MH-119	22.31
CO-750	CB-64	MH-142	50.81
CO-733	CB-47	MH-131	0
CO-704	CB-25	MH-100	37.52
CO-708	CB-29	MH-97	21.95
CO-749	CB-63	MH-141	23.56
CO-740	CB-53	MH-134	35.82
CO-667	MH-134	MH-135	56.87
CO-668	MH-135	MH-125	56.58
CO-658	MH-125	MH-126	125.58
CO-807	CB-88	MH-167	30.51
CO-793	MH-167	MH-168	30.49
CO-739	CB-52	MH-134	21.11
CO-753	CB-67	MH-149	57.13
CO-682	MH-149	MH-150	100.81
CO-683	MH-150	MH-151	100.58
CO-803	CB-85	MH-166	49.58
CO-727	CB-40	MH-124	36.05
CO-770	CB-77	MH-158	68.37
CO-768	MH-158	MH-153	127.32
CO-810	CB-89	MH-172	52.63
CO-769	CB-78	MH-157	60.45
CO-767	MH-157	MH-158	60.39
CO-728	CB-54	MH-125	70.49
CO-804	CB-86	MH-169	52.53
CO-817	CB-90	MH-180	234.35
CO-816	MH-180	MH-145	234.18
CO-743	CB-57	MH-127	27.72
CO-754	CB-68	MH-149	43.86

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Para el diseño de las redes que componen el alcantarillado pluvial. En la siguiente tabla se muestra las coordenadas y cotas de los pozos del alcantarillado Pluvial proyectados, para el sector de Mochuelo Bajo.

Tabla 48 Pozos Pluviales Mochuelo Bajo

POZO	COORD. ESTE (m)	COORD. NORTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)	COTA BATEA (m.s.n.m.)
MH-91	92,221.89	90,067.12	2,882.07	2.77	2,879.30
MH-92	92,234.31	90,054.07	2,880.98	2.48	2,878.50
MH-93	92,253.01	90,032.34	2,878.48	2.48	2,876.00
MH-96	92,057.40	90,282.87	2,897.24	1.5	2,895.74
MH-97	92,072.95	90,261.47	2,895.78	1.7	2,894.08
MH-98	92,092.62	90,237.03	2,894.61	1.7	2,892.91
MH-99	92,152.90	90,185.39	2,890.54	1.79	2,888.75
MH-100	92,132.96	90,162.36	2,890.43	1.88	2,888.55
MH-102	92,124.46	90,130.26	2,892.50	1.5	2,891.00
MH-103	92,123.04	90,123.58	2,892.77	1.87	2,890.90
MH-104	92,074.97	90,209.06	2,896.12	1.7	2,894.42
MH-105	92,051.20	90,192.67	2,899.56	1.5	2,898.06
MH-107	92,003.82	90,189.92	2,904.48	1.7	2,902.78
MH-108	92,027.75	90,169.11	2,901.99	1.7	2,900.29
MH-109	92,109.80	90,103.95	2,892.90	1.8	2,891.10
MH-111	92,179.55	90,162.80	2,888.88	1.85	2,887.03
MH-112	92,245.40	90,141.95	2,881.90	1.5	2,880.40
MH-113	92,236.85	90,115.03	2,882.43	2.26	2,880.17
MH-114	92,227.69	90,087.51	2,881.78	1.88	2,879.90
MH-115	92,175.44	90,214.88	2,887.22	1.7	2,885.52
MH-116	92,178.67	90,219.20	2,886.74	1.5	2,885.24
MH-117	92,179.83	90,247.88	2,884.79	1.5	2,883.29
MH-118	92,181.25	90,277.51	2,883.45	1.7	2,881.75
MH-119	92,182.53	90,308.69	2,882.64	1.5	2,881.14
MH-120	92,186.21	90,342.30	2,878.01	1.22	2,876.79
MH-121	92,188.59	90,368.45	2,875.37	2.18	2,873.19
MH-122	92,192.28	90,402.08	2,874.16	1.3	2,872.86
MH-123	92,195.20	90,433.07	2,872.97	1.54	2,871.43
MH-124	92,197.44	90,463.57	2,871.16	1.45	2,869.71
MH-125	92,198.86	90,496.30	2,869.68	1.5	2,868.18
MH-126	92,283.86	90,488.02	2,858.42	1.7	2,856.72
MH-127	92,334.45	90,486.86	2,854.76	1.5	2,853.26
MH-128	92,131.16	90,470.38	2,880.97	1.39	2,879.58
MH-129	92,082.64	90,319.13	2,891.55	1.78	2,889.77
MH-130	92,087.11	90,352.06	2,889.57	1.7	2,887.87
MH-131	92,088.69	90,379.47	2,888.19	2.99	2,885.20
MH-132	92,094.44	90,411.55	2,888.21	1.31	2,886.90
MH-133	92,096.84	90,443.11	2,888.13	1.7	2,886.43
MH-134	92,103.07	90,505.75	2,877.46	2	2,875.46
MH-135	92,133.18	90,503.32	2,875.75	1.5	2,874.25
MH-136	92,322.73	90,362.34	2,864.35	2.1	2,862.25
MH-137	92,346.04	90,367.43	2,861.79	2.09	2,859.70
MH-138	92,386.60	90,371.98	2,855.73	1.73	2,854.00
MH-139	92,426.98	90,379.90	2,850.39	1.1	2,849.29
MH-140	92,432.95	90,336.63	2,850.81	1.8	2,849.01

POZO	COORD. ESTE (m)	COORD. NORTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)	COTA BATEA (m.s.n.m.)
MH-141	92,465.82	90,345.10	2,846.43	1.8	2,844.63
MH-142	92,503.79	90,354.99	2,840.58	1.7	2,838.88
MH-143	92,542.13	90,361.02	2,836.66	1.5	2,835.16
MH-144	92,575.71	90,359.81	2,833.15	1.7	2,831.45
MH-145	92,725.70	90,270.97	2,822.81	1.7	2,821.11
MH-146	92,723.42	90,241.22	2,822.38	1.88	2,820.50
MH-147	92,720.14	90,201.86	2,819.20	1.8	2,817.40
MH-148	92,714.82	90,127.00	2,811.27	1.82	2,809.45
MH-149	92,418.99	90,020.50	2,855.40	1.5	2,853.90
MH-150	92,445.99	90,022.46	2,850.34	1.5	2,848.84
MH-151	92,529.53	90,050.39	2,837.04	2.64	2,834.40
MH-152	92,623.41	90,080.56	2,822.97	1.5	2,821.47
MH-153	92,716.65	90,158.00	2,814.34	1.9	2,812.44
MH-154	92,574.58	90,370.79	2,832.13	1.5	2,830.63
MH-155	92,161.56	90,140.63	2,889.08	1.5	2,887.58
MH-156	92,601.64	90,160.99	2,829.00	1.5	2,827.50
MH-157	92,519.28	90,093.24	2,838.10	1.5	2,836.60
MH-158	92,613.73	90,124.63	2,824.00	1.5	2,822.50
MH-159	92,281.23	90,455.18	2,861.38	1.5	2,859.88
MH-160	92,321.29	90,452.44	2,859.59	1.5	2,858.09
MH-161	92,309.32	90,422.24	2,864.28	1.8	2,862.48
MH-162	92,300.05	90,389.82	2,866.79	1.7	2,865.09
MH-163	92,291.08	90,359.37	2,867.59	1.5	2,866.09
MH-164	92,286.54	90,332.06	2,868.56	1.5	2,867.06
MH-165	92,282.01	90,297.06	2,871.43	1.5	2,869.93
MH-166	92,274.23	90,267.58	2,874.64	1.5	2,873.14
MH-167	92,222.03	90,213.82	2,882.88	3.18	2,879.70
MH-168	92,264.39	90,208.44	2,879.22	1.82	2,877.40
MH-169	92,272.96	90,238.84	2,877.24	1.5	2,875.74
MH-172	92,683.82	90,100.76	2,814.38	1.18	2,813.19
MH-177	92,424.80	90,014.82	2,854.08	2.08	2,852.00
MH-178	92,448.57	90,015.48	2,850.78	1.78	2,849.00
MH-179	92,314.80	90,025.05	2,872.83	2	2,870.83
MH-180	92,580.30	90,236.76	2,832.89	1.5	2,831.39

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Para el diseño de las redes que componen el alcantarillado pluvial. En la siguiente tabla se muestra las coordenadas y cotas de los sumideros y secciones de canal para el sector de Mochuelo Bajo.

Tabla 49 Sumideros Mochuelo Bajo

POZO	COORD. ESTE (m)	COORD. NORTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m.)	PROFUNDIDAD (m)	COTA BATEA (m.s.n.m.)	TIPO DE ESTRUCTURA
SUM1	92,175.56	90,280.32	2,883.70	1.70	2,882.00	Sumidero
SUM2	92,178.24	90,274.85	2,883.79	1.70	2,882.09	Sumidero
SUM 5	92,170.75	90,220.58	2,887.26	1.70	2,885.56	Sumidero
SUM 4	92,172.37	90,209.72	2,887.63	1.70	2,885.93	Sumidero
SUM3	92,148.33	90,190.92	2,890.42	1.70	2,888.72	Sumidero
CB-6	92,001.84	90,189.02	2,904.80	1.70	2,903.10	Sumidero
CB-7	92,003.57	90,195.56	2,904.77	1.70	2,903.07	Sumidero
CB-8	92,023.15	90,169.79	2,902.41	1.70	2,900.71	Sumidero

POZO	COORD. ESTE (m)	COORD. NORTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m.)	PROFUNDIDA D (m)	COTA BATEA (m.s.n.m.)	TIPO DE ESTRUCTURA
CB-9	92,023.71	90,174.94	2,901.96	1.70	2,900.26	Sumidero
CB-10	92,107.12	90,107.36	2,893.35	1.70	2,891.65	Sumidero
CB-13	92,224.60	90,088.91	2,881.97	1.70	2,880.27	Sumidero
CB-14	92,244.15	90,146.17	2,881.97	1.70	2,880.27	Sumidero
CB-15	92,048.11	90,191.86	2,899.84	1.65	2,898.19	Sumidero
CB-16	92,070.41	90,213.90	2,896.67	1.65	2,895.02	Sumidero
CB-17	92,069.40	90,217.96	2,896.38	1.65	2,894.73	Sumidero
CB-19	92,087.06	90,235.97	2,895.10	1.70	2,893.40	Sumidero
CB-20	92,054.17	90,289.89	2,897.64	1.70	2,895.94	Sumidero
CB-21	92,052.90	90,280.27	2,897.65	1.70	2,895.95	Sumidero
CB-23	92,122.06	90,133.96	2,892.61	1.70	2,890.91	Sumidero
CB-24	92,136.47	90,156.06	2,890.34	1.70	2,888.64	Sumidero
CB-25	92,132.00	90,169.13	2,890.51	1.70	2,888.81	Sumidero
CB-26	92,178.65	90,166.82	2,888.76	1.70	2,887.06	Sumidero
CB-27	92,231.21	90,117.80	2,883.18	1.70	2,881.48	Sumidero
CB-28	92,226.88	90,055.56	2,881.68	1.70	2,879.98	Sumidero
CB-29	92,068.63	90,256.63	2,895.83	1.70	2,894.13	Sumidero
CB-30	92,174.86	90,310.38	2,883.32	1.70	2,881.62	Sumidero
CB-31	92,182.13	90,304.33	2,883.06	1.70	2,881.36	Sumidero
CB-32	92,177.81	90,342.26	2,878.55	1.70	2,876.85	Sumidero
CB-33	92,185.06	90,335.45	2,878.82	1.70	2,877.12	Sumidero
CB-34	92,181.31	90,370.38	2,876.03	1.70	2,874.33	Sumidero
CB-35	92,185.39	90,365.66	2,875.83	1.70	2,874.13	Sumidero
CB-36	92,184.97	90,401.84	2,875.21	1.70	2,873.51	Sumidero
CB-37	92,190.83	90,395.67	2,874.58	1.70	2,872.88	Sumidero
CB-38	92,187.60	90,433.77	2,873.83	1.70	2,872.13	Sumidero
CB-39	92,192.49	90,427.50	2,873.14	1.70	2,871.44	Sumidero
CB-40	92,189.70	90,464.89	2,872.47	1.70	2,870.77	Sumidero
CB-41	92,195.13	90,458.32	2,871.59	1.70	2,869.89	Sumidero
CB-42	92,130.41	90,464.27	2,881.64	1.70	2,879.94	Sumidero
CB-43	92,078.14	90,319.62	2,892.33	1.70	2,890.63	Sumidero
CB-44	92,083.77	90,352.82	2,890.07	1.70	2,888.37	Sumidero
CB-45	92,085.87	90,347.23	2,889.83	1.70	2,888.13	Sumidero
CB-46	92,085.76	90,382.86	2,888.64	1.70	2,886.94	Sumidero
CB-47	92,089.09	90,377.20	2,888.24	1.70	2,886.54	Sumidero
CB-48	92,088.39	90,412.09	2,888.81	1.70	2,887.11	Sumidero
CB-50	92,090.58	90,443.32	2,888.63	1.70	2,886.93	Sumidero
CB-51	92,096.27	90,437.95	2,888.27	1.70	2,886.57	Sumidero
CB-52	92,097.49	90,505.96	2,878.11	1.70	2,876.41	Sumidero
CB-53	92,103.94	90,501.00	2,877.46	1.70	2,875.76	Sumidero
CB-54	92,192.01	90,496.21	2,870.71	1.65	2,869.06	Sumidero
CB-55	92,283.56	90,484.01	2,858.56	1.70	2,856.86	Sumidero
CB-56	92,329.32	90,485.38	2,855.30	1.70	2,853.60	Sumidero
CB-57	92,335.55	90,478.96	2,856.25	1.65	2,854.60	Sumidero
CB-58	92,320.26	90,367.96	2,864.65	1.65	2,863.00	Sumidero
CB-59	92,344.79	90,362.34	2,861.56	1.70	2,859.86	Sumidero
CB-60	92,385.87	90,364.27	2,855.68	1.70	2,853.98	Sumidero
CB-61	92,421.98	90,377.58	2,850.76	1.65	2,849.11	Sumidero
CB-62	92,433.81	90,332.15	2,850.85	1.70	2,849.15	Sumidero
CB-63	92,466.58	90,340.43	2,846.73	1.70	2,845.03	Sumidero

POZO	COORD. ESTE (m)	COORD. NORTE (m)	ELEVACIÓN (m.s.n.m.)	PROFUNDIDA D (m)	COTA BATEA (m.s.n.m.)	TIPO DE ESTRUCTURA
CB-64	92,504.40	90,349.88	2,840.60	1.70	2,838.90	Sumidero
CB-65	92,542.04	90,357.15	2,837.37	1.70	2,835.67	Sumidero
CB-66	92,576.91	90,354.74	2,833.32	1.70	2,831.62	Sumidero
CB-67	92,414.52	90,031.00	2,856.61	1.70	2,854.91	Sumidero
CB-68	92,406.18	90,022.30	2,858.31	1.70	2,856.61	Sumidero
CB-69	92,526.81	90,056.67	2,836.16	1.70	2,834.46	Sumidero
CB-70	92,619.40	90,089.66	2,823.38	1.70	2,821.68	Sumidero
CB-71	92,713.07	90,119.31	2,811.21	1.70	2,809.51	Sumidero
CB-72	92,711.36	90,155.70	2,814.10	1.70	2,812.40	Sumidero
CB-73	92,714.53	90,199.00	2,819.13	1.70	2,817.43	Sumidero
CB-74	92,716.84	90,239.52	2,822.30	1.70	2,820.60	Sumidero
CB-75	92,717.35	90,269.08	2,823.24	1.70	2,821.54	Sumidero
CB-76	92,592.94	90,157.21	2,830.02	1.70	2,828.32	Sumidero
CB-77	92,601.08	90,119.93	2,825.45	1.70	2,823.75	Sumidero
CB-78	92,510.56	90,090.74	2,839.81	1.70	2,838.11	Sumidero
CB-79	92,314.43	90,453.17	2,860.39	1.70	2,858.69	Sumidero
CB-80	92,303.48	90,421.34	2,865.00	1.70	2,863.30	Sumidero
CB-81	92,294.73	90,390.79	2,867.00	1.70	2,865.30	Sumidero
CB-82	92,281.86	90,363.28	2,868.23	1.70	2,866.53	Sumidero
CB-83	92,280.83	90,333.11	2,869.28	1.70	2,867.58	Sumidero
CB-84	92,273.61	90,299.26	2,872.39	1.70	2,870.69	Sumidero
CB-85	92,267.28	90,268.77	2,875.72	1.70	2,874.02	Sumidero
CB-86	92,265.84	90,239.87	2,878.50	1.70	2,876.80	Sumidero
CB-87	92,258.88	90,208.71	2,879.68	1.70	2,877.98	Sumidero
CB-88	92,221.84	90,210.63	2,883.01	1.70	2,881.31	Sumidero
CB-89	92,676.93	90,101.66	2,815.39	1.70	2,813.69	Sumidero
CB-90	92,570.53	90,234.68	2,834.54	1.70	2,832.84	Sumidero
CS-1	91,931.91	90,163.97	2,911.00	1.5	2,909.50	Sección Canal
CS-2	91,943.46	90,157.02	2,908.00	1.5	2,906.50	Sección Canal
CS-3	91,962.36	90,148.21	2,907.00	1.5	2,905.50	Sección Canal
CS-4	91,977.34	90,141.74	2,905.10	1.5	2,903.60	Sección Canal
CS-5	91,996.47	90,131.82	2,902.52	1.5	2,901.02	Sección Canal
CS-6	92,022.60	90,122.63	2,900.10	1.5	2,898.60	Sección Canal
CS-7	92,043.49	90,113.10	2,897.87	1.5	2,896.37	Sección Canal
CS-8	92,048.73	90,108.23	2,896.99	1.5	2,895.49	Sección Canal
CS-9	92,054.43	90,101.70	2,896.95	1.5	2,895.45	Sección Canal
CS-10	92,066.35	90,096.81	2,895.48	1.5	2,893.98	Sección Canal
CS-11	92,086.35	90,091.18	2,893.65	1.5	2,892.15	Sección Canal
CS-12	92,109.79	90,088.17	2,892.12	1.5	2,890.62	Sección Canal
CS-13	92,215.06	90,068.44	2,882.48	1.5	2,880.98	Sección Canal
CS-14	92,129.69	90,082.19	2,888.73	1.5	2,887.23	Sección Canal
CS-15	92,145.76	90,077.89	2,887.00	1.5	2,885.50	Sección Canal
CS-16	92,155.62	90,079.75	2,887.49	2	2,885.49	Sección Canal
CS-17	92,163.53	90,079.14	2,886.65	1.5	2,885.15	Sección Canal
CS-18	92,172.24	90,075.81	2,886.08	1.5	2,884.58	Sección Canal
CS-19	92,177.74	90,072.62	2,885.03	1.5	2,883.53	Sección Canal

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

A continuación, se muestra los tramos, pozo inicial, pozo final, longitud en metros, pendiente %, y diámetro en pulgadas para el sistema propuesto para Mochuelo Bajo.

Tabla 50 Características Físicas Tramos Pluviales Mochuelo Bajo

TRAMO	POZO INICIAL	POZO FINAL	LONGIT UD (m)	PENDIE NTE (%)	DIÁMETRO NOMINAL (in)	MATERIA L	COTA TERREN O INICIAL	COTA TERREN O FINAL
CO-747	CB-61	MH-139	5.5	1.087	10	PVC	2850.76	2850.39
CO-672	MH-139	MH-140	43.7	0.641	12	PVC	2850.39	2850.81
CO-673	MH-140	MH-141	33.9	12.905	12	PVC	2850.81	2846.43
CO-674	MH-141	MH-142	39.2	14.652	12	PVC	2846.43	2840.58
CO-675	MH-142	MH-143	38.8	9.586	12	PVC	2840.58	2836.66
CO-676	MH-143	MH-144	33.6	11.04	12	PVC	2836.66	2833.15
CO-677(1)	MH-144	MH-154	11	7.43	12	PVC	2833.15	2832.13
CO-677(2)	MH-154	O-11	10.4	17.803	12	PVC	2832.13	2830.78
CO-734	CB-46	MH-131	4.5	7.579	10	PVC	2888.64	2888.19
CO-781	MH-131	MH-121	100.5	10.447	12	PVC	2888.19	2875.37
CO-782	MH-121	MH-163	102.9	6.901	12	PVC	2875.37	2867.59
CO-783	MH-163	MH-162	31.7	3.15	12	PVC	2867.59	2866.79
CO-780	MH-162	MH-161	33.7	7.74	12	PVC	2866.79	2864.28
CO-777	MH-161	MH-160	32.5	13.514	12	PVC	2864.28	2859.59
CO-774	MH-160	MH-127	36.9	13.107	12	PVC	2859.59	2854.76
CO-660	MH-127	O-10	40.3	12.04	12	PVC	2854.76	2850.41
CO-731	CB-45	MH-130	5	2.007	10	PVC	2889.83	2889.57
CO-784	MH-130	MH-120	99.6	11.127	12	PVC	2889.57	2878.01
CO-785	MH-120	MH-164	100.9	9.648	12	PVC	2878.01	2868.56
CO-786	MH-164	MH-163	27.7	3.504	12	PVC	2868.56	2867.59
CO-757	CB-71	MH-148	7.9	2.028	10	PVC	2811.21	2811.27
CO-681	MH-148	O-12	5.5	7.758	12	PVC	2811.27	2810.02
CO-732	CB-44	MH-130	3.4	2.044	10	PVC	2890.07	2889.57
CO-716	CB-31	MH-119	4.4	6.611	10	PVC	2883.06	2882.64
CO-788	MH-119	MH-165	100.2	11.193	12	PVC	2882.64	2871.43
CO-789	MH-165	MH-164	35.3	8.132	12	PVC	2871.43	2868.56
CO-712	CB-13	MH-114	3.4	2.06	10	PVC	2881.97	2881.78
CO-825	MH-114	MH-194	10.8	1.204	14	PVC	2,881.78	2,881.27
CO-826	MH-194	MH-195	17.4	1.033	14	PVC	2,881.27	2,881.29
CO-827	MH-195	MH-92	11	2.721	14	PVC	2,881.29	2,881.29
CO-623	MH-92	MH-93	16	12.515	36	PVC	2,881.29	2,879.29
CO-624(1)(1)	MH-93	MH-179	38.5	0.857	36	PVC	2,879.29	2,878.96
CO-624(1)(2)	MH-179	MH-177	28.3	10.073	36	PVC	2,878.96	2,876.11
CO-824	MH-177	O-9	28.3	0.741	36	PVC	2,876.11	2,875.80
CO-622	MH-91	MH-92	16.7	1.675	36	PVC	2,881.57	2,881.29
					14			
CO-711	CB-27	MH-113	6.3	2.069	10	PVC	2883.18	2882.43
CO-646	MH-113	MH-114	29	0.931	14	PVC	2882.43	2881.78
CO-707	CB-20	MH-96	7.7	2.07	10	PVC	2897.64	2897.24
CO-627	MH-96	MH-97	26.4	6.278	12	PVC	2897.24	2895.78
CO-628	MH-97	MH-98	31.4	3.729	12	PVC	2895.78	2894.61

TRAMO	POZO INICIAL	POZO FINAL	LONGITUD (m)	PENDIENTE (%)	DIÁMETRO NOMINAL (in)	MATERIAL	COTA TERRENO INICIAL	COTA TERRENO FINAL
CO-629	MH-98	MH-99	79.4	5.241	12	PVC	2894.61	2890.54
CO-630	MH-99	MH-100	30.5	0.657	12	PVC	2890.54	2890.43
CO-763	MH-100	MH-155	35.9	2.7	12	PVC	2890.43	2889.08
CO-764	MH-155	MH-113	79.5	9.319	12	PVC	2889.08	2882.43
CO-738	CB-50	MH-133	6.3	2.076	10	PVC	2888.63	2888.13
CO-775	MH-133	MH-123	98.9	15.171	12	PVC	2888.13	2872.97
CO-776	MH-123	MH-161	114.6	7.808	12	PVC	2872.97	2864.28
CO-726	CB-41	MH-124	5.7	2.093	10	PVC	2871.59	2871.16
CO-772	MH-124	MH-159	84.2	11.673	12	PVC	2871.16	2861.38
CO-773	MH-159	MH-160	40.1	4.459	12	PVC	2861.38	2859.59
CO-800	CB-82	MH-163	10	2.097	10	PVC	2868.23	2867.59
CO-745	CB-59	MH-137	5.2	2.1	10	PVC	2861.56	2861.79
CO-670	MH-137	MH-138	40.8	13.964	12	PVC	2861.79	2855.73
CO-671	MH-138	MH-139	41.2	11.446	12	PVC	2855.73	2850.39
CO-691	CB-7	MH-107	5.7	2.123	10	PVC	2904.77	2904.48
CO-638	MH-107	MH-108	31.7	7.852	12	PVC	2904.48	2901.99
CO-639	MH-108	MH-109	104.8	8.771	12	PVC	2901.99	2892.9
CO-640	MH-109	MH-103	23.7	0.845	12	PVC	2892.9	2892.77
CO-688	MH-103	MH-114	110.7	9.594	12	PVC	2892.77	2881.78
CO-719	CB-32	MH-120	8.4	1.786	10	PVC	2878.55	2878.01
CO-718	CB-33	MH-120	6.9	4.605	10	PVC	2878.82	2878.01
CO-717	CB-30	MH-119	7.8	4.459	10	PVC	2883.32	2882.64
CO-686	SUM 5	MH-115	7.4	2.168	10	PVC	2887.26	2887.22
CO-648	MH-115	MH-116	5.4	5.195	12	PVC	2887.22	2886.74
CO-649	MH-116	MH-117	28.7	6.794	12	PVC	2886.74	2884.79
CO-650	MH-117	MH-118	29.7	5.191	12	PVC	2884.79	2883.45
CO-790	MH-118	MH-166	93.5	9.207	12	PVC	2883.45	2874.64
CO-791	MH-166	MH-165	30.5	10.528	12	PVC	2874.64	2871.43
CO-802	CB-84	MH-165	8.7	2.189	10	PVC	2872.39	2871.43
CO-696	CB-17	MH-104	10.5	2.19	10	PVC	2896.38	2896.12
CO-762	MH-104	MH-100	74.5	7.884	12	PVC	2896.12	2890.43
CO-748	CB-62	MH-140	4.6	6.58	10	PVC	2850.85	2850.81
CO-760	CB-74	MH-146	6.8	2.209	10	PVC	2822.3	2822.38
CO-679	MH-146	MH-147	39.5	7.85	12	PVC	2822.38	2819.2
CO-680(1)	MH-147	MH-153	44	11.274	12	PVC	2819.2	2814.34
CO-680(2)	MH-153	MH-148	31.1	9.628	12	PVC	2814.34	2811.27

TRAMO	POZO INICIAL	POZO FINAL	LONGITUD (m)	PENDIENTE (%)	DIÁMETRO NOMINAL (in)	MATERIAL	COTA TERRENO INICIAL	COTA TERRENO FINAL
CO-765	CB-24	MH-100	7.2	2.217	10	PVC	2890.34	2890.43
CO-761	CB-75	MH-145	8.6	2.219	10	PVC	2823.24	2822.81
CO-678	MH-145	MH-146	29.8	2.044	12	PVC	2822.81	2822.38
CO-714	SUM2	MH-118	4	2.242	10	PVC	2883.79	2883.45
CO-692	CB-9	MH-108	7.1	2.96	10	PVC	2901.96	2901.99
CO-724	CB-39	MH-123	6.2	4.677	10	PVC	2873.14	2872.97
CO-729	CB-42	MH-128	6.2	2.272	10	PVC	2881.64	2880.97
CO-661	MH-128	MH-124	66.6	14.812	12	PVC	2880.97	2871.16
CO-723	CB-37	MH-122	6.6	4.87	10	PVC	2874.58	2874.16
CO-779	MH-122	MH-162	108.5	7.164	12	PVC	2874.16	2866.79
CO-690	CB-6	MH-107	2.2	2.297	10	PVC	2904.8	2904.48
CO-752	CB-66	MH-144	5.2	2.302	10	PVC	2833.32	2833.15
CO-700	CB-10	MH-109	4.3	2.305	10	PVC	2893.35	2892.9
CO-737	CB-51	MH-133	5.2	2.308	10	PVC	2888.27	2888.13
CO-756	CB-70	MH-152	9.9	2.312	10	PVC	2823.38	2822.97
CO-685(1)	MH-152	MH-172	63.7	13	12	PVC	2822.97	2814.38
CO-811	MH-172	O-14	9.6	17.102	12	0	2814.38	2812.55
CO-771	CB-76	MH-156	9.5	2.318	10	PVC	2830.02	2829
CO-766	MH-156	MH-147	125.3	8.058	12	PVC	2829	2819.2
CO-746	CB-60	MH-138	7.7	2.326	10	PVC	2855.68	2855.73
CO-755	CB-69	MH-151	6.8	2.337	10	PVC	2836.16	2837.04
CO-684	MH-151	MH-152	98.6	13.112	12	PVC	2837.04	2822.97
CO-720	CB-35	MH-121	4.2	1.413	10	PVC	2875.83	2875.37
CO-805	CB-87	MH-168	5.5	2.356	10	PVC	2879.68	2879.22
CO-794	MH-168	MH-169	31.6	5.255	12	PVC	2879.22	2877.24
CO-795	MH-169	MH-166	28.8	9.039	12	PVC	2877.24	2874.64
CO-725	CB-38	MH-123	7.6	2.357	10	PVC	2873.83	2872.97
CO-715	SUM1	MH-118	6.3	2.363	10	PVC	2883.7	2883.45
CO-693	CB-8	MH-108	4.7	2.364	10	PVC	2902.41	2901.99
CO-706	SUM3	MH-99	7.2	2.371	10	PVC	2890.42	2890.54

TRAMO	POZO INICIAL	POZO FINAL	LONGITUD (m)	PENDIENTE (%)	DIÁMETRO NOMINAL (in)	MATERIAL	COTA TERRENO INICIAL	COTA TERRENO FINAL
CO-713	CB-28	MH-92	7.6	2.376	10	PVC	2881.68	2880.98
CO-721	CB-34	MH-121	7.5	2.39	10	PVC	2876.03	2875.37
CO-744	CB-58	MH-136	6.1	2.443	10	PVC	2864.65	2864.35
CO-669	MH-136	MH-137	23.9	5.702	12	PVC	2864.35	2861.79
CO-703	CB-23	MH-102	4.4	2.493	10	PVC	2892.61	2892.5
CO-633	MH-102	MH-103	6.8	1.465	12	PVC	2892.5	2892.77
CO-699	CB-21	MH-96	5.2	2.499	10	PVC	2897.65	2897.24
CO-798	CB-80	MH-161	5.9	2.54	10	PVC	2865	2864.28
CO-695	CB-16	MH-104	6.6	6.322	10	PVC	2896.67	2896.12
CO-801	CB-83	MH-164	5.8	2.582	10	PVC	2869.28	2868.56
CO-751	CB-65	MH-143	3.9	2.584	10	PVC	2837.37	2836.66
CO-758	CB-72	MH-153	5.8	2.601	10	PVC	2814.1	2814.34
CO-736	CB-48	MH-132	6.1	1.811	10	PVC	2888.81	2888.21
CO-778	MH-132	MH-122	98.3	14.283	12	PVC	2888.21	2874.16
CO-697	CB-19	MH-98	5.7	2.649	10	PVC	2895.1	2894.61
CO-687	SUM 4	MH-115	6	6.327	10	PVC	2887.63	2887.22
CO-709	CB-26	MH-111	4.1	2.672	10	PVC	2888.76	2888.88
CO-642	MH-111	MH-112	69.1	9.599	12	PVC	2888.88	2881.9
CO-643	MH-112	MH-113	28.2	0.814	12	PVC	2881.9	2882.43
CO-710	CB-14	MH-112	4.4	2.723	10	PVC	2881.97	2881.9
CO-741	CB-55	MH-126	4	2.741	10	PVC	2858.56	2858.42
CO-659	MH-126	MH-127	50.6	6.838	12	PVC	2858.42	2854.76
CO-797	CB-79	MH-160	6.9	2.755	10	PVC	2860.39	2859.59
CO-799	CB-81	MH-162	5.4	2.776	10	PVC	2867	2866.79
CO-742	CB-56	MH-127	5.3	2.808	10	PVC	2855.3	2854.76
CO-694	CB-15	MH-105	3.2	2.817	10	PVC	2899.84	2899.56
CO-636	MH-105	MH-102	96.2	7.335	12	PVC	2899.56	2892.5
CO-759	CB-73	MH-147	6.3	2.86	10	PVC	2819.13	2819.2

TRAMO	POZO INICIAL	POZO FINAL	LONGITUD (m)	PENDIENTE (%)	DIÁMETRO NOMINAL (in)	MATERIAL	COTA TERRENO INICIAL	COTA TERRENO FINAL
CO-722	CB-36	MH-122	7.3	2.87	10	PVC	2875.21	2874.16
CO-730	CB-43	MH-129	4.5	7.292	10	PVC	2892.33	2891.55
CO-787	MH-129	MH-119	100.4	8.593	12	PVC	2891.55	2882.64
CO-750	CB-64	MH-142	5.1	2.914	10	PVC	2840.6	2840.58
CO-733	CB-47	MH-131	2.3	3.041	10	PVC	2888.24	2888.19
CO-704	CB-25	MH-100	6.8	3.071	10	PVC	2890.51	2890.43
CO-708	CB-29	MH-97	6.5	4.315	10	PVC	2895.83	2895.78
CO-749	CB-63	MH-141	4.7	4.862	10	PVC	2846.73	2846.43
CO-740	CB-53	MH-134	4.8	3.31	10	PVC	2877.46	2877.46
CO-667	MH-134	MH-135	30.2	4.005	12	PVC	2877.46	2875.75
CO-668	MH-135	MH-125	66	9.19	12	PVC	2875.75	2869.68
CO-658	MH-125	MH-126	85.4	13.418	12	PVC	2869.68	2858.42
CO-807	CB-88	MH-167	3.2	1.876	10	PVC	2883.01	2882.88
CO-793	MH-167	MH-168	42.7	3.044	12	PVC	2882.88	2879.22
CO-739	CB-52	MH-134	5.6	9.142	10	PVC	2878.11	2877.46
CO-753	CB-67	MH-149	11.4	4.47	10	PVC	2856.61	2855.4
CO-682	MH-149	MH-150	27.1	18.69	12	PVC	2855.4	2850.34
CO-683	MH-150	MH-151	88.1	16.394	12	PVC	2850.34	2837.04
CO-803	CB-85	MH-166	7	4.539	10	PVC	2875.72	2874.64
CO-727	CB-40	MH-124	7.9	4.074	10	PVC	2872.47	2871.16
CO-770	CB-77	MH-158	13.5	4.817	10	PVC	2825.45	2824
CO-768	MH-158	MH-153	108.2	9.298	12	PVC	2824	2814.34
CO-810	CB-89	MH-172	6.9	5.758	10	PVC	2815.39	2814.38
CO-769	CB-78	MH-157	9.1	10.028	10	PVC	2839.81	2838.1
CO-767	MH-157	MH-158	99.5	14.167	12	PVC	2838.1	2824
CO-728	CB-54	MH-125	6.8	11.095	10	PVC	2870.71	2869.68
CO-804	CB-86	MH-169	7.2	12.504	10	PVC	2878.5	2877.24
CO-817	CB-90	MH-180	10	13.413	10	PVC	2834.54	2832.89
CO-816	MH-180	MH-145	149.4	6.882	12	PVC	2832.89	2822.81
CO-743	CB-57	MH-127	8	15.054	10	PVC	2856.25	2854.76

TRAMO	POZO INICIAL	POZO FINAL	LONGIT UD (m)	PENDIE NTE (%)	DIÁMETRO NOMINAL (in)	MATERIA L	COTA TERRENO INICIAL	COTA TERRENO FINAL
CO-754	CB-68	MH-149	12.9	18.629	10	PVC	2858.31	2855.4

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

A continuación, en la siguiente tabla de se muestra las coordenadas y cotas de la descarga pluvial:

Tabla 51 Descargas Pluviales

ID	COORDENADA ESTE (m)	COORDENADA NORTE (m)	COTA TERRENO (m.s.n.m)	COTA BATEA (m.s.n.m)
O-9	92,295.22	89,964.39	2,875.80	2,873.90
O-10	92,323.89	90,525.73	2,850.41	2,848.41
O-11	92,583.15	90,376.67	2,830.78	2,828.78
O-12	92,720.08	90,125.27	2,810.02	2,809.02
O-14	92,693.25	90,099.02	2,812.55	2,811.55

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.2.3 Capacidad Hidráulica

De acuerdo con la evaluación hidráulica realizada a los tramos proyectados para el sistema de alcantarillado pluvial, se obtuvieron los siguientes resultados para el periodo de retorno de 10 años:

Tabla 52 Capacidad Sistema de Alcantarillado Pluvial Diseño

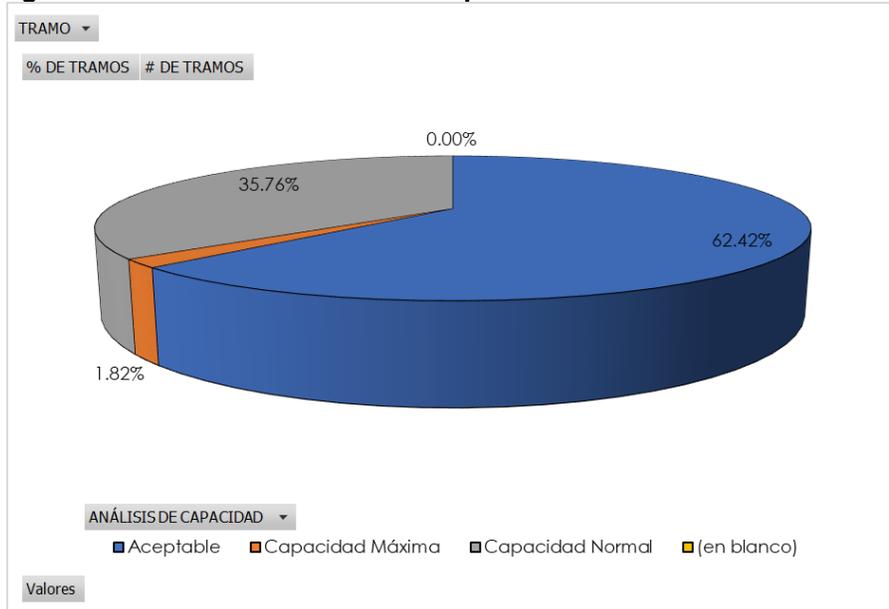
ANÁLISIS DE CAPACIDAD	% DE TRAMOS	# DE TRAMOS
Aceptable	62.42%	103
Capacidad Máxima	1.82%	3
Capacidad Normal	35.76%	59
Total general	100.00%	165

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Como se puede observar en la tabla anterior, solo 3 de los tramos de la red de alcantarillado proyectada, presentan capacidades máximas, sin embargo, no superan los criterios hidráulicos establecidos en la normatividad vigente.

En la siguiente figura se presentan los resultados de la distribución porcentual con respecto a las capacidades de las tuberías proyectadas para el sistema pluvial.

Figura 55 Distribución Porcentual Capacidad Alcantarillado Pluvial Diseño



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.2.4 Velocidades Máximas y Mínimas

De acuerdo con la evaluación hidráulica realizada a los tramos proyectados para el sistema de alcantarillado pluvial, se obtuvieron los siguientes resultados para el periodo de retorno de 10 años:

Tabla 53 Velocidad Sistema de Alcantarillado Pluvial Diseño

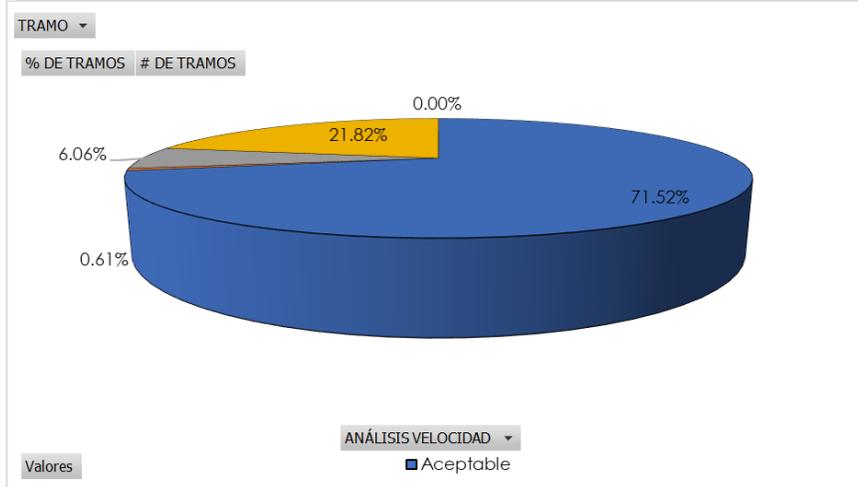
ANÁLISIS VELOCIDAD	% DE TRAMOS	# DE TRAMOS
Aceptable	71.52%	118
Máximo	0.61%	1
Baja	6.06%	10
Superior al Rango	21.82%	36
Total general	100.00%	165

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Como se puede observar en la tabla anterior, solo 1 de los tramos de la red de alcantarillado proyectada presenta un valor de velocidad máximo, sin embargo, esto no afecta el correcto funcionamiento hidráulico del sistema ya que no se superan los rangos establecidos en la normatividad vigente.

En la siguiente figura se presentan los resultados de la distribución porcentual con respecto a la velocidad en las tuberías que hacen parte del alcantarillado sanitario del sector Mochuelo Bajo.

Figura 56 Distribución Porcentual Velocidad Alcantarillado Pluvial Diseño



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.2.5 Fuerzas Tractivas Mínimas

De acuerdo con la evaluación hidráulica realizada a los tramos proyectados para el sistema de alcantarillado pluvial, se obtuvieron los siguientes resultados para el periodo de retorno de 10 años:

Tabla 54 Fuerza Tractiva Sistema de Alcantarillado Pluvial Diseño

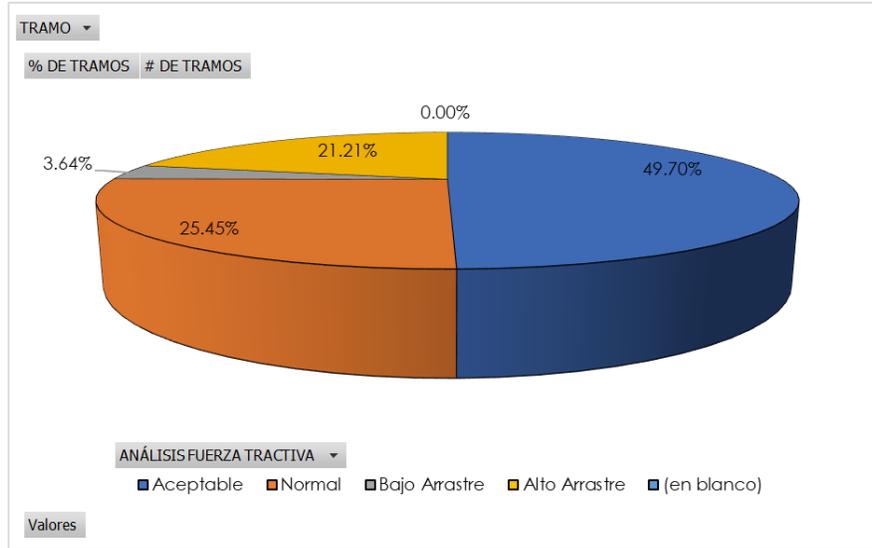
ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA	% DE TRAMOS	# DE TRAMOS
Aceptable	49.70%	82
Normal	25.45%	42
Bajo Arrastre	3.64%	6
Alto Arrastre	21.21%	35
Total general	100.00%	165

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Como se puede observar en la tabla anterior, algunos tramos presentan alto y bajo arrastre, sin embargo, estos valores se presentan en tramos iniciales donde el caudal es bajo, de igual manera el sector presenta pendientes altas que son propicias a generar altas velocidades y por consiguiente altos valores de capacidad de arrastre

En la siguiente figura se presentan las distribuciones porcentuales de la capacidad de arrastre en el sistema de alcantarillado de Mochuelo Bajo.

Figura 57 Distribución Porcentual Fuerza Tractiva Alcantarillado Pluvial Diseño



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.2.6 Régimen de Flujo

De acuerdo a la evaluación hidráulica realizada a los tramos proyectados para el sistema de alcantarillado pluvial, se obtuvieron los siguientes resultados para el periodo de retorno de 10 años:

Tabla 55 Régimen de Flujo Sistema de Alcantarillado Pluvial Diseño

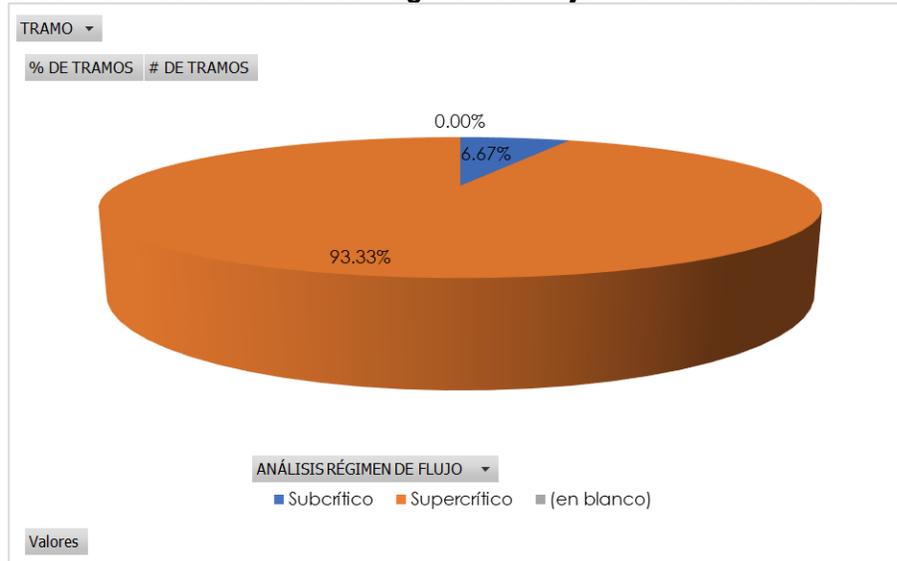
ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO	% DE TRAMOS	# DE TRAMOS
Subcrítico	6.67%	11
Supercrítico	93.33%	154
Total general	100.00%	165

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Los regímenes de flujo en su totalidad se encuentran en valores subcríticos y supercríticos, no se presentan valores críticos, lo cual indica que no se presenta inestabilidad en la lámina de agua generada en las redes del sistema proyectado.

En la siguiente figura se presentan las distribuciones porcentuales del régimen de flujo en el sistema de alcantarillado de Mochuelo Bajo.

Figura 58 Distribución Porcentual régimen de Flujo Alcantarillado Pluvial Diseño



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.3 ALTERNATIVA NO. 2 – DISEÑO DE ALCANTARILLADO PLUVIA IMPLEMENTANDO SUDS

Actualmente, la Norma Técnica NS-166 de la EAAB-ESP es el único instrumento normativo a nivel distrital que reglamenta los criterios técnicos para el diseño y la construcción de SUDS, por lo tanto, ésta (junto con sus anexos) será la base normativa principal para realizar el planteamiento de la segunda alternativa implementando los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenibles (SUDS).

11.3.1 Preselección de tipologías y trenes de tratamiento

11.3.1.1 Espacio disponible y áreas potenciales

Para seleccionar las tipologías de SUDS más adecuadas para un sitio a ser intervenido, se deben considerar los diferentes criterios de diseño. Entre éstos se encuentran las restricciones propias del lugar de implementación, que pueden favorecer o limitar las tipologías de SUDS que pueden conformar un tren de tratamiento en el sitio de análisis.

En el sector Mochuelo Bajo se cuenta con espacio disponible tales como parques, andenes, vías con flujo vehicular bajo, corredores verdes y jardines domiciliarios. Conforme a lo presentado en la Tabla 56 (sombreado en verde) es posible implementar de acuerdo con el espacio disponible y las áreas potenciales todas las tipologías

Tabla 56 Preselección de tipologías de SUDS de acuerdo con la selección de áreas potenciales

Áreas potenciales	Tipologías						
	Tanques de almacenamiento	Zonas de bio-retención	Alcorques inundables	Cunetas verdes	Zanjas de infiltración	Cuenca seca de drenaje extendido	Pavimentos porosos
Parques		X		X	X	X	X

Áreas potenciales	Tipologías						
	Tanques de almacenamiento	Zonas de bio-retención	Alcorques inundables	Cunetas verdes	Zanjas de infiltración	Cuenca seca de drenaje extendido	Pavimentos porosos
Plazas	X	X	X				X
Andenes	X	X	X				X
Vías (flujo vehicular bajo)	X				X		
Zonas comerciales	X	X	X				
Zonas industriales	X						
Zonas institucionales	X	X	X				
Separadores viales	X	X	X	X	X		X
Corredores verdes		X		X	X		X
Jardines domiciliarios	X	X					X
Parqueaderos	X	X	X		X		X

Una vez identificadas a grandes rasgos las áreas potenciales de intervención para la implementación de SUDS, se hace un traslapeo entre las tipologías de SUDS aplicables teniendo en cuenta las restricciones para cada tipología y las áreas potenciales de la Tabla 56. De esta forma se proceden a descartar sistemas para los cuales no se ha encontrado ningún área potencial.

De igual manera, dadas las restricciones espaciales que se presentan en el proyecto, se incluyen las dimensiones mínimas requeridas para cada una de las tipologías de SUDS descritas previamente, de acuerdo con el Anexo B y Anexo C de la Norma Técnica NS-166 de la EAAB-ESP (Tabla 9).

Tabla 57 Requerimientos de área mínima para la implementación de SUDS

Tipología	Ancho mínimo (m)	Largo mínimo (m)	Área mínima (m ²)
Alcorques inundables	1.5	1.5	2.25
Cuenca seca de drenaje extendido	5	9	45
Cunetas verdes	3.5	30	105
Tanques de almacenamiento	N/A	N/A	N/A
Pavimentos permeables	N/A	N/A	N/A
Zanjas de infiltración	0.3 + profundidad reservorio	>ancho mínimo	N/A
Zonas de bio-retención	0.60-1.80	>ancho mínimo	N/A

Fuente: (EAAB, 2018)

Conforme a lo estipulado en la Norma Técnica NS-166 de la EAAB-ESP, para realizar el análisis de viabilidad de tipologías de SUDS en los puntos de intervención del proyecto, es necesario determinar las variables de: pendiente del terreno (%), distancia a nivel freático (m), tasas de infiltración (mm/hr) y distancia a cimientos (m). Lo anterior, debido a que son las variables técnicas mínimas por analizar en el sitio, y condicionan la viabilidad de las siete (7) tipologías de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) con mayor viabilidad para las condiciones propias de la ciudad de Bogotá D.C (Universidad de los Andes - Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental, 2016).

En este sentido, las variables de pendiente del terreno, tasa de infiltración, distancia a nivel freático y distancia a cimientos se determinaron a partir de la información secundaria existente en el portal Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital (IDECA), así como de la información geográfica presentada en el Anexo B. Guía técnica de diseño y construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), de la Norma Técnica NS-166.

11.3.1.2 Pendiente

La topografía del terreno es una de las variables que más condiciona la viabilidad de las tipologías de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS), ya que generalmente no se recomienda que estos sistemas de drenaje sean construidos en terrenos con pendientes muy pronunciadas (>15%) puesto que pueden presentar mal funcionamiento o efectos erosivos, debido a la velocidad que puede alcanzar el volumen de escorrentía al ingresar a las distintas tipologías de SUDS. Por otro lado, pendientes cercanas a 0% tampoco son recomendadas, dado que estos sistemas deben operar a gravedad, es decir que, si la pendiente es cercana a 0% puede que el volumen de escorrentía no fluya y se estanque, ocasionando problemas operativos para las tipologías de SUDS.

A continuación, se presenta el mapa generado de pendientes en base a la topografía realizada la cual se anexa en el Anexo No. 2.

Figura 59 Pendiente del terreno Mochuelo Bajo



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

La pendiente promedio del terreno en estos tramos oscila entre 0.13% y 51%; específicamente, algunos subtramos presentan valores muy bajos, limitando así la implementación de tipologías con restricciones de pendiente mínima, como lo son la Cuenca Seca de Drenaje Extendido, Cuneta verde, Zanja de infiltración, entre otras.

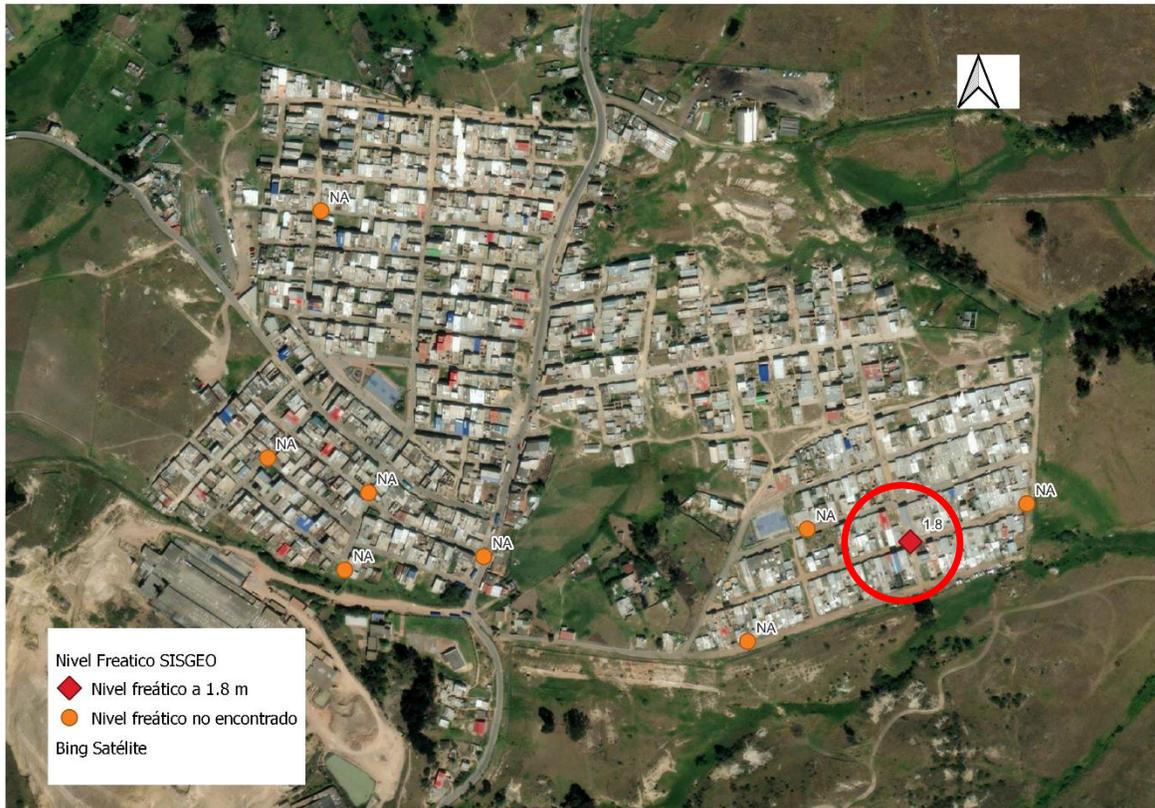
11.3.1.3 Distancia a nivel freático

En relación con la distancia de la superficie del suelo al nivel freático, es posible mencionar que esta variable condiciona la viabilidad de las tipologías de SUDS de realizar prácticas de infiltración,

debido a que distancias poco profundas con respecto al suelo incrementan la probabilidad de ocurrencia de eventos de ascenso de la tabla de agua (encharcamientos), lo cual podría generar inconvenientes técnicos en relación con la operación de estas estructuras de drenaje. Por esta razón, la mayoría de las tipologías de SUDS requieren de una profundidad mínima del nivel freático, que permita la operación eficiente de drenaje del sistema.

A partir de la información geográfica presentada en el Anexo B de la Norma Técnica NS-166, fue posible superponer la información de distancia a nivel freático de la ciudad con la ubicación del presente proyecto. Se presentan a continuación los valores obtenidos para la variable en los tramos de análisis.

Figura 60 Distancia a nivel freático



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

La distancia promedio a nivel freático está en el rango entre 0.8 m y 2.0 m, de acuerdo con la información del Anexo B de la Norma Técnica NS-166.

Se consultó el portal del acueducto SIGEO (<https://www.acueducto.com.co/wastestmod/sisgeo/>), con el objetivo de obtener resultados más precisos. Según los sondeos del sector de Mochuelo Bajo (Anexo No. 4), no se encuentra registro de nivel freático en aquellos sondeos mayores a 3 m. A excepción de un registro de nivel freático a una profundidad de 1.8 m en la esquina de la calle 93B S con carrera 18B, por lo que no se dispondrán cuenca seca de drenaje extendido, pavimentos porosos y zonas de bio-retención en ese sector.

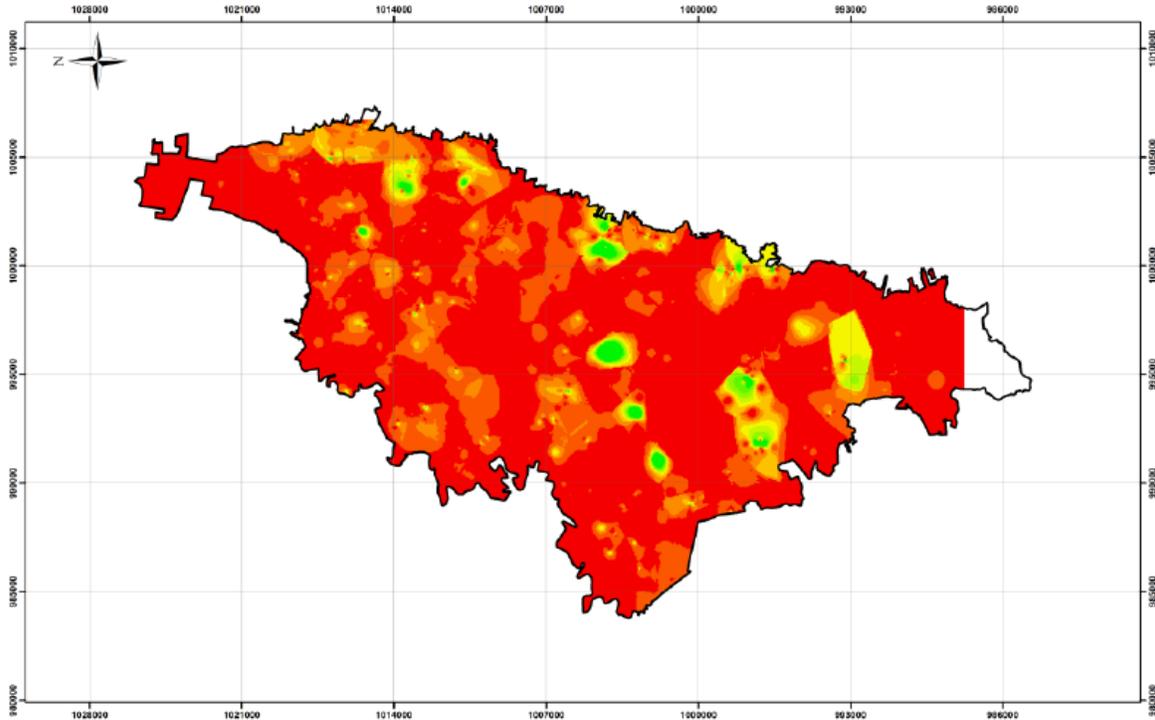
11.3.1.4 Tasa de infiltración del suelo

La tasa de infiltración es una variable de especial interés dentro del análisis de implementación de

SUDS, ya que ésta puede condicionar o no la impermeabilización con geomembrana del fondo de estos sistemas.

En este sentido, se analizó esta variable mediante la información secundaria presentada en el Anexo B de la Norma NS-166. Por lo tanto, se estimó la tasa de infiltración en la zona de estudio.

Figura 61 Tasa de infiltración del suelo



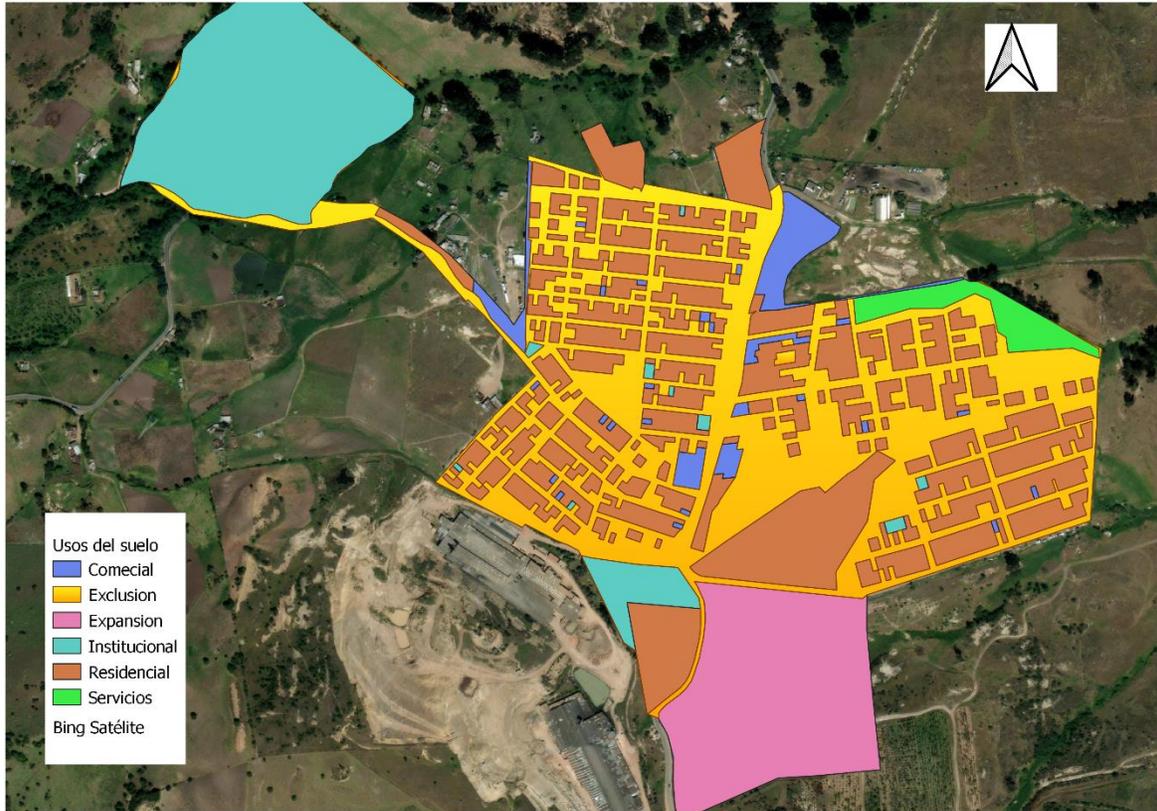
Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

La tasa de infiltración promedio está en el rango entre 0.0263 y 20.0 mm/h, de acuerdo con la información del Anexo B de la Norma Técnica NS-166.

11.3.1.5 Distancia a cimientos

De acuerdo con la naturaleza del proyecto y el uso del suelo, se considera que en el sector Mochuelo Bajo la mayoría de las edificaciones son de carácter residencial, por lo que los cimientos se consideran de carácter superficial. Sin embargo, se tiene en cuenta las tres restricciones de distancia reglamentadas (2 m, 4 m y 6 m) por la Norma Técnica NS-166 de la EAAB-ESP. Este procedimiento se realizó asumiendo que el borde perimetral de las construcciones evaluadas correspondía al límite desde el cuál era posible estimar la distancia a cimientos.

Figura 62 Uso del suelo sector Mochuelo Bajo



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.3.1.6 Preselección de tipologías

Las tipologías que se pueden aplicar en el sector del Mochuelo Bajo son:

Tabla 58 Preselección de tipologías de SUDS en el Sector el Mochuelo Bajo

Parámetro	Tipologías					
	Tanques de almacenamiento	Zonas de bio-retención	Alcorques inundables	Cunetas verdes	Zanjas de infiltración	Cuenca seca de drenaje extendido
Pendiente	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Distancia a nivel freático	SI	SI	SI	SI	S	S
Tasa de infiltración	N/A	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Se descartan los pavimentos porosos debido a que el alcance del proyecto no contempla la intervención ni adecuación de vías.

11.3.2 Análisis de implementación de las diferentes tipologías

11.3.2.1 Análisis de implementación de alcorques inundables

La implementación de alcorques inundables en los tramos de análisis se ve limitada en aquellas zonas donde la pendiente es mayor al 10%. Los alcorques inundables cuentan con el potencial suficiente para llevar a cabo un adecuado manejo de la escorrentía por medio de la retención, la evapotranspiración y la mejora de la calidad del agua que interactúa con su correspondiente especie arbórea. Por lo que se identifica puntualmente aquellas zonas con pendientes mayores al 10% y anchos mínimos de 2.0 m, teniendo en cuenta los requerimientos de área mínima definidos en el Anexo C de la Norma Técnica NS-166 de la EAAB-ESP (ver Tabla 20) donde se recomienda un ancho mínimo de 1.5 m para garantizar la adecuada operación de esta tipología.

Por otro lado, esta tipología no presenta restricciones en cuanto al nivel freático y la tasa de infiltración. Obteniendo el siguiente resultado.

Figura 63 Áreas viables para la implementación de alcorques inundables



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.3.2.2 Análisis de implementación de cuenca seca de drenaje extendido

La principal limitante para la implementación de cuencas secas de drenaje extendido es la disponibilidad de espacio público en el proyecto. Como indica el Anexo B de la Norma Técnica NS-166, las CSDE requieren de un área mínima de 45 m², con 5 m de ancho, disponibles para su construcción. Por esta razón, el espacio disponible para su implementación es muy reducido. De

igual manera, se requiere una pendiente entre el 1% y el 15% y una distancia a nivel freático mayor a 3.0m, se opta por eliminar esta alternativa debido a que requiere un espacio amplio en el cual se pueden implementar otras tipologías con mayor rendimiento.

11.3.2.3 Análisis de implementación de cunetas verdes

La implementación de esta tipología se ve limitada por la restricción de pendiente (entre el 1% y el 10%) y tasa de infiltración. Adicionalmente, en el Anexo C de la Norma Técnica NS-166 de la EAAB-ESP, se recomienda una longitud mínima de 30 m y un ancho mínimo aproximado de 3.5 m para garantizar la adecuada operación de esta tipología. En este sentido, pocas zonas verdes cuentan con el espacio mínimo suficiente para implantar esta tipología en el proyecto. Estas se delimitan a continuación.

Figura 64 Áreas viables para la implementación de cunetas verdes



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.3.2.4 Análisis de implementación de tanques de almacenamiento

El uso de tanques de almacenamiento en el proyecto se ve limitado por la pendiente del terreno (mayor al 1%) y el nivel freático la cual debe ser mayor a 2.0m. Referente a esta tipología es necesario mencionar que para su implementación se requiere contar con los equipos y accesorios adecuados para realizar el bombeo del volumen de escorrentía almacenado, así como para realizar las labores de mantenimiento necesarias (regulares y ocasionales). Las áreas para la implementación de tanques de almacenamiento se delimitan a continuación.

Figura 65 Áreas viables para la implementación de tanques de almacenamiento



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.3.2.5 Análisis de implementación de zanjas de infiltración

La implementación de esta tipología se ve limitada por la restricción de pendiente (entre el 1% y el 5%), distancia a nivel freático mayor a 3.0m y tasa de infiltración mayor a 7mm/h. Se considera pertinente dar prioridad a otras tipologías de mayor extensión como son la cuenca seca de drenaje extendido y la cuneta verde. Al tener pocas áreas en el rango de la pendiente admisible se considera descartas esta tipología.

11.3.2.6 Análisis de implementación de zonas de Bio-retención

Las zonas de bio-retención se pueden implementar en diversos espacios y contextos, mejoran de manera considerable las condiciones visuales de la zona y favorecen la creación de hábitat gracias a que utilizan una amplia diversidad de especies vegetales.

Según la norma Técnica NS-166 de la EAAB-ESP (ver Tabla 20) se recomienda un ancho mínimo de 0.6 m para garantizar la adecuada operación de esta tipología. La implementación de esta tipología se ve limitada por la restricción de pendiente (menor al 10%) distancia a nivel freático mayor a 1.8m y tasa de infiltración mayor a 7mm/h. Las áreas para la implementación de zonas de bio-retención se delimitan a continuación.

Figura 66 Áreas viables para la implementación de zonas de bio-retención



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.3.3 Selección del tren de tratamiento

En vista de que en algunas áreas se puede instalar más de una tipología, se procede a utilizar el Anexo 3.3- Selección de Tipologías y trenes de la Norma Técnica NS-166 de la EAAB-ESP, para identificar cuáles son las tipologías más adecuadas y así conformar el tren de tratamiento.

Según el Anexo 3.3- Selección de Tipologías y trenes de la Norma Técnica NS-166 de la EAAB-ESP el criterio de mejoramiento de la calidad del agua se valora numéricamente respecto a la eficiencia de remoción donde el número uno (1) equivale a bajo, dos (2) a medio y tres (3) a alto. Obteniendo la siguiente ponderación.

Tabla 59. Matriz de evaluación de tipologías seleccionadas según eficiencia de remoción de contaminantes

TIPOLOGÍA CONTAMINANTE	ALCORQUES INUNDABLES	CUNETAS VERDES	TANQUES DE ALMACENAMIENTO	ZONAS DE BIO- RETENCIÓN
NUTRIENTES	2	2	0	2
METALES	1	1	0	1
PATÓGENOS	2	1	0	2
SEDIMENTOS	2	2	0	2
ACEITES Y GRASAS	3	2	0	3
BASURA Y ESCOMBROS	3	2	0	3

TIPOLOGÍA CONTAMINANTE	ALCORQUES INUNDABLES	CUNETAS VERDES	TANQUES DE ALMACENAMIENTO	ZONAS DE BIO- RETENCIÓN
FILTRACIÓN Y SORCIÓN	2	1	0	3
PROMEDIO	2.1	1.6	0.0	2.3

Fuente: (Elaboración Propia, 2022) a partir de (EAAB, 2018)

Respecto a la eficiencia de reducción de volumen se efectúa en una escala de 1 a 3 en donde: uno (1) equivale a baja, dos (2) es media y tres (3) es alta. La tipología más eficiente en la reducción de escorrentía es la que presente la calificación más alta.

Tabla 60. Matriz de evaluación de tipologías seleccionadas según eficiencia de control de volumen de escorrentía

TIPOLOGÍA CRITERIO DE CONTROL DE VOLUMEN	ALCORQUES INUNDABLES	CUNETAS VERDES	TANQUES DE ALMACENAMIENTO	ZONAS DE BIO- RETENCIÓN
REDUCCIÓN VOLUMEN	1	1	2	2
REDUCCIÓN DESCARGA MÁXIMA	1	1	2	1
PROMEDIO	1.0	1.0	2.0	1.5

Fuente: (Elaboración Propia, 2022) a partir de (EAAB, 2018)

Respecto a la contribución de la amenidad se asigna una calificación donde tres (3) equivale a alta, dos (2) es media y uno (1) es nula, y respecto a los conflictos de uso donde tres (3) equivale a bajo, dos (2) es medio y uno (1) es alto. Al final de la matriz se promedian los resultados y la calificación más alta es la tipología con mayor contribución a la amenidad y con menores conflictos de uso.

Tabla 61. Matriz de evaluación de tipologías seleccionadas según contribución a la amenidad y conflictos de uso

TIPOLOGÍA AMENIDAD CONFLICTO DE USO	ALCORQUES INUNDABLES	CUNETAS VERDES	TANQUES DE ALMACENAMIENTO	ZONAS DE BIO- RETENCIÓN
Amenidad	2	2	0	3
Interferencia con las actividades en el sitio	3	1	3	1
Riesgo para la seguridad (usuarios)	3	1	3	2
PROMEDIO	2.5	1.5	1.5	2.3

Fuente: (Elaboración Propia, 2022) a partir de (EAAB, 2018)

Respecto a la frecuencia y al número de actividades de mantenimiento, la calificación se asigna donde tres (3) equivale a baja, dos (2) es media y uno (1) es alta. La calificación más alta corresponde a la tipología con menor mantenimiento.

Tabla 62. Matriz de evaluación de tipologías seleccionadas según frecuencia de mantenimiento

TIPOLOGÍA MANTENIMIENTO	ALCORQUES INUNDABLES	CUNETAS VERDES	TANQUES DE ALMACENAMIENTO	ZONAS DE BIO- RETENCIÓN
TOTAL	2.0	3.0	3.0	1.0

Fuente: (Elaboración Propia, 2022) a partir de (EAAB, 2018)

Por último, la evaluación de los costos de las tipologías seleccionadas se realiza a partir de un rango de 1 a 3 en donde tres (3) equivale a bajo, dos (2) es medio y uno (1) es alto. Al final de la matriz se promedian los resultados y la tipología que presente la calificación más alta es la que representa menores costos

Tabla 63. Matriz de evaluación de tipologías seleccionadas según costos

TIPOLOGÍA COSTOS	ALCORQUES INUNDABLES	CUNETAS VERDES	TANQUES DE ALMACENAMIENTO	ZONAS DE BIO-RETENCIÓN
Costos de capital	2	3	2	2
Costos de mantenimiento	2	3	2	2
PROMEDIO	2.0	3.0	2.0	2.0

Fuente: (Elaboración Propia, 2022) a partir de (EAAB, 2018)

En base a la evaluación de la matriz multicriterio a desarrollar en el capítulo 13, se asignan los siguientes pesos para los criterios de selección.

Tabla 64. Pesos asignados para la selección de SUDS

CRITERIOS DE SELECCIÓN	PESO
Mejoramiento de calidad de agua	30%
Control de volúmenes	30%
Amenidad y conflictos de uso	10%
Mantenimiento	10%
Costos	20%
Suma (100%)	100%

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Obteniendo así, la siguiente matriz de selección de tipologías.

Tabla 65. Matriz de selección de tipologías SUDS

TIPOLOGÍA CRITERIOS DE SELECCIÓN	ALCORQUES INUNDABLES	CUNETAS VERDES	TANQUES DE ALMACENAMIENTO	ZONAS DE BIO-RETENCIÓN
Mejoramiento de calidad de agua	2.1	1.6	0.0	2.3
Control de volúmenes	1.0	1.0	2.0	1.5
Amenidad y conflictos de uso	2.5	1.5	1.5	2.3
Mantenimiento	2.0	3.0	3.0	1.0
Costos	2.0	3.0	2.0	2.0
PROMEDIOS (máximo 5 puntos)	1.8	1.8	1.5	1.9

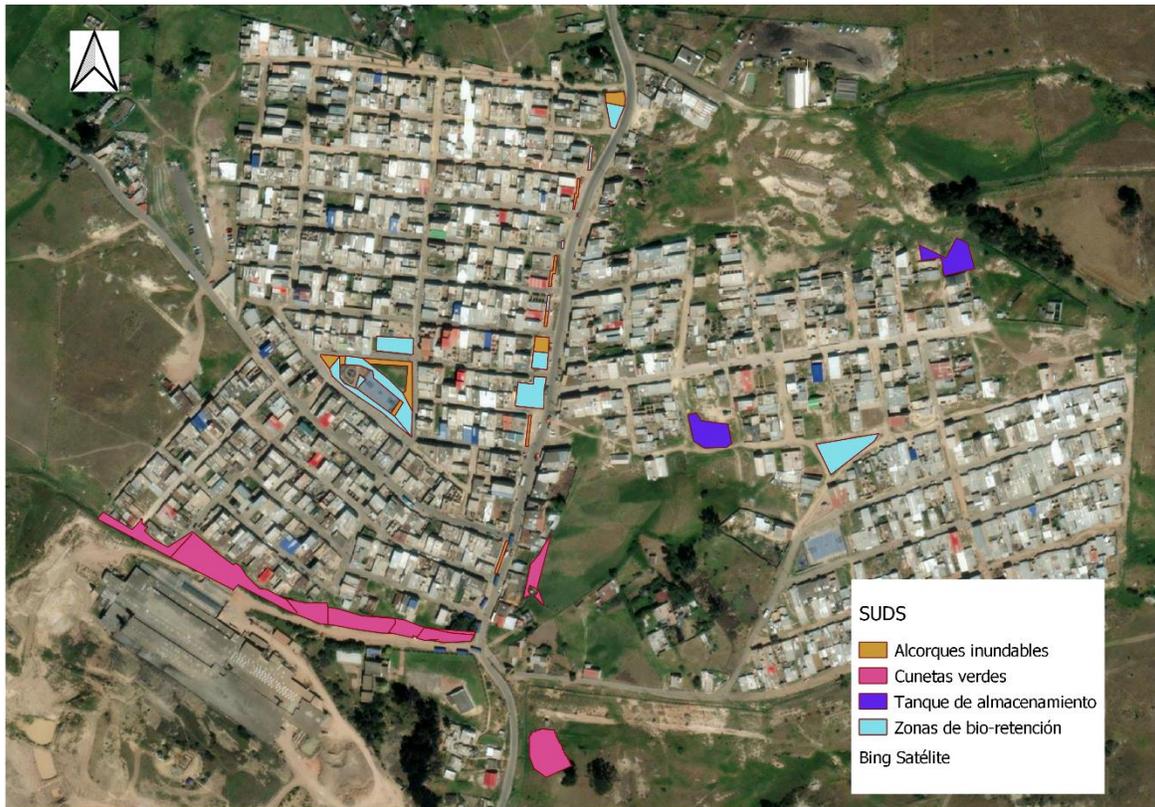
Fuente: (Elaboración Propia, 2022) a partir de (EAAB, 2018)

Dando la siguiente jerarquía para la selección de las tipologías SUDS a implementar:

1. Zonas de bio-retención
2. Cunetas verdes
3. Alcorques inundables
4. Tanques de almacenamiento.

En base a las restricciones presentadas anteriormente, se tiene la siguiente distribución de áreas para la implementación de las tipologías SUDS en el sector del Mochuelo Bajo.

Figura 67 Áreas a implementar con tipologías SUDS en el sector del Mochuelo Bajo



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.3.4 Análisis hidrológico y dimensionamiento de tipologías

El objetivo del dimensionamiento es determinar el volumen almacenado por la estructura (V) y el volumen de calidad (V_c) para conocer el porcentaje de volumen de calidad almacenado por la estructura-

Para el cálculo del parámetro h_p , se tomó como base la Norma NS-166 de febrero de 2018; partiendo de lo especificado en el Anexo B (Numeral 4.1.4) y la explicación realizada en la cartilla técnica (Numeral 12.3.1) del Anexo C, sobre el funcionamiento de este parámetro dentro de la hoja de cálculo. Para cada tipología, la hoja de cálculo en la pestaña "Hidrología", presenta una serie de valores que muestra los valores de h_p de acuerdo con las coordenadas geográficas; esta serie de valores está planteada con base a las estaciones pluviométricas y pluviográficas de Bogotá a partir de análisis de información horaria disponible en algunas estaciones de la red de calidad de aire de la ciudad para algunos períodos, con la que se determinaron series de eventos de tormenta y se realizó un proceso para relacionar los valores más representativos.

La profundidad de diseño h_p para el sector del Mochuelo Bajo es de 16.09 mm.

Se ha definido el coeficiente de escorrentía igual 0.95 para techos y vías, un coeficiente de escorrentía de 0,75 para tierras desnudas y zonas urbanas discontinuas, un coeficiente de escorrentía de 0.1 para bosques, y por último un coeficiente de escorrentía de 0.3 para pastos y vegetación secundaria.

11.3.4.1 Dimensionamiento alcorques inundables

Para el dimensionamiento de los alcorques inundables se definieron las áreas aferentes a las estructuras a implementar.

Tabla 66 Áreas aferentes alcorques inundables

Área	Total área (m2)	Bosques	C	Pastos	C	Techos-calles	C	Zonas desnudas	C	C Ponderado
Área 1	17.06		0.1		0.3	9.12	0.95	7.94	0.75	0.86
Área 2	21.13		0.1		0.3	21.10	0.95	0.03	0.75	0.95
Área 3	18.54		0.1		0.3	11.66	0.95	6.88	0.75	0.88
Área 4	63.98		0.1		0.3	63.98	0.95		0.75	0.95
Área 5	346.60		0.1	8.11	0.3	296.66	0.95	41.83	0.75	0.91
Área 6	481.80		0.1	93.56	0.3	342.51	0.95	45.73	0.75	0.80
Área 7	213.13		0.1	109.41	0.3	79.69	0.95	24.04	0.75	0.59
Área 8	287.31		0.1	93.50	0.3	192.76	0.95	1.05	0.75	0.74
Área 9	138.38		0.1	50.79	0.3	87.46	0.95	0.13	0.75	0.71
Área 10	82.43	1.16	0.1	31.94	0.3	49.18	0.95	0.14	0.75	0.69
Área 11	63.29	2.74	0.1	0.22	0.3	60.33	0.95		0.75	0.91
Área 12	26.10	2.49	0.1	6.67	0.3	16.94	0.95		0.75	0.70
Área 13	82.27	18.24	0.1	39.03	0.3	21.66	0.95	3.34	0.75	0.45
Área 14	185.48	0.15	0.1	7.92	0.3	167.06	0.95	10.36	0.75	0.91
Área 15	155.93		0.1	0.39	0.3	153.87	0.95	1.67	0.75	0.95
Área 16	212.51		0.1	101.67	0.3	63.76	0.95	47.08	0.75	0.59
Área 17	310.99	0.24	0.1	49.38	0.3	214.24	0.95	47.12	0.75	0.82
Área 18	258.23		0.1	137.16	0.3	32.94	0.95	88.14	0.75	0.54
Área 19	221.71		0.1	166.03	0.3	53.69	0.95	1.99	0.75	0.46
Área 20	215.44		0.1	43.49	0.3	141.74	0.95	30.21	0.75	0.79
Área 21	411.48	2.28	0.1	37.22	0.3	346.94	0.95	25.05	0.75	0.87
Área 22	482.78	1.29	0.1	13.91	0.3	439.36	0.95	28.22	0.75	0.92

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Para simplificar la implementación de los diferentes alcorques inundables, se opta por diseñar cuatro tipologías, con las áreas tributarias de cada uno de los alcorques, es posible determinar el volumen de escorrentía que es producido para la zona de estudio, el cual es llamado volumen de calidad.:

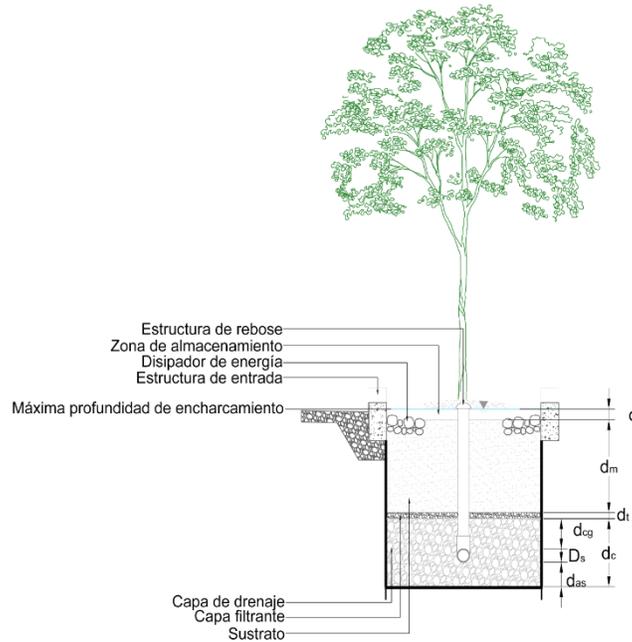
Tabla 67: Tipologías propuestas

Tipología	Ancho (m)	Largo (m)	Área (m ²)	Alto (m)
Tipo 1	1.5	1.5	2.25	0.6
Tipo 2	2.0	2.0	4.0	1.0
Tipo 3	2.5	2.5	6.25	1.0
Tipo 4	3.0	3.0	9	1.0

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Con el volumen de calidad determinado, se definieron dimensiones constructivas, partiendo de una dimensión mínima de 1.5m X 1.5m y profundidad de 0.6m, y a partir de esta, ir aumentando las dimensiones para así conseguir tratar la totalidad del volumen de escorrentía, es decir el 100% del volumen de calidad mencionado anteriormente.

Figura 68 Dimensiones alcorques inundables



Fuente: (EAAB, 2018)

De acuerdo con estas dimensiones, se obtuvieron los demás parámetros, tal como se muestra en la Tabla 68.

Tabla 68: Dimensiones por tipo de Alcorque

Tipología	Total área aportante (m2)	Área	Ancho (m)	Largo (m)	Área (m ²)	Alto (m)
Tipo 1	17.06	Área 1	1.5	1.5	2.25	0.6
Tipo 1	21.13	Área 2	1.5	1.5	2.25	0.6
Tipo 1	18.54	Área 3	1.5	1.5	2.25	0.6
Tipo 1	63.98	Área 4	1.5	1.5	2.25	0.6
Tipo 3	346.60	Área 5	2.5	2.5	6.25	1
Tipo 4	481.80	Área 6	3	3	9	1
Tipo 2	213.13	Área 7	2	2	4	1
Tipo 2	287.31	Área 8	2	2	4	1
Tipo 1	138.38	Área 9	1.5	1.5	2.25	0.6
Tipo 1	82.43	Área 10	1.5	1.5	2.25	0.6
Tipo 1	63.29	Área 11	1.5	1.5	2.25	0.6
Tipo 1	26.10	Área 12	1.5	1.5	2.25	0.6
Tipo 1	82.27	Área 13	1.5	1.5	2.25	0.6
Tipo 2	185.48	Área 14	2	2	4	1
Tipo 2	155.93	Área 15	2	2	4	1
Tipo 2	212.51	Área 16	2	2	4	1
Tipo 3	310.99	Área 17	2.5	2.5	6.25	1
Tipo 2	258.23	Área 18	2	2	4	1
Tipo 2	221.71	Área 19	2	2	4	1
Tipo 2	215.44	Área 20	2	2	4	1
Tipo 4	411.48	Área 21	3	3	9	1
Tipo 4	482.78	Área 22	3	3	9	1

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Según el espacio disponible, es posible aplicar estas tipologías de alcorques inundables. Partiendo de las dimensiones propuestas se presenta el volumen de calidad del agua que puede ser manejado por cada uno de los alcorques diseñados, de acuerdo con las diferentes áreas de drenaje. Los resultados evidencian que, para todos los casos, las áreas definidas están en capacidad de manejar la totalidad del volumen estimado de calidad de agua.

Tabla 69: Volumen de calidad del agua alcorques inundables

Área	Tipología	Volumen de calidad(m ³)	Volumen tratado (m ³)	Volumen filtrado (m ³)	Volumen de encharcamiento (m ³)	Volumen infiltrado (m ³)	% de volumen de calidad manejado
Área 1	Tipo 1	0.24	1.575	1.44	0.675	0.135	668.39
Área 2	Tipo 1	0.32	1.575	1.44	0.675	0.135	487.38
Área 3	Tipo 1	0.26	1.575	1.44	0.675	0.135	599.65
Área 4	Tipo 1	0.98	1.575	1.44	0.675	0.135	160.96
Área 5	Tipo 3	5.08	5.375	5.00	1.875	0.375	105.86
Área 6	Tipo 4	6.21	7.74	7.2	2.7	0.54	124.74
Área 7	Tipo 2	2.02	3.44	3.2	1.2	0.24	169.93
Área 8	Tipo 2	3.42	3.44	3.2	1.2	0.24	100.50
Área 9	Tipo 1	1.59	1.575	1.44	0.675	0.135	99.27
Área 10	Tipo 1	0.92	1.575	1.44	0.675	0.135	172.01
Área 11	Tipo 1	0.93	1.575	1.44	0.675	0.135	169.87
Área 12	Tipo 1	0.29	1.575	1.44	0.675	0.135	535.49
Área 13	Tipo 1	0.60	1.575	1.44	0.675	0.135	264.26
Área 14	Tipo 2	2.72	3.44	3.2	1.2	0.24	126.60
Área 15	Tipo 2	2.38	3.44	3.2	1.2	0.24	144.25
Área 16	Tipo 2	2.02	3.44	3.2	1.2	0.24	170.43
Área 17	Tipo 3	4.11	5.375	5.00	1.875	0.375	130.93
Área 18	Tipo 2	2.25	3.44	3.2	1.2	0.24	153.20
Área 19	Tipo 2	1.64	3.44	3.2	1.2	0.24	209.52
Área 20	Tipo 2	2.74	3.44	3.20	1.20	0.24	125.43
Área 21	Tipo 4	5.79	6.21	7.74	7.20	2.70	133.64
Área 22	Tipo 4	7.13	6.21	7.74	7.20	2.70	108.56

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Obteniendo así, la siguiente distribución de alcorques en el sector del Mochuelo Bajo.

Figura 69 Ubicación alcorques inundables



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.3.4.2 Dimensionamiento cunetas verdes

Para el dimensionamiento de las cunetas verdes se definieron las áreas aferentes a las estructuras a implementar.

Tabla 70 Áreas aferentes cunetas verdes

Área	Total área (m ²)	Bosques	C	Pastos	C	Techos-calles	C	Zonas desnudas	C	C Ponderado
Área 1	545429.65	240290.46	0.1	222524.97	0.3	36931.919	0.9	45681.76	0.7	0.29
Área 2	584216.88	241777.37	0.1	229458.46	0.3	66255.31	0.9	46725.00	0.7	0.33
Área 3	1859.41	84.255	0.1	818.038	0.3	898.716	0.9	58.39	0.7	0.62

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Según las curvas I-D-F de la estación Quiba, desarrolladas en el capítulo 7.1.1.2 del presente documento, se tiene para un periodo de retorno de 10 años y una duración de 15 minutos una intensidad de 53.63 mm/h. Obteniendo los siguientes caudales de diseño y volúmenes de calidad.

Tabla 71 Caudales de diseño y volúmenes de calidad cunetas verdes

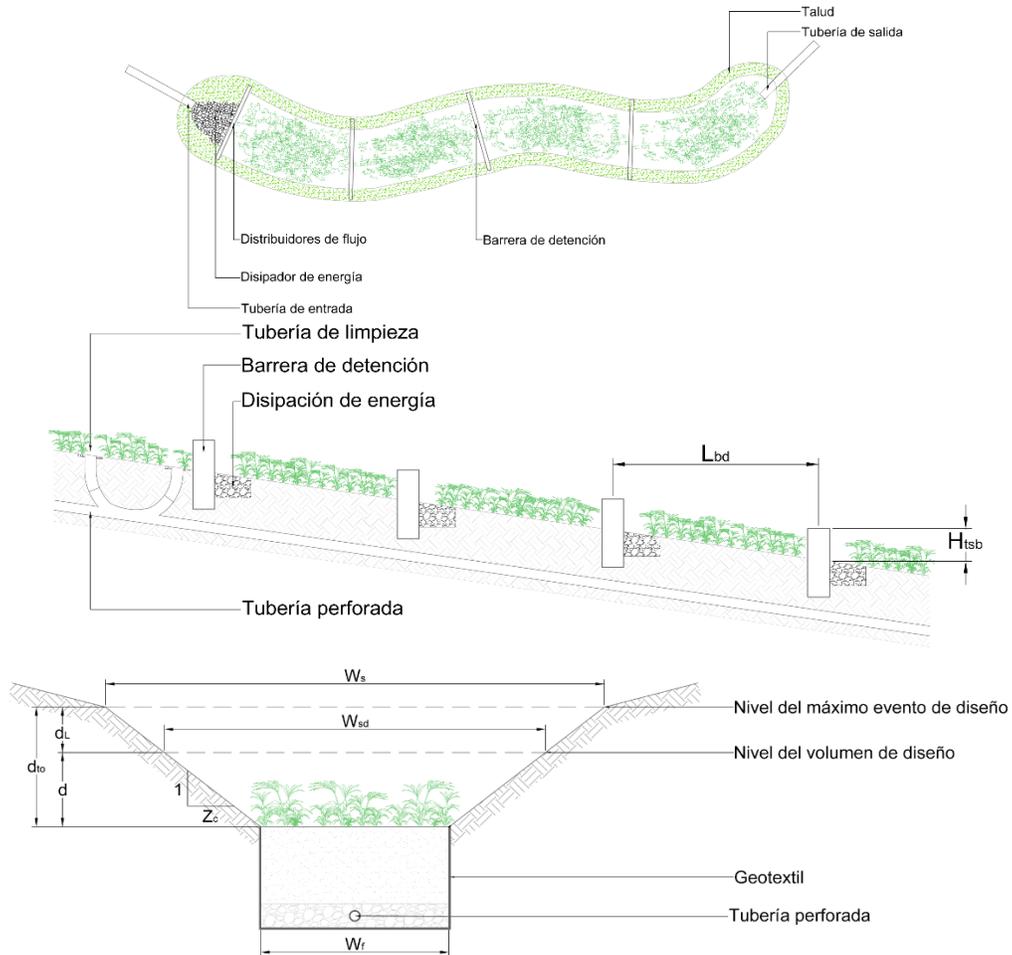
Área	Caudal(m ³ /s)	Volumen de calidad(m ³)
Área 1	2.39	2146.99
Área 2	2.85	2560.85

Área	Caudal(m ³ /s)	Volumen de calidad(m ³)
Área 3	0.02	15.44

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Los principales parámetros de diseño para el dimensionamiento de las cunetas verdes incluyen la longitud disponible, el ancho del fondo y la pendiente lateral, longitudinal y de diseño. Los demás parámetros de entrada fueron estimados según las recomendaciones de los diferentes manuales y guías de diseño internacionales.

Figura 70 Dimensiones cunetas verdes



Fuente: (EAAB, 2018)

Tabla 72 Cunetas verdes

Tipología	Longitud de la cuneta (m)	Pendiente de diseño (S) (%)	Pendiente lateral del canal Z:1 (Z)	Ancho del fondo de la cuneta (Wf)	Lámina de agua (m)	Profundidad real cuneta (d _{tor})	Ancho superior de la cuneta de acuerdo con la profundidad real (W _{sr})	Barreras de detención	Altura de las barreras (m)	Número de barreras
Tipo 1	312.6	5.00	3:01	2	0.37	0.54	5.24	Si	0.4	16
Tipo 2	67	7.00	3:01	3	0.46	0.54	5.24	Si	0.4	5
Tipo 3	124	7.00	3:01	1	0.04	0.2	2.2	Si	0.1	7

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Obteniendo así, la siguiente distribución de cunetas verdes en el sector del Mochuelo Bajo.

Figura 71 Ubicación cunetas verdes



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.3.4.3 Dimensionamiento tanques de almacenamiento

Para el dimensionamiento de los tanques de almacenamiento verdes se definieron las áreas aferentes a las estructuras a implementar.

Tabla 73 Áreas aferentes tanques de almacenamiento

Estructura	Tipo	Área (m ²)
Tanque de almacenamiento	1	213.578
Tanque de almacenamiento	2	2050.31

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Para tanques de almacenamiento se requieren parámetros asociados a la escorrentía que se produce en la zona donde se ubicará la tipología. De este modo, con la información de precipitación mensual obtenida de la estación Quiba, se establece un promedio mensual multianual considerando la información disponible desde el año 1990 hasta el 2022. A partir de éste se calcula el valor mensual de la escorrentía que puede ser captada por parte del tanque de almacenamiento empleando la siguiente ecuación.

$$Esc = P * C * A_{TA}$$

Donde Esc = Escorrentía (mensual) (m^3), P = Precipitación (mensual) (mm), C = Coeficiente de escorrentía, ATA = Área de drenaje (m^2). Como son cubiertas se opta por un coeficiente de escorrentía de 0.95. Obteniendo lo siguiente:

Tabla 74 Valor de precipitación y escorrentía mensual tenida en cuenta para el diseño hidrológico de Tanques de Almacenamiento

Variable	Mes	Precipitación (P)	Escorrentía (Esc) Tipo 1	Escorrentía (Esc) Tipo 2
Unidad	-	mm	m^3	m^3
Valor	Enero	21.87	4.44	42.60
	Febrero	38.72	7.86	75.41
	Marzo	69.27	14.05	134.92
	Abril	87.47	17.75	170.37
	Mayo	97.20	19.72	189.33
	Junio	61.31	12.44	119.42
	Julio	56.11	11.38	109.28
	Agosto	47.27	9.59	92.08
	Septiembre	46.29	9.39	90.16
	Octubre	83.41	16.92	162.46
	Noviembre	81.25	16.49	158.26
	Diciembre	42.31	8.59	82.42

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Los principales parámetros de diseño para el dimensionamiento de tanques de almacenamiento se basan en el volumen de la estructura a partir de la escorrentía a captar y la máxima demanda a usar, se toma como criterio el no tener excesos y así poder reusar toda el agua entrante a los tanques de almacenamiento, de igual manera, el tanque se dimensiona con el volumen de escorrentía máximo.

Se van a implementar tanques de almacenamiento tipo AquaCell, lo que resulta en las siguientes dimensiones:

Tabla 75 Tanques de almacenamiento

Tipo	Volumen máximo de escorrentía(m^3)	Ancho (m)	Largo (m)	No. Capas	Altura (m)	Recubrimiento (m)	Profundidad de fondo (m)	Volumen bruto(m^3)	Cantidad celdas AquaCell
Tipo 1	19.72	4.5	4	3	1.17	0.5	1.67	20.7	107
Tipo 2	189.33	13.5	13	3	1.17	0.5	1.67	201.83	1035

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Obteniendo así, la siguiente distribución de tanques de almacenamiento en el sector del Mochuelo Bajo.

Figura 72 Ubicación tanques de almacenamiento



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.3.4.4 Dimensionamiento zonas de bio-retención

Para el dimensionamiento de las zonas de bio-retención se definieron las áreas aferentes a las estructuras a implementar.

Tabla 76 Áreas aferentes zonas de bio-retención

Área	Total área (m2)	Bosques	C	Pastos	C	Techos-calles	C	Zonas desnudas	C	C Ponderado
Área 1	650.17		0.1	102.55	0.3	297.91	0.95	249.72	0.75	0.77
Área 2	514.55		0.1	200.83	0.3	227.75	0.95	85.97	0.75	0.66
Área 3	59.12		0.1	0.80	0.3	11.44	0.95	46.89	0.75	0.78
Área 4	76.55		0.1		0.3	76.55	0.95	0.00	0.75	0.95
Área 5	210.86	12.54	0.1	23.99	0.3	171.39	0.95	2.94	0.75	0.82
Área 6	302.40	9.84	0.1	33.75	0.3	379.33	0.95	73.58	0.75	0.86
Área 7	591.49	1.40	0.1	114.10	0.3	720.46	0.95	95.96	0.75	0.85
Área 8	1162.80	27.47	0.1	146.29	0.3	894.62	0.95	94.42	0.75	0.83
Área 9	398.04		0.1	26.66	0.3	346.27	0.95	25.12	0.75	0.89
Área 10	787.65	0.46	0.1	273.87	0.3	511.99	0.95	1.33	0.75	0.72

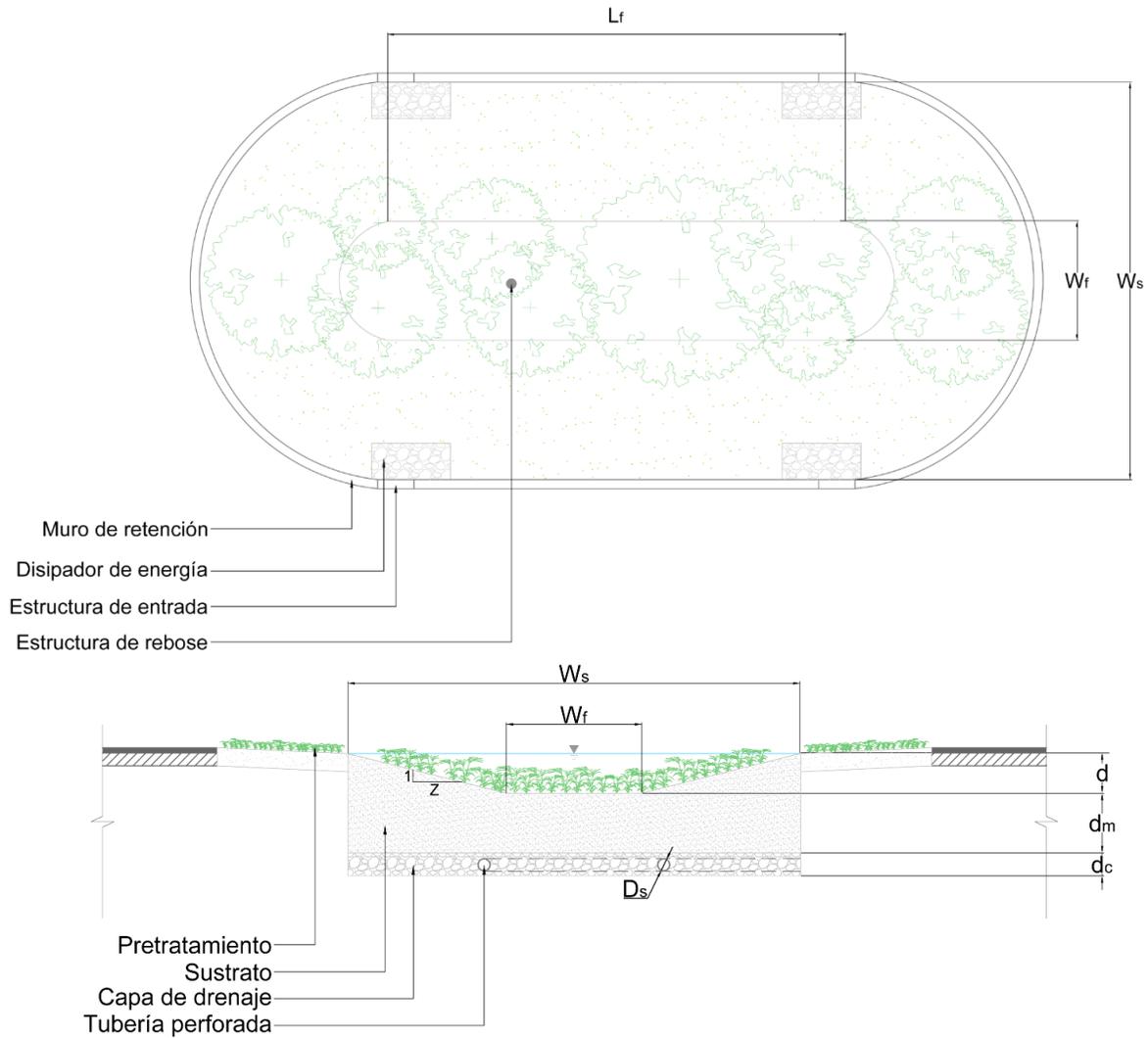
Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Con las áreas tributarias de cada una de las zonas de bio-retención, es posible determinar el volumen de escorrentía que es producido para la zona de estudio, el cual es llamado volumen de calidad.:

Con el volumen de calidad determinado, se definieron dimensiones constructivas, partiendo de una

dimensión mínima y el espacio disponible.

Figura 73 Dimensiones zonas de bio-retención



Fuente: (EAAB, 2018)

De acuerdo con estas dimensiones, se obtuvieron los demás parámetros, tal como se muestra en la Tabla 77.

Tabla 77: Dimensiones por tipo de Alcorque

Área	Tipología	Volumen de calidad(m ³)	Profundidad de pondaje o diseño (d)	Ancho total superficial (W _s)	Ancho fondo (W _s)	Pendiente lateral Z:1 (Z)	Área mínima del fondo (W _f)	Largo superficial (L _f)
Área 1	Tipo 1	8.1	0.3	6	6.00	0	14.53	2.50
Área 2	Tipo 2	5.5	0.3	10	10.00	0	9.89	1.00
Área 3	Tipo 3	0.7	0.3	17	15.80	4	1.38	1.30
Área 4	Tipo 4	1.2	0.3	4	4.00	0	2.11	0.60

Área	Tipología	Volumen de calidad(m ³)	Profundidad de pondaje o diseño (d)	Ancho total superficial (Ws)	Ancho fondo (Ws)	Pendiente lateral Z:1 (Z)	Área mínima del fondo (Wf)	Largo superficial (Lf)
Área 5	Tipo 5	3.0	0.3	11	11.00	0	5.35	0.50
Área 6	Tipo 6	4.2	0.3	13	11.80	4	7.54	1.90
Área 7	Tipo 7	4.1	0.3	24	22.80	4	7.59	1.60
Área 8	Tipo 8	15.6	0.3	75	73.80	4	28.23	1.60
Área 9	Tipo 9	5.7	0.3	17	15.80	4	10.60	1.90
Área 10	Tipo 10	9.2	0.3	28	26.80	4	16.79	1.90

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Obteniendo así, la siguiente distribución de zonas de bio-retención en el sector del Mochuelo Bajo.

Figura 74 Ubicación zonas de bio-retención

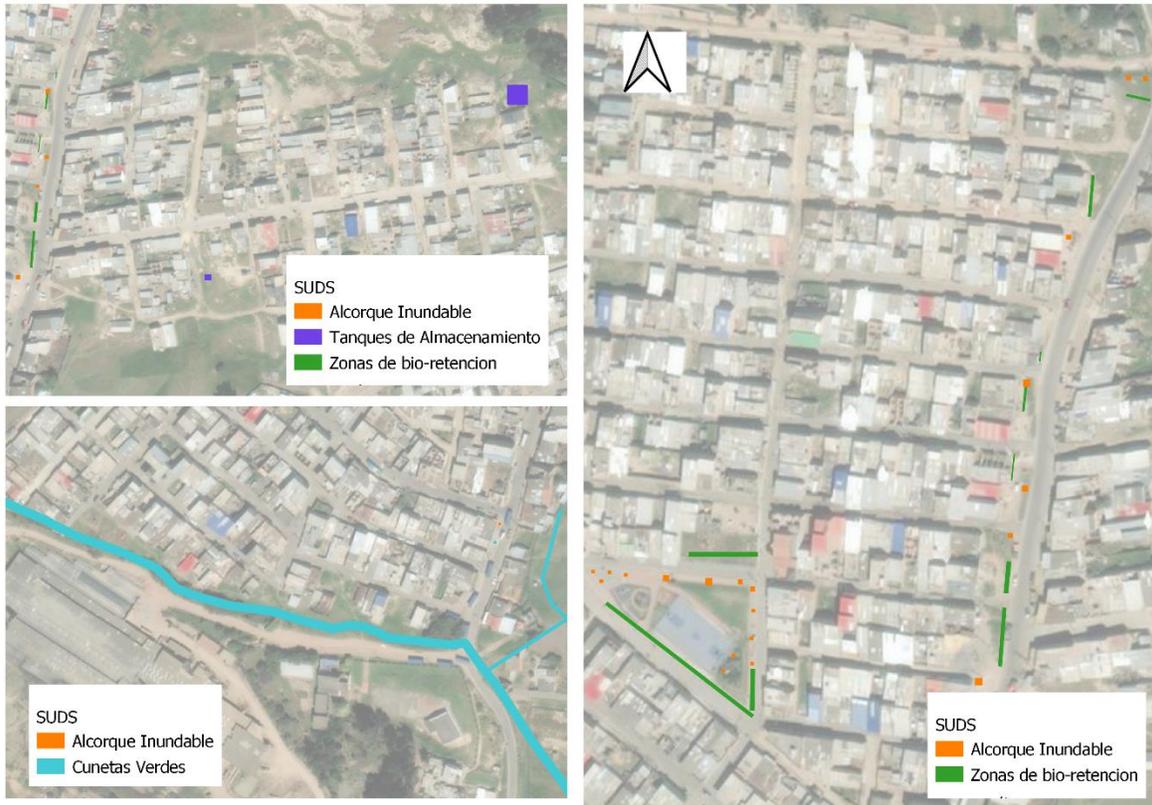


Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.3.5 Disposición de las tipologías en el sector del Mochuelo Bajo

Siendo así, se obtiene el diseño y ubicación de los SUDS en el sector de Mochuelo Bajo, como se observa en la Figura 75

Figura 75 SUDS en el sector de Mochuelo Bajo



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.3.6 Diseño de alcantarillado complementario

Debido a lo que indican la normatividad del acueducto (NS-085 y NS-166 del EAAB) la implementación de SUDS debe ser complementaria a el alcantarillado pluvial convencional, por lo que el objetivo es determinar, la posibilidad de reducción de diámetros de la red de alcantarillado convencional, considerando la reducción de la escorrentía superficial de los SUDS.

Teniendo en cuenta los aportes pluviales calculados, se realiza una simulación incluyendo dichos caudales en las redes de alcantarillado proyectadas para el sistema pluvial, a continuación, se muestran los resultados obtenidos para el sector de Mochuelo Bajo, para los caudales calculados con un periodo de retorno de 10 años. Para ver los resultados completos, remitirse a la memoria de cálculo.

Tabla 78 Resultados Evaluación Hidráulica Diseño Aportes Pluviales Mochuelo Bajo – Tr 10 Años

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s) (SUDS)	ANÁLISIS VELOCIDAD SUDS	FUERZA TRACTIVA (τ) (N/m ²) (SUDS)	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA (SUDS)	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q _ø (SUDS)	ANÁLISIS DE CAPACIDAD (SUDS)	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE) (SUDS)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO (SUDS)
CO-747	1.42	Aceptable	3.13	Aceptable	0.37	Aceptable	0.84	Subcrítico
CO-672	3.64	Aceptable	28.51	Normal	0.91	Capacidad Normal	1.70	Supercrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s) (SUDS)	ANÁLISIS VELOCIDAD SUDS	FUERZA TRACTIVA (τ) (N/m ²) (SUDS)	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA (SUDS)	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q _ø (SUDS)	ANÁLISIS DE CAPACIDAD (SUDS)	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE) (SUDS)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO (SUDS)
CO-673	5.68	Superior al Rango	64.84	Alto Arrastre	0.69	Capacidad Normal	2.74	Supercrítico
CO-674	6.88	Superior al Rango	92.67	Alto Arrastre	0.60	Capacidad Normal	3.38	Supercrítico
CO-675	6.09	Superior al Rango	79.42	Alto Arrastre	0.89	Capacidad Normal	2.85	Supercrítico
CO-676	6.59	Superior al Rango	94.05	Alto Arrastre	0.93	Capacidad Normal	3.07	Supercrítico
CO-677(1)	7.39	Superior al Rango	117.09	Alto Arrastre	0.44	Aceptable	3.40	Supercrítico
CO-677(2)	6.43	Superior al Rango	91.65	Alto Arrastre	0.53	Capacidad Normal	2.88	Supercrítico
CO-734	2.92	Aceptable	12.01	Aceptable	0.16	Aceptable	2.03	Supercrítico
CO-781	3.21	Aceptable	14.81	Aceptable	0.13	Aceptable	2.34	Supercrítico
CO-782	3.66	Aceptable	27.09	Normal	0.08	Aceptable	2.01	Supercrítico
CO-783	4.94	Máximo	72.96	Alto Arrastre	0.87	Capacidad Normal	1.85	Supercrítico
CO-780	6.97	Superior al Rango	136.62	Alto Arrastre	0.71	Capacidad Normal	2.66	Supercrítico
CO-777	9.07	Superior al Rango	221.74	Alto Arrastre	0.60	Capacidad Normal	3.52	Supercrítico
CO-774	9.18	Superior al Rango	234.20	Alto Arrastre	0.68	Capacidad Normal	3.51	Supercrítico
CO-660	9.2	Superior al Rango	253.37	Alto Arrastre	0.87	Capacidad Normal	3.45	Supercrítico
CO-731	1.61	Aceptable	3.73	Aceptable	0.20	Aceptable	1.07	Supercrítico
CO-784	3.42	Aceptable	17.65	Normal	0.08	Aceptable	2.38	Supercrítico
CO-785	4.34	Aceptable	31.94	Normal	0.24	Aceptable	2.49	Supercrítico
CO-786	4.76	Aceptable	63.17	Alto Arrastre	0.69	Capacidad Normal	1.82	Supercrítico
CO-757	2.22	Aceptable	8.34	Aceptable	0.62	Capacidad Normal	1.22	Supercrítico
CO-681	7.3	Superior al Rango	155.61	Alto Arrastre	0.81	Capacidad Normal	2.75	Supercrítico
CO-732	1.51	Aceptable	3.19	Aceptable	0.15	Aceptable	1.05	Supercrítico
CO-716	2.76	Aceptable	10.76	Aceptable	0.16	Aceptable	1.90	Supercrítico
CO-788	4.42	Aceptable	32.51	Normal	0.20	Aceptable	2.63	Supercrítico
CO-789	6.07	Superior al Rango	89.27	Alto Arrastre	0.34	Aceptable	2.57	Supercrítico
CO-712	1.41	Aceptable	2.73	Aceptable	0.12	Aceptable	1.03	Supercrítico
CO-825	3.32	Aceptable	36.58	Normal	0.64	Capacidad Normal	1.11	Supercrítico
CO-826	2.52	Aceptable	33.06	Normal	0.69	Capacidad Normal	1.04	Supercrítico
CO-827	3.71	Aceptable	62.12	Alto Arrastre	0.43	Aceptable	1.60	Supercrítico
CO-623	9.6	Superior al Rango	683.49	Alto Arrastre	0.15	Aceptable	3.70	Supercrítico
CO-624(1)(1)	3.6	Aceptable	118.26	Alto Arrastre	0.59	Capacidad Normal	1.11	Supercrítico
CO-624(1)(2)	8.86	Superior al Rango	590.44	Alto Arrastre	0.17	Aceptable	3.35	Supercrítico
CO-824	2.76	Aceptable	106.99	Alto Arrastre	0.63	Capacidad Normal	1.04	Supercrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s) (SUDS)	ANÁLISIS VELOCIDAD SUDS	FUERZA TRACTIVA (τ) (N/m ²) (SUDS)	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA (SUDS)	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q _ø (SUDS)	ANÁLISIS DE CAPACIDAD (SUDS)	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE) (SUDS)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO (SUDS)
CO-622	4.46	Aceptable	3374.78	Alto Arrastre	0.11	Aceptable	11.58	Supercrítico
CO-711	2.26	Aceptable	8.76	Aceptable	0.65	Capacidad Normal	1.23	Supercrítico
CO-646	2.73	Aceptable	23.55	Normal	0.83	Capacidad Normal	0.97	Subcrítico
CO-707	2.58	Aceptable	12.99	Aceptable	0.60	Capacidad Normal	1.27	Supercrítico
CO-627	4.03	Aceptable	29.64	Normal	0.40	Aceptable	2.12	Supercrítico
CO-628	3.49	Aceptable	23.91	Normal	0.62	Capacidad Normal	1.71	Supercrítico
CO-629	4.09	Aceptable	32.50	Normal	0.59	Capacidad Normal	2.02	Supercrítico
CO-630	1.99	Aceptable	10.68	Aceptable	0.60	Capacidad Normal	0.77	Subcrítico
CO-763	3.78	Aceptable	36.32	Normal	0.45	Aceptable	1.53	Supercrítico
CO-764	5.93	Superior al Rango	81.39	Alto Arrastre	0.24	Aceptable	2.65	Supercrítico
CO-738	1.43	Aceptable	2.80	Aceptable	0.12	Aceptable	1.04	Supercrítico
CO-775	3.68	Aceptable	19.88	Normal	0.06	Aceptable	2.69	Supercrítico
CO-776	3.76	Aceptable	23.69	Normal	0.21	Aceptable	2.21	Supercrítico
CO-726	0	Baja	0.00	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.06	Subcrítico
CO-772	4.06	Aceptable	26.24	Normal	0.14	Aceptable	2.57	Supercrítico
CO-773	2.87	Aceptable	13.89	Aceptable	0.22	Aceptable	1.68	Supercrítico
CO-800	2.21	Aceptable	8.16	Aceptable	0.57	Capacidad Normal	1.23	Supercrítico
CO-745	2.22	Aceptable	8.27	Aceptable	0.58	Capacidad Normal	1.23	Supercrítico
CO-670	5.01	Superior al Rango	41.76	Normal	0.20	Aceptable	2.95	Supercrítico
CO-671	5.59	Superior al Rango	57.87	Alto Arrastre	0.44	Aceptable	2.89	Supercrítico
CO-691	1.41	Aceptable	2.68	Aceptable	0.11	Aceptable	1.04	Supercrítico
CO-638	2.88	Aceptable	12.49	Aceptable	0.08	Aceptable	2.00	Supercrítico
CO-639	3.7	Aceptable	22.20	Normal	0.16	Aceptable	2.27	Supercrítico
CO-640	1.88	Aceptable	7.95	Aceptable	0.56	Capacidad Normal	0.84	Subcrítico
CO-688	5.27	Superior al Rango	55.39	Alto Arrastre	0.28	Aceptable	2.62	Supercrítico
CO-719	1.8	Aceptable	5.04	Aceptable	0.36	Aceptable	1.08	Supercrítico
CO-718	2.37	Aceptable	7.97	Aceptable	0.18	Aceptable	1.60	Supercrítico
CO-717	2.41	Aceptable	8.40	Aceptable	0.20	Aceptable	1.60	Supercrítico
CO-686	2.32	Aceptable	9.25	Aceptable	0.65	Capacidad Normal	1.26	Supercrítico
CO-648	3.51	Aceptable	21.97	Normal	0.34	Aceptable	1.90	Supercrítico
CO-649	3.87	Aceptable	26.17	Normal	0.29	Aceptable	2.14	Supercrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s) (SUDS)	ANÁLISIS VELOCIDAD SUDS	FUERZA TRACTIVA (τ) (N/m ²) (SUDS)	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA (SUDS)	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q _ø (SUDS)	ANÁLISIS DE CAPACIDAD (SUDS)	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE) (SUDS)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO (SUDS)
CO-650	3.51	Aceptable	21.89	Normal	0.34	Aceptable	1.89	Supercrítico
CO-790	4.43	Aceptable	34.02	Normal	0.28	Aceptable	2.47	Supercrítico
CO-791	6.09	Superior al Rango	75.51	Alto Arrastre	0.72	Capacidad Normal	2.92	Supercrítico
CO-802	2.27	Aceptable	8.59	Aceptable	0.58	Capacidad Normal	1.25	Supercrítico
CO-696	2.24	Aceptable	8.37	Aceptable	0.56	Capacidad Normal	1.25	Supercrítico
CO-762	3.51	Aceptable	19.99	Normal	0.16	Aceptable	2.16	Supercrítico
CO-748	3.32	Aceptable	16.84	Normal	0.31	Aceptable	2.04	Supercrítico
CO-760	3.05	Aceptable	20.99	Normal	0.57	Capacidad Normal	1.36	Supercrítico
CO-679	6.34	Superior al Rango	101.43	Alto Arrastre	0.43	Aceptable	2.59	Supercrítico
CO-680(1)	7.85	Superior al Rango	158.71	Alto Arrastre	0.48	Aceptable	3.14	Supercrítico
CO-680(2)	7.87	Superior al Rango	172.07	Alto Arrastre	0.68	Capacidad Normal	3.01	Supercrítico
CO-765	1.72	Aceptable	4.32	Aceptable	0.21	Aceptable	1.13	Supercrítico
CO-761	2.68	Aceptable	14.09	Aceptable	0.61	Capacidad Normal	1.32	Supercrítico
CO-678	3.44	Aceptable	31.23	Normal	0.55	Capacidad Normal	1.35	Supercrítico
CO-714	0	Baja	0.00	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.07	Subcrítico
CO-692	0	Baja	0.00	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.08	Subcrítico
CO-724	2.45	Aceptable	8.62	Aceptable	0.19	Aceptable	1.63	Supercrítico
CO-729	1.63	Aceptable	3.74	Aceptable	0.16	Aceptable	1.12	Supercrítico
CO-661	3.07	Aceptable	13.17	Aceptable	0.04	Aceptable	2.50	Supercrítico
CO-723	0	Baja	0.00	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.10	Subcrítico
CO-779	3.85	Aceptable	25.54	Normal	0.26	Aceptable	2.17	Supercrítico
CO-690	1.65	Aceptable	3.84	Aceptable	0.17	Aceptable	1.13	Supercrítico
CO-752	0	Baja	0.00	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.07	Subcrítico
CO-700	2.32	Aceptable	8.97	Aceptable	0.57	Capacidad Normal	1.29	Supercrítico
CO-737	1.66	Aceptable	3.92	Aceptable	0.17	Aceptable	1.13	Supercrítico
CO-756	2.49	Aceptable	10.92	Aceptable	0.76	Capacidad Normal	1.33	Supercrítico
CO-685(1)	6.31	Superior al Rango	76.51	Alto Arrastre	0.54	Capacidad Normal	3.15	Supercrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s) (SUDS)	ANÁLISIS VELOCIDAD SUDS	FUERZA TRACTIVA (τ) (N/m ²) (SUDS)	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA (SUDS)	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q _ø (SUDS)	ANÁLISIS DE CAPACIDAD (SUDS)	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE) (SUDS)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO (SUDS)
CO-811	6.05	Superior al Rango	105.99	Alto Arrastre	0.59	Capacidad Normal	3.65	Supercrítico
CO-771	2.74	Aceptable	14.72	Aceptable	0.61	Capacidad Normal	1.35	Supercrítico
CO-766	4.33	Aceptable	33.21	Normal	0.33	Aceptable	2.35	Supercrítico
CO-746	2.57	Aceptable	12.03	Aceptable	0.86	Capacidad Normal	1.35	Supercrítico
CO-755	2.28	Aceptable	8.54	Aceptable	0.52	Capacidad Normal	1.28	Supercrítico
CO-684	5.74	Superior al Rango	59.51	Alto Arrastre	0.37	Aceptable	3.04	Supercrítico
CO-720	0	Baja	0.00	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.05	Subcrítico
CO-805	2.25	Aceptable	8.21	Aceptable	0.49	Aceptable	1.28	Supercrítico
CO-794	3.41	Aceptable	20.43	Normal	0.30	Aceptable	1.88	Supercrítico
CO-795	4.71	Aceptable	39.75	Normal	0.36	Aceptable	2.52	Supercrítico
CO-725	1.58	Aceptable	3.49	Aceptable	0.14	Aceptable	1.12	Supercrítico
CO-715	1.41	Aceptable	2.66	Aceptable	0.10	Aceptable	1.07	Supercrítico
CO-693	1.96	Aceptable	5.81	Aceptable	0.29	Aceptable	1.21	Supercrítico
CO-706	2.23	Aceptable	8.06	Aceptable	0.47	Aceptable	1.28	Supercrítico
CO-713	2.74	Aceptable	9.94	Aceptable	0.63	Capacidad Normal	1.32	Supercrítico
CO-721	2.37	Aceptable	9.37	Aceptable	0.58	Capacidad Normal	1.31	Supercrítico
CO-744	2.1	Aceptable	6.83	Aceptable	0.35	Aceptable	1.26	Supercrítico
CO-669	2.79	Aceptable	12.30	Aceptable	0.13	Aceptable	1.79	Supercrítico
CO-703	2.42	Aceptable	9.84	Aceptable	0.58	Capacidad Normal	1.34	Supercrítico
CO-633	2.1	Aceptable	8.38	Aceptable	0.52	Capacidad Normal	1.05	Supercrítico
CO-699	1.67	Aceptable	3.91	Aceptable	0.15	Aceptable	1.16	Supercrítico
CO-798	2.39	Aceptable	9.48	Aceptable	0.54	Capacidad Normal	1.34	Supercrítico
CO-695	0	Baja	0.00	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.11	Subcrítico
CO-801	2.42	Aceptable	9.73	Aceptable	0.55	Capacidad Normal	1.35	Supercrítico
CO-751	2.21	Aceptable	7.67	Aceptable	0.39	Aceptable	1.31	Supercrítico
CO-758	2.61	Aceptable	11.89	Aceptable	0.72	Capacidad Normal	1.40	Supercrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s) (SUDS)	ANÁLISIS VELOCIDAD SUDS	FUERZA TRACTIVA (τ) (N/m ²) (SUDS)	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA (SUDS)	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q _ø (SUDS)	ANÁLISIS DE CAPACIDAD (SUDS)	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE) (SUDS)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO (SUDS)
CO-736	1.82	Aceptable	5.15	Aceptable	0.36	Aceptable	1.09	Supercrítico
CO-778	3.72	Aceptable	20.57	Normal	0.07	Aceptable	2.65	Supercrítico
CO-697	1.8	Aceptable	4.62	Aceptable	0.18	Aceptable	1.22	Supercrítico
CO-687	2.76	Aceptable	10.83	Aceptable	0.17	Aceptable	1.88	Supercrítico
CO-709	1.86	Aceptable	4.98	Aceptable	0.20	Aceptable	1.24	Supercrítico
CO-642	2.86	Aceptable	11.88	Aceptable	0.06	Aceptable	2.12	Supercrítico
CO-643	1.72	Aceptable	6.07	Aceptable	0.77	Capacidad Normal	0.82	Subcrítico
CO-710	2.52	Aceptable	10.66	Aceptable	0.58	Capacidad Normal	1.40	Supercrítico
CO-741	2.77	Aceptable	13.78	Aceptable	0.83	Capacidad Normal	1.46	Supercrítico
CO-659	4.91	Máximo	48.90	Normal	0.72	Capacidad Normal	2.35	Supercrítico
CO-797	2.49	Aceptable	10.21	Aceptable	0.53	Capacidad Normal	1.40	Supercrítico
CO-799	2.53	Aceptable	10.62	Aceptable	0.56	Capacidad Normal	1.41	Supercrítico
CO-742	1.4	Aceptable	2.54	Aceptable	0.07	Aceptable	1.13	Supercrítico
CO-694	1.76	Aceptable	4.33	Aceptable	0.15	Aceptable	1.23	Supercrítico
CO-636	2.41	Aceptable	8.38	Aceptable	0.05	Aceptable	1.83	Supercrítico
CO-759	2.71	Aceptable	12.74	Aceptable	0.69	Capacidad Normal	1.46	Supercrítico
CO-722	2.47	Aceptable	9.89	Aceptable	0.48	Aceptable	1.41	Supercrítico
CO-730	2.77	Aceptable	10.63	Aceptable	0.14	Aceptable	1.96	Supercrítico
CO-787	2.87	Aceptable	12.24	Aceptable	0.07	Aceptable	2.05	Supercrítico
CO-750	2.51	Aceptable	10.31	Aceptable	0.50	Aceptable	1.43	Supercrítico
CO-733	0	Baja	0.00	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.08	Subcrítico
CO-704	2.36	Aceptable	8.65	Aceptable	0.36	Aceptable	1.41	Supercrítico
CO-708	2.29	Aceptable	7.45	Aceptable	0.18	Aceptable	1.55	Supercrítico
CO-749	2.44	Aceptable	8.46	Aceptable	0.18	Aceptable	1.65	Supercrítico
CO-740	2.39	Aceptable	8.80	Aceptable	0.33	Aceptable	1.45	Supercrítico
CO-667	2.87	Aceptable	14.20	Aceptable	0.26	Aceptable	1.62	Supercrítico
CO-668	3.86	Aceptable	24.36	Normal	0.17	Aceptable	2.34	Supercrítico
CO-658	5.54	Superior al Rango	54.19	Alto Arrastre	0.32	Aceptable	3.03	Supercrítico
CO-807	1.86	Aceptable	5.43	Aceptable	0.37	Aceptable	1.11	Supercrítico
CO-793	2.18	Aceptable	7.71	Aceptable	0.16	Aceptable	1.34	Supercrítico

TRAMO	VELOCIDAD DE DISEÑO (m/s) (SUDS)	ANÁLISIS VELOCIDAD SUDS	FUERZA TRACTIVA (τ) (N/m ²) (SUDS)	ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA (SUDS)	CAUDAL DE DISEÑO / CAPACIDAD A TUBO LLENO Q/Q _ø (SUDS)	ANÁLISIS DE CAPACIDAD (SUDS)	REGIMEN DE FLUJO (NÚMERO DE FROUDE) (SUDS)	ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO (SUDS)
CO-739	2.95	Aceptable	11.85	Aceptable	0.12	Aceptable	2.16	Supercrítico
CO-753	3.03	Aceptable	14.79	Aceptable	0.45	Aceptable	1.75	Supercrítico
CO-682	5.87	Superior al Rango	57.80	Alto Arrastre	0.21	Aceptable	3.43	Supercrítico
CO-683	5.6	Superior al Rango	52.97	Alto Arrastre	0.23	Aceptable	3.23	Supercrítico
CO-803	2.94	Aceptable	13.54	Aceptable	0.39	Aceptable	1.73	Supercrítico
CO-727	2.58	Aceptable	10.12	Aceptable	0.30	Aceptable	1.60	Supercrítico
CO-770	3.27	Aceptable	17.59	Normal	0.52	Capacidad Normal	1.84	Supercrítico
CO-768	4.87	Aceptable	43.04	Normal	0.38	Aceptable	2.57	Supercrítico
CO-810	3.25	Aceptable	16.49	Normal	0.37	Aceptable	1.94	Supercrítico
CO-769	4.13	Aceptable	26.09	Normal	0.32	Aceptable	2.52	Supercrítico
CO-767	4.59	Aceptable	33.82	Normal	0.15	Aceptable	2.86	Supercrítico
CO-728	4.47	Aceptable	31.00	Normal	0.35	Aceptable	2.68	Supercrítico
CO-804	4.06	Aceptable	23.86	Normal	0.20	Aceptable	2.68	Supercrítico
CO-817	6.35	Superior al Rango	76.80	Alto Arrastre	0.52	Capacidad Normal	3.19	Supercrítico
CO-816	4.94	Máximo	49.62	Normal	0.73	Capacidad Normal	2.37	Supercrítico
CO-743	0	Baja	0.00	Bajo Arrastre	0.00	Aceptable	0.17	Subcrítico
CO-754	4.69	Aceptable	31.32	Normal	0.17	Aceptable	3.21	Supercrítico

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.3.6.1 Capacidad Hidráulica

De acuerdo con la evaluación hidráulica realizada a los tramos proyectados para el sistema de alcantarillado pluvial, se obtuvieron los siguientes resultados para el periodo de retorno de 10 años:

Tabla 79 Capacidad Sistema de Alcantarillado Pluvial Diseño

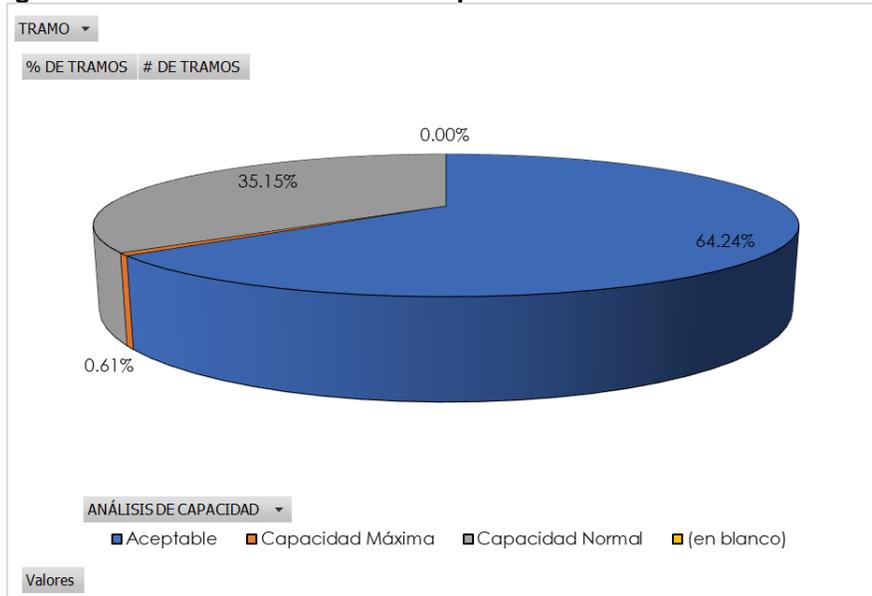
ANÁLISIS DE CAPACIDAD	% DE TRAMOS	# DE TRAMOS
Aceptable	64.24%	106
Capacidad Máxima	0.61%	1
Capacidad Normal	35.15%	58
Total general	100.00%	165

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Como se puede observar en la tabla anterior, solo 1 de los tramos de la red de alcantarillado proyectada, presentan capacidades máximas, sin embargo no superan los criterios hidráulicos establecidos en la normatividad vigente.

En la siguiente figura se presentan los resultados de la distribución porcentual con respecto a las capacidades de las tuberías proyectadas para el sistema pluvial.

Figura 76 Distribución Porcentual Capacidad Alcantarillado Pluvial Diseño



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.3.6.2 Velocidades Máximas y Mínimas

De acuerdo a la evaluación hidráulica realizada a los tramos proyectados para el sistema de alcantarillado pluvial, se obtuvieron los siguientes resultados para el periodo de retorno de 10 años:

Tabla 80 Velocidad Sistema de Alcantarillado Pluvial Diseño

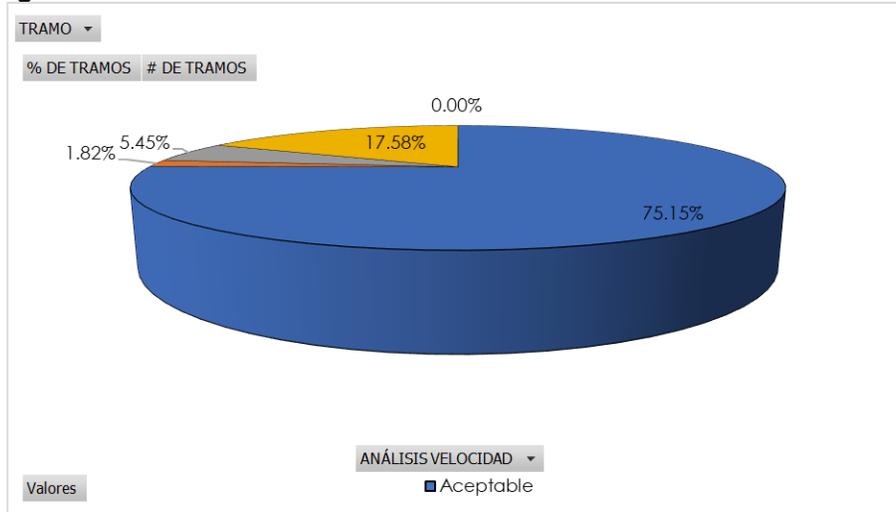
ANÁLISIS VELOCIDAD	% DE TRAMOS	# DE TRAMOS
Aceptable	75.15%	124
Máximo	1.82%	3
Baja	5.45%	9
Superior al Rango	17.58%	29
Total general	100.00%	165

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Como se puede observar en la tabla anterior, solo 3 de los tramos de la red de alcantarillado proyectada presenta un valor de velocidad máximo, sin embargo, esto no afecta el correcto funcionamiento hidráulico del sistema ya que no se superan los rangos establecidos en la normatividad vigente.

En la siguiente figura se presentan los resultados de la distribución porcentual con respecto a la velocidad en las tuberías que hacen parte del alcantarillado sanitario del sector Mochuelo Bajo.

Figura 77 Distribución Porcentual Velocidad Alcantarillado Pluvial Diseño



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.3.6.3 Fuerzas Tractivas Mínimas

De acuerdo a la evaluación hidráulica realizada a los tramos proyectados para el sistema de alcantarillado pluvial, se obtuvieron los siguientes resultados para el periodo de retorno de 10 años:

Tabla 81 Fuerza Tractiva Sistema de Alcantarillado Pluvial Diseño

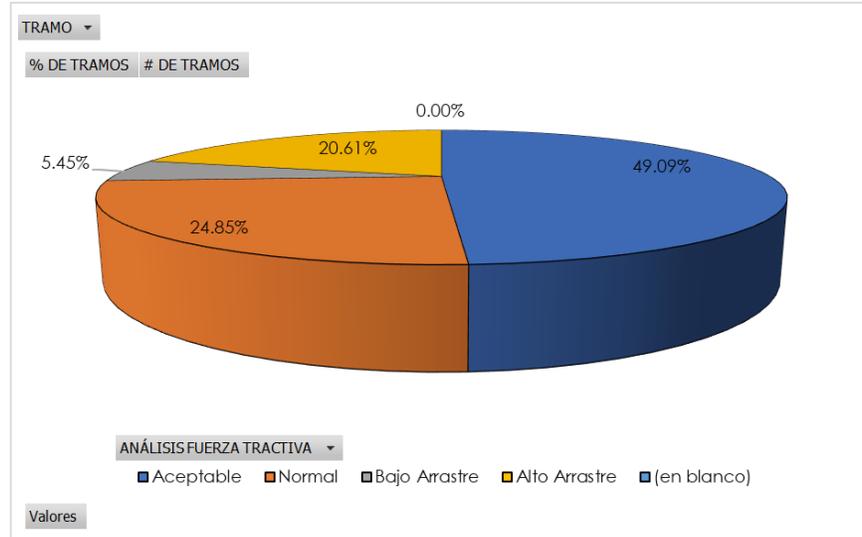
ANÁLISIS FUERZA TRACTIVA	% DE TRAMOS	# DE TRAMOS
Aceptable	49.09%	81
Normal	24.85%	41
Bajo Arrastre	5.45%	9
Alto Arrastre	20.61%	34
Total general	100.00%	165

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Como se puede observar en la tabla anterior, algunos tramos presentan alto y bajo arrastre, sin embargo estos valores se presentan en tramos iniciales donde el caudal es bajo, de igual manera el sector presenta pendientes altas que son propicias a generar altas velocidades y por consiguiente altos valores de capacidad de arrastre

En la siguiente figura se presentan las distribuciones porcentuales de la capacidad de arrastre en el sistema de alcantarillado de Mochuelo Bajo.

Figura 78 Distribución Porcentual Fuerza Tractiva Alcantarillado Pluvial Diseño



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

11.3.6.4 Régimen de Flujo

De acuerdo a la evaluación hidráulica realizada a los tramos proyectados para el sistema de alcantarillado pluvial, se obtuvieron los siguientes resultados para el periodo de retorno de 10 años:

Tabla 82 Régimen de Flujo Sistema de Alcantarillado Pluvial Diseño

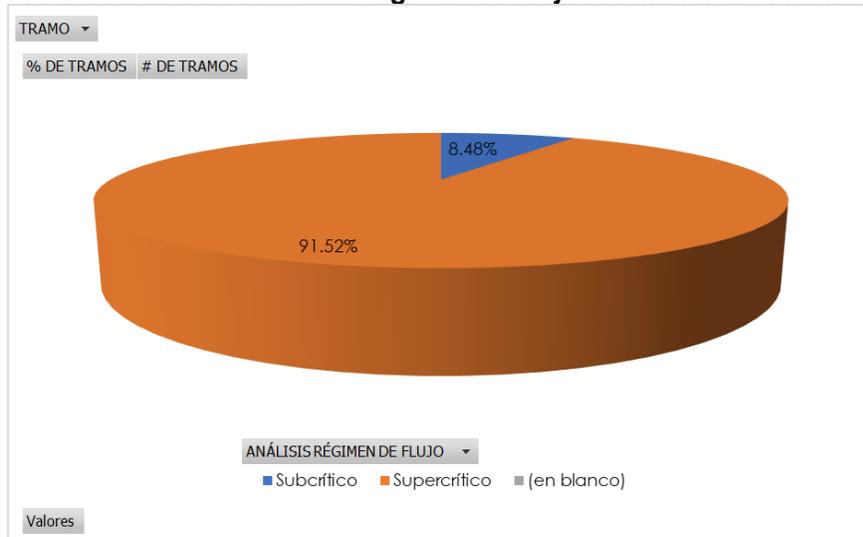
ANÁLISIS RÉGIMEN DE FLUJO	% DE TRAMOS	# DE TRAMOS
Subcrítico	8.48%	14
Supercrítico	91.52%	151
Total general	100.00%	165

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Los regímenes de flujo en su totalidad se encuentran en valores subcríticos y supercríticos, no se presentan valores críticos, lo cual indica que no se presenta inestabilidad en la lámina de agua generada en las redes del sistema proyectado.

En la siguiente figura se presentan las distribuciones porcentuales del régimen de flujo en el sistema de alcantarillado de Mochuelo Bajo.

Figura 79 Distribución Porcentual régimen de Flujo Alcantarillado Pluvial Diseño



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

12 EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO HIDRÁULICO DE LOS CUERPOS DE AGUA RECEPTORES, EN CONDICIÓN ACTUAL Y CON LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

El presente capítulo consiste en una comparación de los caudales máximos resultantes para diferentes periodos de retorno, en los cuerpos de agua donde se proyectan realizar las descargas, con el objetivo de determinar cuál alternativa presenta las menores crecientes sobre los cuerpos de agua considerando que la zona presenta condiciones de inundabilidad no favorables.

12.1 CONDICIÓN NATURAL

Se calculan los valores de los caudales máximos instantáneos para las áreas de drenaje aferentes a las descargas en condición natural, con periodos de retorno variables entre 2 y 100 años, utilizando la fórmula Racional.

En la Tabla 83 se presentan las características morfométricas definidas para cada una de las cuencas hidrográficas aferentes en condición natural. La delimitación de las cuencas hidrográficas se presenta en la

Figura 80

Tabla 83 Características morfométricas de las áreas aferentes a las descargas en condición natural

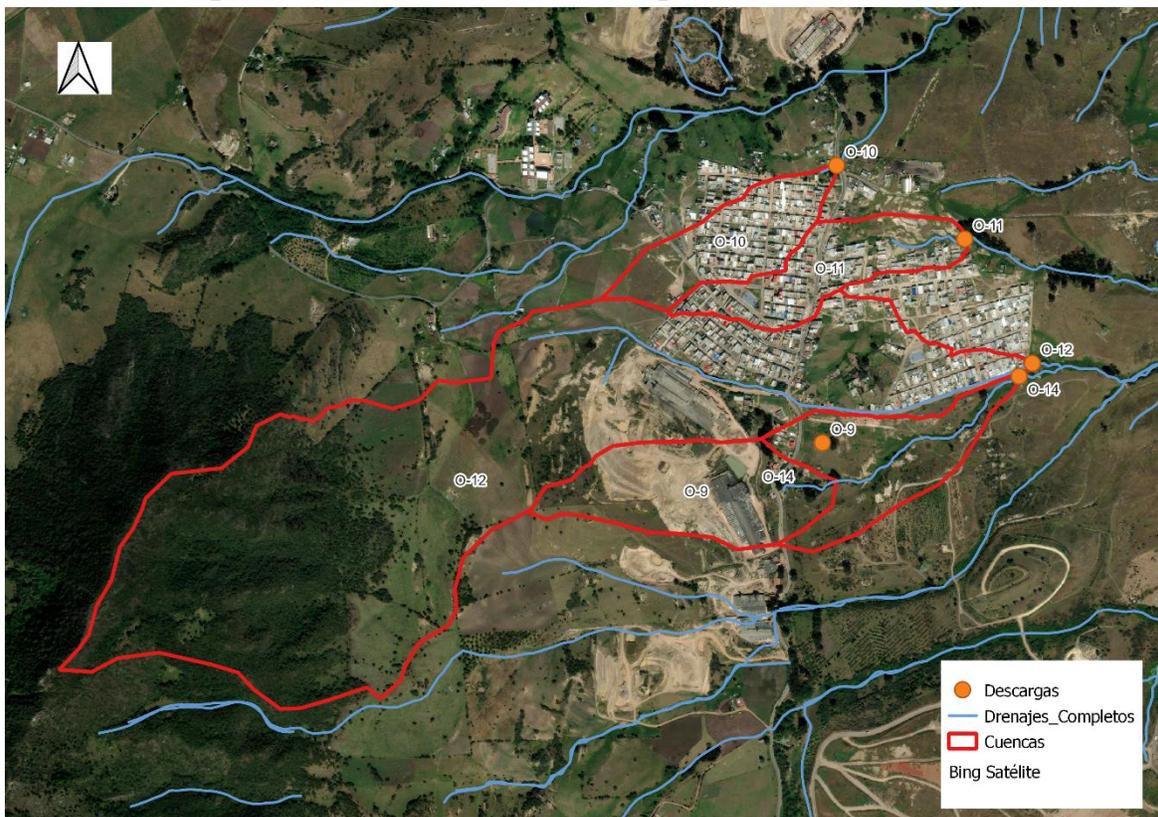
Nombre	Área cuenca (km ²)	Longitud del cauce (km)	Perímetro (km)	Longitud axial de la hoya (km)	Ancho medio de la hoya (km)	Cota mínima (m.s.n.m)	Cota máxima (m.s.n.m)	Pendiente del cauces (m/m)	Longitud total de los cauces (km)
O-10	0.06	0.03	1.22	0.55	0.11	2850.00	2920.00	0.303	0.03
O-11	0.06	0.16	1.43	0.62	0.10	2830.00	2910.00	0.122	0.16

Nombre	Área cuenca (km ²)	Longitud del cauce (km)	Perímetro (km)	Longitud axial de la hoya (km)	Ancho medio de la hoya (km)	Cota mínima (m.s.n.m)	Cota máxima (m.s.n.m)	Pendiente del cauces (m/m)	Longitud total de los cauces (km)
O-12	0.62	1.08	4.89	2.05	0.30	2810.00	3360.00	0.121	1.19
O-14	0.17	0.58	2.25	1.04	0.16	2810.00	3000.00	0.139	0.58
O-9	0.09	0.12	1.41	0.62	0.15	2870.00	3000.00	0.164	0.12

Nombre	Clasificación densidad de drenaje	Tiempo de concentración (min)	Tiempo de retardo (min)	Clasificación índice de gravelius o coeficiente de compacidad (Kc)	Clasificación coeficiente de forma (Kf)	Clasificación índice de sinuosidad (S)
O-10	Baja	15.00	9.00	Oval Redonda	Alargada	Canal rectilíneo
O-11	Baja	15.00	9.00	Oblonga	Alargada	Canal rectilíneo
O-12	Baja	15.00	9.00	Oblonga	Alargada	Canal rectilíneo
O-14	Baja	16.10	9.66	Oblonga	Alargada	Canal rectilíneo
O-9	Baja	26.59	15.95	Oval Redonda	Alargada	Canal rectilíneo

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Figura 80 Delimitación cuencas hidrográficas condición natural



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

En la Tabla 84 se presentan los tiempos de concentración calculados para cada una de las

cuencas hidrográficas aferentes en condición natural.

Tabla 84 Tiempos de concentración de áreas las aferentes a las descargas en condición natural

Ho ya No	Nom bre	Kirpic h (Minu tos)	Teme z (Minu tos)	Giand otti (Minu tos)	Vt Chow (Minu tos)	Cuerp o De Ingeni eros (Minu tos)	Willia ms (Minu tos)	Johnst one Y Cross (Minu tos)	Scs-Rans er (Minu tos)	Ventu ra-Heras (Minu tos)	Media na (Minu tos)	Tiempo De Concentr ación Seleccion ado (Minutos)
1	O-10	0.46	1.69	24.17	2.70	1.58	0.68	6.79	0.22	0.74	1.58	15.00
2	O-11	2.22	6.79	20.93	10.10	6.34	4.20	19.01	1.30	2.90	6.34	15.00
3	O-9	1.58	5.13	23.41	7.60	4.79	2.80	15.23	0.77	2.20	4.79	15.00
4	O-14	5.57	17.25	20.91	21.68	16.10	13.00	34.53	3.99	7.28	16.10	16.10
5	O-12	9.51	28.48	31.33	33.82	26.59	22.04	48.88	5.46	11.94	26.59	26.59

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

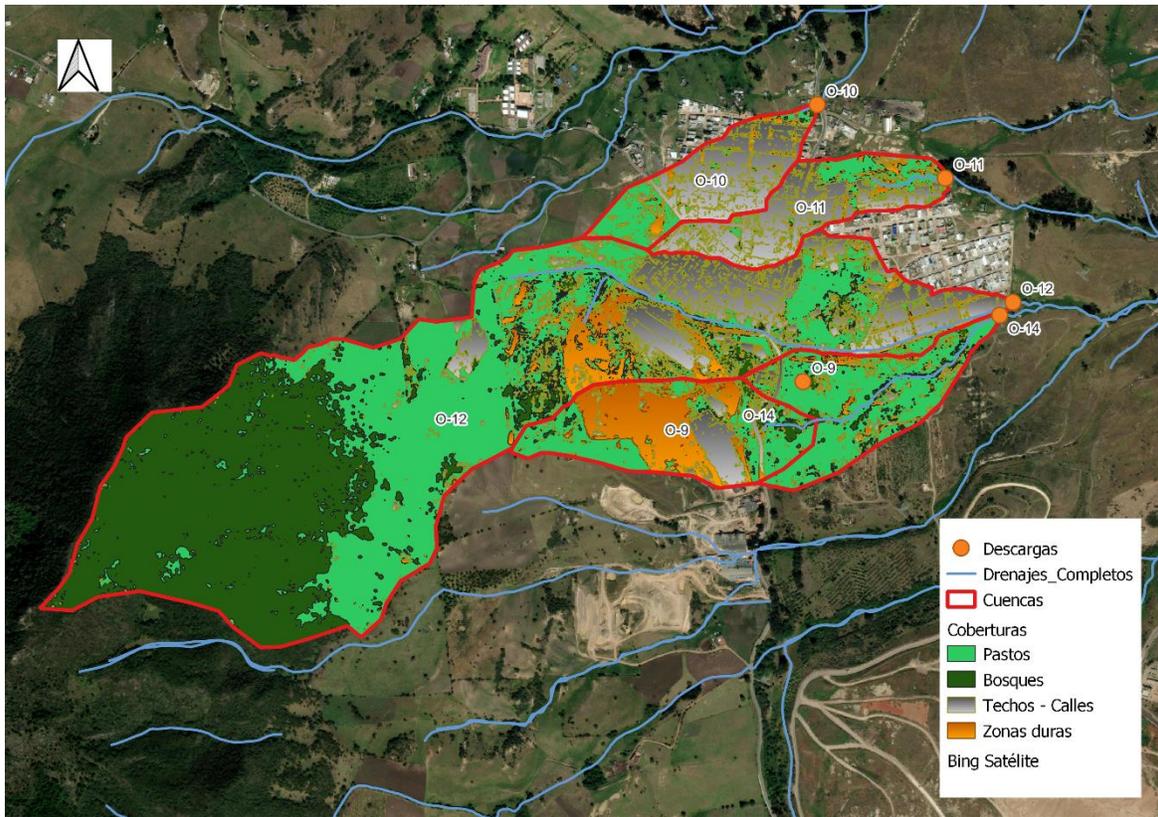
En la Tabla 85 se presentan el coeficiente de escorrentía C calculados para cada una de las cuencas hidrográficas aferentes en condición natural, la distribución de las coberturas se muestra en la Figura 81

Tabla 85 Coeficiente de escorrentía C de las áreas aferentes a las descargas en condición natural

Cuenca	Bosque		Pastos		Techos - Calles		Zonas Desnudas		C Ponderado
	Área (km ²)	C	Área (km ²)	C	Área (km ²)	C	Área (km ²)	C	
O-10	1.25874E-06	0.1	1.6213E-05	0.3	3.68E-05	0.95	4.5175E-06	0.75	0.74
O-11	1.76301E-06	0.1	1.5126E-05	0.3	4.0278E-05	0.95	5.6185E-06	0.75	0.75
O-12	0.000244122	0.1	0.00024612	0.3	9.5142E-05	0.95	3.3568E-05	0.75	0.35
O-14	9.74484E-06	0.1	9.2533E-05	0.3	2.3204E-05	0.95	4.0201E-05	0.75	0.49
O-9	4.37906E-06	0.1	3.5094E-05	0.3	1.6238E-05	0.95	3.6268E-05	0.75	0.58

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Figura 81 Coeficiente de escorrentía C de las áreas aferentes a las descargas en condición



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Por último, en la Tabla 86 se presentan los caudales máximos instantáneos mediante el método racional, para cada una de las cuencas hidrográficas aferentes en condición natural

Tabla 86 Caudales máximos instantáneos de las áreas aferentes a las descargas en condición natural

Hoya No.	Nombre	Área (km ²)	Tiempo de Concentración Seleccionado (min)	Coeficiente de Escorrentía	Intensidad (mm/hr)						Caudal (m ³ /s)					
					T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 25 Años	T= 50 Años	T= 100 Años	T= 2 Años	T= 5 Años	T= 10 Años	T= 20 Años	T= 50 Años	T= 100 Años
1	O-10	0.059	15.000	0.74	37.5	44.6	53.6	65.0	73.5	81.8	0.45	0.54	0.65	0.78	0.88	0.98
2	O-11	0.063	15.000	0.75	37.5	44.6	53.6	65.0	73.5	81.8	0.49	0.59	0.70	0.85	0.96	1.07
3	O-12	0.619	26.586	0.35	29.2	34.7	41.7	50.5	57.0	63.5	1.73	2.06	2.48	3.00	3.39	3.77
4	O-14	0.166	16.100	0.49	36.5	43.4	52.2	63.3	71.5	79.6	0.82	0.98	1.17	1.42	1.61	1.79
5	O-9	0.092	15.000	0.58	37.5	44.6	53.6	65.0	73.5	81.8	0.56	0.66	0.80	0.97	1.09	1.22

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

12.2 CONDICIÓN ALTERNATIVA NO. 1: ALCANTARILLADO PLUVIAL CONVENCIONAL

En la Figura 82 las áreas de drenaje aferentes a las descargas con la propuesta de la Alternativa 1.

Figura 82 Cuencas descargas pluviales alternativa No. 1



Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

En la Tabla 87 se presentan los caudales máximos instantáneos obtenidos mediante la modelación, para cada una de las cuencas hidrográficas aferentes con la propuesta de la Alternativa 1.

Tabla 87 Caudales máximos instantáneos de las áreas aferentes a las descargas Alternativa No. 1

Hoya No.	Nombre	Área	Caudal (m ³ /s)
		(km ²)	T= 10 Años
1	O-10	0.105	1.254
2	O-11	0.045	0.378
3	O-12	0.085	0.919
4	O-14	0.736	0.263
5	O-9	0.629	4.024

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

12.3 CONDICIÓN ALTERNATIVA NO. 2: SUDS

Las áreas de drenaje para las descargas se comportan igual que en la alternativa No. 1, como se muestra en la Figura 82 Cuencas descargas pluviales alternativa No. 1.

En la Tabla 86 se presentan los caudales máximos instantáneos obtenidos mediante la modelación, para cada una de las cuencas hidrográficas aferentes con la propuesta de la Alternativa 2.

Tabla 88 Caudales máximos instantáneos de las áreas aferentes a las descargas Alternativa No. 2

Hoya No.	Nombre	Área	Caudal (m ³ /s)
		(km ²)	T= 10 Años
1	O-10	0.105	1.162
2	O-11	0.045	0.334
3	O-12	0.085	0.870
4	O-14	0.736	0.263
5	O-9	0.629	3.995

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

12.4 COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como se puede observar en la Tabla 89 la alternativa No. 2 reduce a comparación de la alternativa No. 1 el aumento o disminución.

Tabla 89 Comparación de cambio en las crecientes

Hoya No.	Nombre	Caudal (m ³ /s) T= 10 Años			CAMBIO VS LA CONDICION NATURAL	
		Condición natural	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 1	Alternativa 2
1	O-10	0.646	1.254	1.162	194%	180%
2	O-11	0.703	0.378	0.334	54%	47%
3	O-12	2.476	0.919	0.870	37%	35%
4	O-14	1.173	0.263	0.263	22%	22%
5	O-9	0.798	4.024	3.995	504%	500%
				Promedio	162%	157%

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

13 MATRIZ MULTICRITERIO

Se realiza la evaluación de las alternativas planteadas, fundamentada en un análisis de costo mínimo y costo beneficio, desde el punto de vista económico, ambiental, técnico, operativo y de mantenimiento.

Los criterios de evaluación y cada uno de los pesos porcentuales, que estos tendrán sobre la decisión final para la escogencia de la mejor alternativa serán los siguientes:

Evaluación Técnica: Para cada una de las alternativas, se analizarán los siguientes parámetros hidráulicos: Capacidad, Velocidad, Fuerza Tractiva y Régimen de Flujo. La metodología de evaluación consiste en determinar, para cada uno de los criterios a evaluar, cual es el que presenta una mayor cantidad de tramos dentro del rango establecido por la normatividad como aceptable o adecuado para su comportamiento hidráulico.

Es importante tener en cuenta que, las alternativas a evaluar para dar solución a la problemática en el sector de Mochuelo Bajo se encuentran técnicamente sostenidas en las bases teóricas y normativas requeridas para su labor; por lo cual, la comparación desde el punto de vista técnico consiste en determinar cuál es la alternativa que en comparación de las demás presenta un mejor comportamiento.

Evaluación Ambiental y Social: Este criterio considera los impactos negativos y/o positivos que la

alternativa puede tener sobre el entorno integral del sector, abarcando los aspectos ambientales de la solución frente a su formulación final. Este criterio tendrá un peso porcentual sobre la decisión final del 25%, entendiendo las problemáticas ambientales de la zona. Su asignación de puntaje va de 0 a 100, entendiendo 0 como la que más impactos negativos genera y 100 la que menos impactos genera.

Evaluación Económica y Financiera: Este criterio enmarca el costo que tendrá la alternativa, para que su empleo sea funcional frente a los inconvenientes o problemas formulados para el sistema. La evaluación económica y financiera permite definir la viabilidad de las alternativas teniendo en cuenta los costos de construcción, operación y mantenimiento para cada una de ellas. Este criterio tendrá un peso porcentual sobre la decisión final del 25%. Su asignación de puntaje va de 0 a 100, entendiendo 0 como la más costosa y 100 la más económica funcionalmente.

Evaluación de Operación y Mantenimiento: Este criterio valora, en forma integral la complejidad operativa en torno a los mecanismos empleados para el manejo de la alternativa y de los recursos físicos y humanos necesarios para el mantenimiento y la operación del sistema. Este criterio se puntúa considerando que 0 es la alternativa más compleja y 100 la menos compleja operativamente y que requiere menor personal o personal menos calificado para su operación. El peso porcentual sobre la decisión final de este criterio es de 25%.

En la siguiente tabla, se presentan los valores tomados en cuenta para la evaluación:

Tabla 90 Porcentajes asignados por Criterio

VALOR	ASPECTO
25%	Evaluación Técnica
25%	Evaluación Ambiental y Social
25%	Evaluación Económica
25%	Evaluación Operativa Y Mantenimiento
100%	Calificación Total

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Con estos criterios y la parametrización antes mencionada acerca de la puntuación y su rango de valoración en torno al peso porcentual de cada componente a evaluar, es lo que dará como resultado la alternativa más conveniente para dar solución la problemática identificada con relación al manejo de los aportes pluviales en el sector de Mochuelo Bajo.

En el anexo No. 7 se presentan las memorias de cálculo y matrices de evaluación.

13.1 EVALUACIÓN TÉCNICA

Este análisis consiste en evaluar el comportamiento hidráulico de los sistemas propuestos con el fin de identificar cual es el más apto técnicamente.

13.1.1 Criterios de Evaluación

Para cada una de las alternativas, se analizarán los siguientes parámetros hidráulicos:

- Capacidad
- Velocidad
- Fuerza Tractiva
- Régimen de Flujo

13.1.2 Metodología de Evaluación

La metodología de evaluación consiste en determinar, para cada uno de los criterios a evaluar, cual es el que presenta una mayor cantidad de tramos dentro del rango establecido por la normatividad como aceptable o adecuado para su comportamiento, tal y como se describe en la

siguiente tabla:

Tabla 91 Valores Admisibles por Parámetro Hidráulico

PARÁMETRO	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR ADMISIBLES		OBSERVACIÓN
Capacidad	Q/QII	-	0.85		Artículo 143 de la Res. 0330, para alcantarillado sanitario.
Velocidad	v	m/s	Mínimo	Fuerza Tractiva mínima	Artículo 141 y 148 de la Res. 0330 de 2017.
			Máximo	5	
Fuerza Tractiva	T	Pa	2 (Alcant. Combinado)		Artículo 141 y 148 de la Res. 0330 de 2017.
Régimen de Flujo	-	-	No Crítico Número de Froude ≤ 0.9 o ≥ 1.1		

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Es importante tener en cuenta que, todas las alternativas propuestas para resolver la problemática del manejo de los aportes pluviales en el sector de Mochuelo Bajo se encuentran técnicamente sostenidas en las bases teóricas y normativas requeridas para su labor; por lo cual, la comparación desde el punto de vista técnico consiste en determinar cuál es la alternativa que en comparación de las demás presenta un mejor comportamiento hidráulico.

A continuación se muestran los valores hidráulicos obtenidos en la evaluación del sistema de alcantarillado convencional y el mismo sistema pero con la implementación de SUDS como estructuras complementarias, cabe destacar que el sistema convencional es el mismo físicamente en ambas alternativas, sin embargo en la alternativa que incluye SUDS, al ser estas estructuras complementarias, afectan su funcionamiento hidráulico tal como se observa a continuación.

Tabla 92 Resultados Hidráulicos

Tramo	Caudal máximo transportado q (l/s)	Velocidad de diseño (m/s)	Caudal máximo transportado q (l/s) (SUDS)	Velocidad de diseño (m/s) (SUDS)	Análisis velocidad	Análisis velocidad SUDS	Fuerza tractiva (τ (N/m ²))	Fuerza tractiva (τ (N/m ²)) (SUDS)	Análisis fuerza tractiva	Análisis fuerza tractiva (SUDS)	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø (SUDS)	Análisis de capacidad	Análisis de capacidad (SUDS)	Regimen de flujo (número de froude)	Regimen de flujo (número de froude) (SUDS)	Análisis régimen de flujo	Análisis régimen de flujo (suds)
CO-747	23.08	0.46	23.08	1.42	Baja	Aceptable	3.13	3.13	Aceptable	Aceptable	0.37	0.37	Aceptable	Aceptable	0.84	0.84	Subcrítico	Subcrítico
CO-672	182.68	2.5	182.68	3.64	Aceptable	Aceptable	28.51	28.51	Normal	Normal	0.91	0.91	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.70	1.70	Supercrítico	Supercrítico
CO-673	227.9	6.41	228.52	5.68	Superior al Rango	Superior al Rango	64.72	64.84	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.69	0.69	Capacidad Normal	Capacidad Normal	2.74	2.74	Supercrítico	Supercrítico
CO-674	250.29	6.88	250.89	6.88	Superior al Rango	Superior al Rango	92.51	92.67	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.60	0.60	Capacidad Normal	Capacidad Normal	3.38	3.38	Supercrítico	Supercrítico
CO-675	299.02	6.08	299.73	6.09	Superior al Rango	Superior al Rango	79.29	79.42	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.89	0.89	Capacidad Normal	Capacidad Normal	2.85	2.85	Supercrítico	Supercrítico
CO-676	334.08	6.58	334.88	6.59	Superior al Rango	Superior al Rango	93.89	94.05	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.93	0.93	Capacidad Normal	Capacidad Normal	3.07	3.07	Supercrítico	Supercrítico
CO-677(1)	378	5.53	334.02	7.39	Superior al Rango	Superior al Rango	127.56	117.09	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.50	0.44	Aceptable	Aceptable	3.45	3.40	Supercrítico	Supercrítico
CO-677(2)	377.62	8.16	333.77	6.43	Superior al Rango	Superior al Rango	99.82	91.65	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.60	0.53	Capacidad Normal	Capacidad Normal	2.92	2.88	Supercrítico	Supercrítico
CO-734	25.68	2.92	25.68	2.92	Aceptable	Aceptable	12.01	12.01	Aceptable	Aceptable	0.16	0.16	Aceptable	Aceptable	2.03	2.03	Supercrítico	Supercrítico
CO-781	25.66	3.21	25.66	3.21	Aceptable	Aceptable	14.81	14.81	Aceptable	Aceptable	0.13	0.13	Aceptable	Aceptable	2.34	2.34	Supercrítico	Supercrítico
CO-782	77.78	3.81	77.78	3.66	Aceptable	Aceptable	27.09	27.09	Normal	Normal	0.08	0.08	Aceptable	Aceptable	2.01	2.01	Supercrítico	Supercrítico
CO-783	684.62	9.38	623.75	4.94	Superior al Rango	Máximo	77.81	72.96	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.95	0.87	Capacidad Máxima	Capacidad Normal	1.87	1.85	Supercrítico	Supercrítico
CO-780	812.09	11.13	750.03	6.97	Superior al Rango	Superior al Rango	144.34	136.62	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.77	0.71	Capacidad Normal	Capacidad Normal	2.68	2.66	Supercrítico	Supercrítico
CO-777	922.21	12.64	859.16	9.07	Superior al	Superior al	232.8	221.7	Alto	Alto	0.65	0.60	Capacidad	Capacidad	3.55	3.52	Supercr	Supercr

Tramo	Caudal máximo transportado q (l/s)	Velocidad de diseño (m/s)	Caudal máximo transportado q (l/s) (SUDS)	Velocidad de diseño (m/s) (SUDS)	Análisis velocidad	Análisis velocidad SUDS	Fuerza tractiva (τ (N/m ²))	Fuerza tractiva (τ (N/m ²)) (SUDS)	Análisis fuerza tractiva	Análisis fuerza tractiva (SUDS)	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø (SUDS)	Análisis de capacidad	Análisis de capacidad (SUDS)	Regimen de flujo (número de froude)	Regimen de flujo (número de froude) (SUDS)	Análisis régimen de flujo	Análisis régimen de flujo (suds)
					Rango	Rango	8	4	Arrastre	Arrastre			Normal	Normal			ítico	ítico
CO-774	1020.82	13.99	957.01	9.18	Superior al Rango	Superior al Rango	244.90	234.20	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.73	0.68	Capacidad Normal	Capacidad Normal	3.53	3.51	Supercrítico	Supercrítico
CO-660	1253.88	17.18	1161.85	9.2	Superior al Rango	Superior al Rango	267.10	253.37	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.93	0.87	Capacidad Máxima	Capacidad Normal	3.47	3.45	Supercrítico	Supercrítico
CO-731	16.63	1.61	16.63	1.61	Aceptable	Aceptable	3.73	3.73	Aceptable	Aceptable	0.20	0.20	Aceptable	Aceptable	1.07	1.07	Supercrítico	Supercrítico
CO-784	29.66	3.42	29.66	3.42	Aceptable	Aceptable	17.65	17.65	Norma	Norma	0.08	0.08	Aceptable	Aceptable	2.38	2.38	Supercrítico	Supercrítico
CO-785	79.92	4.34	79.92	4.34	Aceptable	Aceptable	31.94	31.94	Norma	Norma	0.24	0.24	Aceptable	Aceptable	2.49	2.49	Supercrítico	Supercrítico
CO-786	561.48	7.7	501.19	4.76	Superior al Rango	Aceptable	68.33	63.17	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.78	0.69	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.84	1.82	Supercrítico	Supercrítico
CO-757	52.72	1.04	52.72	2.22	Aceptable	Aceptable	8.34	8.34	Aceptable	Aceptable	0.62	0.62	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.22	1.22	Supercrítico	Supercrítico
CO-681	919.02	12.6	870.15	7.3	Superior al Rango	Superior al Rango	161.61	155.61	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.85	0.81	Capacidad Normal	Capacidad Normal	2.76	2.75	Supercrítico	Supercrítico
CO-732	13.07	1.51	13.07	1.51	Aceptable	Aceptable	3.19	3.19	Aceptable	Aceptable	0.15	0.15	Aceptable	Aceptable	1.05	1.05	Supercrítico	Supercrítico
CO-716	24.92	2.76	24.92	2.76	Aceptable	Aceptable	10.76	10.76	Aceptable	Aceptable	0.16	0.16	Aceptable	Aceptable	1.90	1.90	Supercrítico	Supercrítico
CO-788	71.24	4.42	71.24	4.42	Aceptable	Aceptable	32.51	32.51	Norma	Norma	0.20	0.20	Aceptable	Aceptable	2.63	2.63	Supercrítico	Supercrítico
CO-789	433.41	5.94	372.91	6.07	Superior al Rango	Superior al Rango	99.06	89.27	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.39	0.34	Aceptable	Aceptable	2.61	2.57	Supercrítico	Supercrítico
CO-712	10.32	0.2	10.32	1.41	Baja	Aceptable	2.73	2.73	Acepta	Acepta	0.12	0.12	Aceptable	Aceptable	1.03	1.03	Supercr	Supercr

Tramo	Caudal máximo transportado q (l/s)	Velocidad de diseño (m/s)	Caudal máximo transportado q (l/s) (SUDS)	Velocidad de diseño (m/s) (SUDS)	Análisis velocidad	Análisis velocidad SUDS	Fuerza tractiva (τ (N/m ²))	Fuerza tractiva (τ (N/m ²)) (SUDS)	Análisis fuerza tractiva	Análisis fuerza tractiva (SUDS)	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø (SUDS)	Análisis de capacidad	Análisis de capacidad (SUDS)	Regimen de flujo (número de froude)	Regimen de flujo (número de froude) (SUDS)	Análisis régimen de flujo	Análisis régimen de flujo (suds)
									ble	ble							ítico	ítico
CO-825	588.2	5.92	585.95	3.32	Superior al Rango	Aceptable	36.68	36.58	Norma	Norma	0.65	0.64	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.11	1.11	Supercrítico	Supercrítico
CO-826	587.66	5.92	584.98	2.52	Superior al Rango	Aceptable	33.16	33.06	Norma	Norma	0.70	0.69	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.04	1.04	Supercrítico	Supercrítico
CO-827	586.78	5.91	582.93	3.71	Superior al Rango	Aceptable	62.41	62.12	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.43	0.43	Aceptable	Aceptable	1.60	1.60	Supercrítico	Supercrítico
CO-623	4055.74	9.62	4026.78	9.6	Superior al Rango	Superior al Rango	686.89	683.49	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.16	0.15	Aceptable	Aceptable	3.70	3.70	Supercrítico	Supercrítico
CO-624(1)(1)	4052.32	3.61	4023.35	3.6	Aceptable	Aceptable	118.84	118.26	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.59	0.59	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.11	1.11	Supercrítico	Supercrítico
CO-624(1)(2)	4030.34	8.88	4001.33	8.86	Superior al Rango	Superior al Rango	593.40	590.44	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.17	0.17	Aceptable	Aceptable	3.36	3.35	Supercrítico	Supercrítico
CO-824	4023.77	2.77	3994.75	2.76	Aceptable	Aceptable	107.53	106.99	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.63	0.63	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.04	1.04	Supercrítico	Supercrítico
CO-622	3487.69	4.46	3487.69	4.46	Aceptable	Aceptable	3374.78	3374.78	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.11	0.11	Aceptable	Aceptable	11.58	11.58	Supercrítico	Supercrítico
CO-711	55.47	1.09	55.47	2.26	Aceptable	Aceptable	8.76	8.76	Aceptable	Aceptable	0.65	0.65	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.23	1.23	Supercrítico	Supercrítico
CO-646	412.43	4.15	411.61	2.73	Aceptable	Aceptable	23.58	23.55	Norma	Norma	0.83	0.83	Capacidad Normal	Capacidad Normal	0.97	0.97	Subcrítico	Subcrítico
CO-707	93.29	2.55	93.29	2.58	Aceptable	Aceptable	12.99	12.99	Aceptable	Aceptable	0.60	0.60	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.27	1.27	Supercrítico	Supercrítico
CO-627	107.63	4.03	107.63	4.03	Aceptable	Aceptable	29.64	29.64	Norma	Norma	0.40	0.40	Aceptable	Aceptable	2.12	2.12	Supercrítico	Supercrítico
CO-628	129.14	3.49	129.14	3.49	Aceptable	Aceptable	23.91	23.91	Norma	Norma	0.62	0.62	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.71	1.71	Supercrítico	Supercrítico
CO-629	145.86	4.09	145.86	4.09	Aceptable	Aceptable	32.50	32.50	Norma	Norma	0.59	0.59	Capacidad	Capacidad	2.02	2.02	Supercr	Supercr

Tramo	Caudal máximo transportado q (l/s)	Velocidad de diseño (m/s)	Caudal máximo transportado q (l/s) (SUDS)	Velocidad de diseño (m/s) (SUDS)	Análisis velocidad	Análisis velocidad SUDS	Fuerza tractiva (τ (N/m ²))	Fuerza tractiva (τ (N/m ²)) (SUDS)	Análisis fuerza tractiva	Análisis fuerza tractiva (SUDS)	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø (SUDS)	Análisis de capacidad	Análisis de capacidad (SUDS)	Regimen de flujo (número de froude)	Regimen de flujo (número de froude) (SUDS)	Análisis régimen de flujo	Análisis régimen de flujo (suds)
													Normal	Normal			ítico	ítico
CO-630	186.89	2.56	186.89	1.99	Aceptable	Aceptable	10.68	10.68	Aceptable	Aceptable	0.60	0.60	Capacidad Normal	Capacidad Normal	0.77	0.77	Subcrítico	Subcrítico
CO-763	288.73	3.96	288.24	3.78	Aceptable	Aceptable	36.37	36.32	Norma	Norma	0.45	0.45	Aceptable	Aceptable	1.53	1.53	Supercrítico	Supercrítico
CO-764	287.42	5.97	286.87	5.93	Superior al Rango	Superior al Rango	81.49	81.39	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.24	0.24	Aceptable	Aceptable	2.65	2.65	Supercrítico	Supercrítico
CO-738	10.65	1.43	10.65	1.43	Aceptable	Aceptable	2.80	2.80	Aceptable	Aceptable	0.12	0.12	Aceptable	Aceptable	1.04	1.04	Supercrítico	Supercrítico
CO-775	26.27	3.68	26.27	3.68	Aceptable	Aceptable	19.88	19.88	Norma	Norma	0.06	0.06	Aceptable	Aceptable	2.69	2.69	Supercrítico	Supercrítico
CO-776	63.4	3.76	63.4	3.76	Aceptable	Aceptable	23.69	23.69	Norma	Norma	0.21	0.21	Aceptable	Aceptable	2.21	2.21	Supercrítico	Supercrítico
CO-726	0	0	0	0	Baja	Baja	0.00	0.00	Bajo Arrastre	Bajo Arrastre	0.00	0.00	Aceptable	Aceptable	0.06	0.06	Subcrítico	Subcrítico
CO-772	50.26	4.06	50.26	4.06	Aceptable	Aceptable	26.24	26.24	Norma	Norma	0.14	0.14	Aceptable	Aceptable	2.57	2.57	Supercrítico	Supercrítico
CO-773	49.75	2.87	49.75	2.87	Aceptable	Aceptable	13.89	13.89	Aceptable	Aceptable	0.22	0.22	Aceptable	Aceptable	1.68	1.68	Supercrítico	Supercrítico
CO-800	49.42	0.98	49.42	2.21	Aceptable	Aceptable	8.16	8.16	Aceptable	Aceptable	0.57	0.57	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.23	1.23	Supercrítico	Supercrítico
CO-745	50.33	2.22	50.33	2.22	Aceptable	Aceptable	8.27	8.27	Aceptable	Aceptable	0.58	0.58	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.23	1.23	Supercrítico	Supercrítico
CO-670	83.01	5.01	83.01	5.01	Superior al Rango	Superior al Rango	41.76	41.76	Norma	Norma	0.20	0.20	Aceptable	Aceptable	2.95	2.95	Supercrítico	Supercrítico
CO-671	160.49	5.59	160.49	5.59	Superior al Rango	Superior al Rango	57.87	57.87	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.44	0.44	Aceptable	Aceptable	2.89	2.89	Supercrítico	Supercrítico
CO-691	9.79	1.41	9.79	1.41	Aceptable	Aceptable	2.68	2.68	Aceptable	Aceptable	0.11	0.11	Aceptable	Aceptable	1.04	1.04	Supercrítico	Supercrítico

Tramo	Caudal máximo transportado q (l/s)	Velocidad de diseño (m/s)	Caudal máximo transportado q (l/s) (SUDS)	Velocidad de diseño (m/s) (SUDS)	Análisis velocidad	Análisis velocidad SUDS	Fuerza tractiva (τ (N/m ²))	Fuerza tractiva (τ (N/m ²)) (SUDS)	Análisis fuerza tractiva	Análisis fuerza tractiva (SUDS)	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø (SUDS)	Análisis de capacidad	Análisis de capacidad (SUDS)	Regimen de flujo (número de froude)	Regimen de flujo (número de froude) (SUDS)	Análisis régimen de flujo	Análisis régimen de flujo (suds)
CO-638	25	2.88	25	2.88	Aceptable	Aceptable	12.49	12.49	Aceptable	Aceptable	0.08	0.08	Aceptable	Aceptable	2.00	2.00	Supercrítico	Supercrítico
CO-639	51.69	3.7	51.69	3.7	Aceptable	Aceptable	22.20	22.20	Norma	Norma	0.16	0.16	Aceptable	Aceptable	2.27	2.27	Supercrítico	Supercrítico
CO-640	101.77	1.85	101.77	1.88	Aceptable	Aceptable	7.95	7.95	Aceptable	Aceptable	0.56	0.56	Capacidad Normal	Capacidad Normal	0.84	0.84	Subcrítico	Subcrítico
CO-688	169.27	5.31	169.29	5.27	Superior al Rango	Superior al Rango	55.39	55.39	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.28	0.28	Aceptable	Aceptable	2.62	2.62	Supercrítico	Supercrítico
CO-719	28.73	1.8	28.73	1.8	Aceptable	Aceptable	5.04	5.04	Aceptable	Aceptable	0.36	0.36	Aceptable	Aceptable	1.08	1.08	Supercrítico	Supercrítico
CO-718	22.75	2.37	22.75	2.37	Aceptable	Aceptable	7.97	7.97	Aceptable	Aceptable	0.18	0.18	Aceptable	Aceptable	1.60	1.60	Supercrítico	Supercrítico
CO-717	25.29	2.41	25.29	2.41	Aceptable	Aceptable	8.40	8.40	Aceptable	Aceptable	0.20	0.20	Aceptable	Aceptable	1.60	1.60	Supercrítico	Supercrítico
CO-686	57.43	2.32	57.43	2.32	Aceptable	Aceptable	9.25	9.25	Aceptable	Aceptable	0.65	0.65	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.26	1.26	Supercrítico	Supercrítico
CO-648	83.53	3.51	83.53	3.51	Aceptable	Aceptable	21.97	21.97	Norma	Norma	0.34	0.34	Aceptable	Aceptable	1.90	1.90	Supercrítico	Supercrítico
CO-649	83.46	3.87	83.46	3.87	Aceptable	Aceptable	26.17	26.17	Norma	Norma	0.29	0.29	Aceptable	Aceptable	2.14	2.14	Supercrítico	Supercrítico
CO-650	83.16	3.51	83.16	3.51	Aceptable	Aceptable	21.89	21.89	Norma	Norma	0.34	0.34	Aceptable	Aceptable	1.89	1.89	Supercrítico	Supercrítico
CO-790	143.88	5.02	91.49	4.43	Superior al Rango	Aceptable	46.54	34.02	Norma	Norma	0.44	0.28	Aceptable	Aceptable	2.59	2.47	Supercrítico	Supercrítico
CO-791	316.48	6.39	255.06	6.09	Superior al Rango	Superior al Rango	87.68	75.51	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.90	0.72	Capacidad Normal	Capacidad Normal	2.99	2.92	Supercrítico	Supercrítico
CO-802	51.11	1.01	51.11	2.27	Aceptable	Aceptable	8.59	8.59	Aceptable	Aceptable	0.58	0.58	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.25	1.25	Supercrítico	Supercrítico
CO-696	49.24	2.24	49.24	2.24	Aceptable	Aceptable	8.37	8.37	Aceptable	Aceptable	0.56	0.56	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.25	1.25	Supercrítico	Supercrítico

Tramo	Caudal máximo transportado q (l/s)	Velocidad de diseño (m/s)	Caudal máximo transportado q (l/s) (SUDS)	Velocidad de diseño (m/s) (SUDS)	Análisis velocidad	Análisis velocidad SUDS	Fuerza tractiva (τ (N/m ²))	Fuerza tractiva (τ (N/m ²)) (SUDS)	Análisis fuerza tractiva	Análisis fuerza tractiva (SUDS)	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø (SUDS)	Análisis de capacidad	Análisis de capacidad (SUDS)	Regimen de flujo (número de froude)	Regimen de flujo (número de froude) (SUDS)	Análisis régimen de flujo	Análisis régimen de flujo (suds)
									ble	ble			Normal	Normal			ítico	ítico
CO-762	49.13	3.51	49.13	3.51	Aceptable	Aceptable	19.99	19.99	Norma l	Norma l	0.16	0.16	Aceptable	Aceptable	2.16	2.16	Supercr ítico	Supercr ítico
CO-748	47.83	3.32	47.83	3.32	Aceptable	Aceptable	16.84	16.84	Norma l	Norma l	0.31	0.31	Aceptable	Aceptable	2.04	2.04	Supercr ítico	Supercr ítico
CO-760	166.88	3.29	166.88	3.05	Aceptable	Aceptable	20.99	20.99	Norma l	Norma l	0.57	0.57	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.36	1.36	Supercr ítico	Supercr ítico
CO-679	510.94	7	463.65	6.34	Superior al Rango	Superior al Rango	108.48	101.43	Alto Arrastr e	Alto Arrastr e	0.47	0.43	Aceptable	Aceptable	2.61	2.59	Supercr ítico	Supercr ítico
CO-680(1)	676.55	9.27	628.94	7.85	Superior al Rango	Superior al Rango	166.94	158.71	Alto Arrastr e	Alto Arrastr e	0.52	0.48	Capacidad Normal	Aceptable	3.17	3.14	Supercr ítico	Supercr ítico
CO-680(2)	868.72	11.91	820.49	7.87	Superior al Rango	Superior al Rango	179.01	172.07	Alto Arrastr e	Alto Arrastr e	0.72	0.68	Capacidad Normal	Capacidad Normal	3.03	3.01	Supercr ítico	Supercr ítico
CO-765	18.74	0.37	18.74	1.72	Baja	Aceptable	4.32	4.32	Acepta ble	Acepta ble	0.21	0.21	Aceptable	Aceptable	1.13	1.13	Supercr ítico	Supercr ítico
CO-761	119.15	2.35	98.17	2.68	Aceptable	Aceptable	16.11	14.09	Norma l	Acepta ble	0.74	0.61	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.34	1.32	Supercr ítico	Supercr ítico
CO-678	348.16	4.77	301.36	3.44	Aceptable	Aceptable	34.51	31.23	Norma l	Norma l	0.63	0.55	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.37	1.35	Supercr ítico	Supercr ítico
CO-714	13.74	1.58	0	0	Aceptable	Baja	3.51	0.00	Acepta ble	Bajo Arrastr e	0.15	0.00	Aceptable	Aceptable	1.10	0.07	Supercr ítico	Subcríti co
CO-692	0	0	0	0	Baja	Baja	0.00	0.00	Bajo Arrastr e	Bajo Arrastr e	0.00	0.00	Aceptable	Aceptable	0.08	0.08	Subcríti co	Subcríti co
CO-724	25.09	2.45	25.09	2.45	Aceptable	Aceptable	8.62	8.62	Acepta ble	Acepta ble	0.19	0.19	Aceptable	Aceptable	1.63	1.63	Supercr ítico	Supercr ítico

Tramo	Caudal máximo transportado q (l/s)	Velocidad de diseño (m/s)	Caudal máximo transportado q (l/s) (SUDS)	Velocidad de diseño (m/s) (SUDS)	Análisis velocidad	Análisis velocidad SUDS	Fuerza tractiva (τ (N/m ²))	Fuerza tractiva (τ (N/m ²)) (SUDS)	Análisis fuerza tractiva	Análisis fuerza tractiva (SUDS)	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø (SUDS)	Análisis de capacidad	Análisis de capacidad (SUDS)	Regimen de flujo (número de froude)	Regimen de flujo (número de froude) (SUDS)	Análisis régimen de flujo	Análisis régimen de flujo (suds)
CO-729	14.84	1.63	14.84	1.63	Aceptable	Aceptable	3.74	3.74	Aceptable	Aceptable	0.16	0.16	Aceptable	Aceptable	1.12	1.12	Supercrítico	Supercrítico
CO-661	14.82	3.07	14.82	3.07	Aceptable	Aceptable	13.17	13.17	Aceptable	Aceptable	0.04	0.04	Aceptable	Aceptable	2.50	2.50	Supercrítico	Supercrítico
CO-723	0	0	0	0	Baja	Baja	0.00	0.00	Bajo Arrastre	Bajo Arrastre	0.00	0.00	Aceptable	Aceptable	0.10	0.10	Subcrítico	Subcrítico
CO-779	76.64	3.85	76.64	3.85	Aceptable	Aceptable	25.54	25.54	Norma l	Norma l	0.26	0.26	Aceptable	Aceptable	2.17	2.17	Supercrítico	Supercrítico
CO-690	15.26	1.65	15.26	1.65	Aceptable	Aceptable	3.84	3.84	Aceptable	Aceptable	0.17	0.17	Aceptable	Aceptable	1.13	1.13	Supercrítico	Supercrítico
CO-752	46.29	2.25	0	0	Aceptable	Baja	8.28	0.00	Aceptable	Bajo Arrastre	0.51	0.00	Capacidad Normal	Aceptable	1.27	0.07	Supercrítico	Subcrítico
CO-700	51.89	2.32	51.89	2.32	Aceptable	Aceptable	8.97	8.97	Aceptable	Aceptable	0.57	0.57	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.29	1.29	Supercrítico	Supercrítico
CO-737	15.68	1.66	15.68	1.66	Aceptable	Aceptable	3.92	3.92	Aceptable	Aceptable	0.17	0.17	Aceptable	Aceptable	1.13	1.13	Supercrítico	Supercrítico
CO-756	68.68	2.49	68.68	2.49	Aceptable	Aceptable	10.92	10.92	Aceptable	Aceptable	0.76	0.76	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.33	1.33	Supercrítico	Supercrítico
CO-685(1)	213	6.31	213	6.31	Superior al Rango	Superior al Rango	76.51	76.51	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.54	0.54	Capacidad Normal	Capacidad Normal	3.15	3.15	Supercrítico	Supercrítico
CO-811	263.24	6.05	263.24	6.05	Superior al Rango	Superior al Rango	105.99	105.99	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.59	0.59	Capacidad Normal	Capacidad Normal	3.65	3.65	Supercrítico	Supercrítico
CO-771	100.39	2.7	100.39	2.74	Aceptable	Aceptable	14.72	14.72	Aceptable	Aceptable	0.61	0.61	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.35	1.35	Supercrítico	Supercrítico
CO-766	100.22	4.33	100.22	4.33	Aceptable	Aceptable	33.21	33.21	Norma	Norma	0.33	0.33	Aceptable	Aceptable	2.35	2.35	Supercrítico	Supercrítico

Tramo	Caudal máximo transportado q (l/s)	Velocidad de diseño (m/s)	Caudal máximo transportado q (l/s) (SUDS)	Velocidad de diseño (m/s) (SUDS)	Análisis velocidad	Análisis velocidad SUDS	Fuerza tractiva (τ (N/m ²))	Fuerza tractiva (τ (N/m ²)) (SUDS)	Análisis fuerza tractiva	Análisis fuerza tractiva (SUDS)	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø (SUDS)	Análisis de capacidad	Análisis de capacidad (SUDS)	Regimen de flujo (número de froude)	Regimen de flujo (número de froude) (SUDS)	Análisis régimen de flujo	Análisis régimen de flujo (suds)
									I	I							ítico	ítico
CO-746	78.57	2.57	78.57	2.57	Aceptable	Aceptable	12.03	12.03	Aceptable	Aceptable	0.86	0.86	Capacidad Máxima	Capacidad Normal	1.35	1.35	Supercrítico	Supercrítico
CO-755	47.69	2.28	47.69	2.28	Aceptable	Aceptable	8.54	8.54	Aceptable	Aceptable	0.52	0.52	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.28	1.28	Supercrítico	Supercrítico
CO-684	146.94	5.74	146.94	5.74	Superior al Rango	Superior al Rango	59.51	59.51	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.37	0.37	Aceptable	Aceptable	3.04	3.04	Supercrítico	Supercrítico
CO-720	0	0	0	0	Baja	Baja	0.00	0.00	Bajo Arrastre	Bajo Arrastre	0.00	0.00	Aceptable	Aceptable	0.05	0.05	Subcrítico	Subcrítico
CO-805	44.67	2.25	44.67	2.25	Aceptable	Aceptable	8.21	8.21	Aceptable	Aceptable	0.49	0.49	Aceptable	Aceptable	1.28	1.28	Supercrítico	Supercrítico
CO-794	74.4	3.41	74.4	3.41	Aceptable	Aceptable	20.43	20.43	Norma I	Norma I	0.30	0.30	Aceptable	Aceptable	1.88	1.88	Supercrítico	Supercrítico
CO-795	125.82	4.8	116.58	4.71	Aceptable	Aceptable	41.91	39.75	Norma I	Norma I	0.39	0.36	Aceptable	Aceptable	2.54	2.52	Supercrítico	Supercrítico
CO-725	12.97	1.58	12.97	1.58	Aceptable	Aceptable	3.49	3.49	Aceptable	Aceptable	0.14	0.14	Aceptable	Aceptable	1.12	1.12	Supercrítico	Supercrítico
CO-715	47.94	2.29	8.76	1.41	Aceptable	Aceptable	8.63	2.66	Aceptable	Aceptable	0.52	0.10	Capacidad Normal	Aceptable	1.29	1.07	Supercrítico	Supercrítico
CO-693	27.02	1.96	27.02	1.96	Aceptable	Aceptable	5.81	5.81	Aceptable	Aceptable	0.29	0.29	Aceptable	Aceptable	1.21	1.21	Supercrítico	Supercrítico
CO-706	43.23	0.85	43.23	2.23	Aceptable	Aceptable	8.06	8.06	Aceptable	Aceptable	0.47	0.47	Aceptable	Aceptable	1.28	1.28	Supercrítico	Supercrítico
CO-713	58.46	2.74	58.46	2.74	Aceptable	Aceptable	9.94	9.94	Aceptable	Aceptable	0.63	0.63	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.32	1.32	Supercrítico	Supercrítico

Tramo	Caudal máximo transportado q (l/s)	Velocidad de diseño (m/s)	Caudal máximo transportado q (l/s) (SUDS)	Velocidad de diseño (m/s) (SUDS)	Análisis velocidad	Análisis velocidad SUDS	Fuerza tractiva (τ (N/m ²))	Fuerza tractiva (τ (N/m ²)) (SUDS)	Análisis fuerza tractiva	Análisis fuerza tractiva (SUDS)	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø (SUDS)	Análisis de capacidad	Análisis de capacidad (SUDS)	Regimen de flujo (número de froude)	Regimen de flujo (número de froude) (SUDS)	Análisis régimen de flujo	Análisis régimen de flujo (suds)
CO-721	53.36	2.37	53.36	2.37	Aceptable	Aceptable	9.37	9.37	Aceptable	Aceptable	0.58	0.58	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.31	1.31	Supercrítico	Supercrítico
CO-744	33.14	2.1	33.14	2.1	Aceptable	Aceptable	6.83	6.83	Aceptable	Aceptable	0.35	0.35	Aceptable	Aceptable	1.26	1.26	Supercrítico	Supercrítico
CO-669	33.1	2.79	33.1	2.79	Aceptable	Aceptable	12.30	12.30	Aceptable	Aceptable	0.13	0.13	Aceptable	Aceptable	1.79	1.79	Supercrítico	Supercrítico
CO-703	55.07	2.42	55.07	2.42	Aceptable	Aceptable	9.84	9.84	Aceptable	Aceptable	0.58	0.58	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.34	1.34	Supercrítico	Supercrítico
CO-633	68.64	2.1	68.64	2.1	Aceptable	Aceptable	8.38	8.38	Aceptable	Aceptable	0.52	0.52	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.05	1.05	Supercrítico	Supercrítico
CO-699	14.5	1.67	14.5	1.67	Aceptable	Aceptable	3.91	3.91	Aceptable	Aceptable	0.15	0.15	Aceptable	Aceptable	1.16	1.16	Supercrítico	Supercrítico
CO-798	51.21	1.01	51.21	2.39	Aceptable	Aceptable	9.48	9.48	Aceptable	Aceptable	0.54	0.54	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.34	1.34	Supercrítico	Supercrítico
CO-695	0	0	0	0	Baja	Baja	0.00	0.00	Bajo Arrastre	Bajo Arrastre	0.00	0.00	Aceptable	Aceptable	0.11	0.11	Subcrítico	Subcrítico
CO-801	52.41	1.03	52.41	2.42	Aceptable	Aceptable	9.73	9.73	Aceptable	Aceptable	0.55	0.55	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.35	1.35	Supercrítico	Supercrítico
CO-751	37.13	2.21	37.13	2.21	Aceptable	Aceptable	7.67	7.67	Aceptable	Aceptable	0.39	0.39	Aceptable	Aceptable	1.31	1.31	Supercrítico	Supercrítico
CO-758	69.55	1.37	69.55	2.61	Aceptable	Aceptable	11.89	11.89	Aceptable	Aceptable	0.72	0.72	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.40	1.40	Supercrítico	Supercrítico
CO-736	29.25	1.82	29.25	1.82	Aceptable	Aceptable	5.15	5.15	Aceptable	Aceptable	0.36	0.36	Aceptable	Aceptable	1.09	1.09	Supercrítico	Supercrítico
CO-778	29.21	3.72	29.21	3.72	Aceptable	Aceptable	20.57	20.57	Norma I	Norma I	0.07	0.07	Aceptable	Aceptable	2.65	2.65	Supercrítico	Supercrítico

Tramo	Caudal máximo transportado q (l/s)	Velocidad de diseño (m/s)	Caudal máximo transportado q (l/s) (SUDS)	Velocidad de diseño (m/s) (SUDS)	Análisis velocidad	Análisis velocidad SUDS	Fuerza tractiva (τ (N/m ²))	Fuerza tractiva (τ (N/m ²)) (SUDS)	Análisis fuerza tractiva	Análisis fuerza tractiva (SUDS)	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø (SUDS)	Análisis de capacidad	Análisis de capacidad (SUDS)	Regimen de flujo (número de froude)	Regimen de flujo (número de froude) (SUDS)	Análisis régimen de flujo	Análisis régimen de flujo (suds)
CO-697	17.45	1.8	17.45	1.8	Aceptable	Aceptable	4.62	4.62	Aceptable	Aceptable	0.18	0.18	Aceptable	Aceptable	1.22	1.22	Supercrítico	Supercrítico
CO-687	26.23	2.76	26.23	2.76	Aceptable	Aceptable	10.83	10.83	Aceptable	Aceptable	0.17	0.17	Aceptable	Aceptable	1.88	1.88	Supercrítico	Supercrítico
CO-709	19.26	1.86	19.26	1.86	Aceptable	Aceptable	4.98	4.98	Aceptable	Aceptable	0.20	0.20	Aceptable	Aceptable	1.24	1.24	Supercrítico	Supercrítico
CO-642	19.24	2.86	19.24	2.86	Aceptable	Aceptable	11.88	11.88	Aceptable	Aceptable	0.06	0.06	Aceptable	Aceptable	2.12	2.12	Supercrítico	Supercrítico
CO-643	75.11	1.03	75.11	1.72	Aceptable	Aceptable	6.07	6.07	Aceptable	Aceptable	0.77	0.77	Capacidad Normal	Capacidad Normal	0.82	0.82	Subcrítico	Subcrítico
CO-710	56.83	1.12	56.83	2.52	Aceptable	Aceptable	10.66	10.66	Aceptable	Aceptable	0.58	0.58	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.40	1.40	Supercrítico	Supercrítico
CO-741	81.86	2.77	81.86	2.77	Aceptable	Aceptable	13.78	13.78	Aceptable	Aceptable	0.83	0.83	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.46	1.46	Supercrítico	Supercrítico
CO-659	204.69	4.91	204.69	4.91	Máximo	Máximo	48.90	48.90	Normal	Normal	0.72	0.72	Capacidad Normal	Capacidad Normal	2.35	2.35	Supercrítico	Supercrítico
CO-797	52.85	1.04	52.85	2.49	Aceptable	Aceptable	10.21	10.21	Aceptable	Aceptable	0.53	0.53	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.40	1.40	Supercrítico	Supercrítico
CO-799	55.55	1.1	55.55	2.53	Aceptable	Aceptable	10.62	10.62	Aceptable	Aceptable	0.56	0.56	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.41	1.41	Supercrítico	Supercrítico
CO-742	6.96	0.14	6.96	1.4	Baja	Aceptable	2.54	2.54	Aceptable	Aceptable	0.07	0.07	Aceptable	Aceptable	1.13	1.13	Supercrítico	Supercrítico
CO-694	14.99	1.76	14.99	1.76	Aceptable	Aceptable	4.33	4.33	Aceptable	Aceptable	0.15	0.15	Aceptable	Aceptable	1.23	1.23	Supercrítico	Supercrítico
CO-636	14.98	2.41	14.98	2.41	Aceptable	Aceptable	8.38	8.38	Aceptable	Aceptable	0.05	0.05	Aceptable	Aceptable	1.83	1.83	Supercrítico	Supercrítico
CO-759	70.21	1.39	70.21	2.71	Aceptable	Aceptable	12.74	12.74	Aceptable	Aceptable	0.69	0.69	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.46	1.46	Supercrítico	Supercrítico

Tramo	Caudal máximo transportado q (l/s)	Velocidad de diseño (m/s)	Caudal máximo transportado q (l/s) (SUDS)	Velocidad de diseño (m/s) (SUDS)	Análisis velocidad	Análisis velocidad SUDS	Fuerza tractiva (τ (N/m ²))	Fuerza tractiva (τ (N/m ²)) (SUDS)	Análisis fuerza tractiva	Análisis fuerza tractiva (SUDS)	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø (SUDS)	Análisis de capacidad	Análisis de capacidad (SUDS)	Regimen de flujo (número de froude)	Regimen de flujo (número de froude) (SUDS)	Análisis régimen de flujo	Análisis régimen de flujo (suds)
CO-722	48.51	2.47	48.51	2.47	Aceptable	Aceptable	9.89	9.89	Aceptable	Aceptable	0.48	0.48	Aceptable	Aceptable	1.41	1.41	Supercrítico	Supercrítico
CO-730	22.33	2.77	22.33	2.77	Aceptable	Aceptable	10.63	10.63	Aceptable	Aceptable	0.14	0.14	Aceptable	Aceptable	1.96	1.96	Supercrítico	Supercrítico
CO-787	22.31	2.87	22.31	2.87	Aceptable	Aceptable	12.24	12.24	Aceptable	Aceptable	0.07	0.07	Aceptable	Aceptable	2.05	2.05	Supercrítico	Supercrítico
CO-750	50.81	2.51	50.81	2.51	Aceptable	Aceptable	10.31	10.31	Aceptable	Aceptable	0.50	0.50	Aceptable	Aceptable	1.43	1.43	Supercrítico	Supercrítico
CO-733	0	0	0	0	Baja	Baja	0.00	0.00	Bajo Arrastre	Bajo Arrastre	0.00	0.00	Aceptable	Aceptable	0.08	0.08	Subcrítico	Subcrítico
CO-704	37.52	0.74	37.52	2.36	Aceptable	Aceptable	8.65	8.65	Aceptable	Aceptable	0.36	0.36	Aceptable	Aceptable	1.41	1.41	Supercrítico	Supercrítico
CO-708	21.95	2.29	21.95	2.29	Aceptable	Aceptable	7.45	7.45	Aceptable	Aceptable	0.18	0.18	Aceptable	Aceptable	1.55	1.55	Supercrítico	Supercrítico
CO-749	23.56	2.44	23.56	2.44	Aceptable	Aceptable	8.46	8.46	Aceptable	Aceptable	0.18	0.18	Aceptable	Aceptable	1.65	1.65	Supercrítico	Supercrítico
CO-740	35.82	2.39	35.82	2.39	Aceptable	Aceptable	8.80	8.80	Aceptable	Aceptable	0.33	0.33	Aceptable	Aceptable	1.45	1.45	Supercrítico	Supercrítico
CO-667	56.87	2.87	56.87	2.87	Aceptable	Aceptable	14.20	14.20	Aceptable	Aceptable	0.26	0.26	Aceptable	Aceptable	1.62	1.62	Supercrítico	Supercrítico
CO-668	56.58	3.86	56.58	3.86	Aceptable	Aceptable	24.36	24.36	Normal	Normal	0.17	0.17	Aceptable	Aceptable	2.34	2.34	Supercrítico	Supercrítico
CO-658	125.58	5.54	125.58	5.54	Superior al Rango	Superior al Rango	54.19	54.19	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.32	0.32	Aceptable	Aceptable	3.03	3.03	Supercrítico	Supercrítico
CO-807	30.51	1.86	30.51	1.86	Aceptable	Aceptable	5.43	5.43	Aceptable	Aceptable	0.37	0.37	Aceptable	Aceptable	1.11	1.11	Supercrítico	Supercrítico

Tramo	Caudal máximo transportado q (l/s)	Velocidad de diseño (m/s)	Caudal máximo transportado q (l/s) (SUDS)	Velocidad de diseño (m/s) (SUDS)	Análisis velocidad	Análisis velocidad SUDS	Fuerza tractiva (τ (N/m ²))	Fuerza tractiva (τ (N/m ²)) (SUDS)	Análisis fuerza tractiva	Análisis fuerza tractiva (SUDS)	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q ϕ	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q ϕ (SUDS)	Análisis de capacidad	Análisis de capacidad (SUDS)	Regimen de flujo (número de froude)	Regimen de flujo (número de froude) (SUDS)	Análisis régimen de flujo	Análisis régimen de flujo (suds)
CO-793	30.49	2.18	30.49	2.18	Aceptable	Aceptable	7.71	7.71	Aceptable	Aceptable	0.16	0.16	Aceptable	Aceptable	1.34	1.34	Supercrítico	Supercrítico
CO-739	21.11	2.95	21.11	2.95	Aceptable	Aceptable	11.85	11.85	Aceptable	Aceptable	0.12	0.12	Aceptable	Aceptable	2.16	2.16	Supercrítico	Supercrítico
CO-753	57.13	3.03	57.13	3.03	Aceptable	Aceptable	14.79	14.79	Aceptable	Aceptable	0.45	0.45	Aceptable	Aceptable	1.75	1.75	Supercrítico	Supercrítico
CO-682	100.81	5.87	100.81	5.87	Superior al Rango	Superior al Rango	57.80	57.80	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.21	0.21	Aceptable	Aceptable	3.43	3.43	Supercrítico	Supercrítico
CO-683	100.58	5.6	100.58	5.6	Superior al Rango	Superior al Rango	52.97	52.97	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.23	0.23	Aceptable	Aceptable	3.23	3.23	Supercrítico	Supercrítico
CO-803	49.58	2.94	49.58	2.94	Aceptable	Aceptable	13.54	13.54	Aceptable	Aceptable	0.39	0.39	Aceptable	Aceptable	1.73	1.73	Supercrítico	Supercrítico
CO-727	36.05	2.58	36.05	2.58	Aceptable	Aceptable	10.12	10.12	Aceptable	Aceptable	0.30	0.30	Aceptable	Aceptable	1.60	1.60	Supercrítico	Supercrítico
CO-770	68.37	3.27	68.37	3.27	Aceptable	Aceptable	17.59	17.59	Norma	Norma	0.52	0.52	Capacidad Normal	Capacidad Normal	1.84	1.84	Supercrítico	Supercrítico
CO-768	127.32	4.87	127.32	4.87	Aceptable	Aceptable	43.04	43.04	Norma	Norma	0.38	0.38	Aceptable	Aceptable	2.57	2.57	Supercrítico	Supercrítico
CO-810	52.63	3.25	52.63	3.25	Aceptable	Aceptable	16.49	16.49	Norma	Norma	0.37	0.37	Aceptable	Aceptable	1.94	1.94	Supercrítico	Supercrítico
CO-769	60.45	4.13	60.45	4.13	Aceptable	Aceptable	26.09	26.09	Norma	Norma	0.32	0.32	Aceptable	Aceptable	2.52	2.52	Supercrítico	Supercrítico
CO-767	60.39	4.59	60.39	4.59	Aceptable	Aceptable	33.82	33.82	Norma	Norma	0.15	0.15	Aceptable	Aceptable	2.86	2.86	Supercrítico	Supercrítico
CO-728	70.49	4.47	70.49	4.47	Aceptable	Aceptable	31.00	31.00	Norma	Norma	0.35	0.35	Aceptable	Aceptable	2.68	2.68	Supercrítico	Supercrítico

Tramo	Caudal máximo transportado q (l/s)	Velocidad de diseño (m/s)	Caudal máximo transportado q (l/s) (SUDS)	Velocidad de diseño (m/s) (SUDS)	Análisis velocidad	Análisis velocidad SUDS	Fuerza tractiva (τ (N/m ²))	Fuerza tractiva (τ (N/m ²)) (SUDS)	Análisis fuerza tractiva	Análisis fuerza tractiva (SUDS)	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø	Caudal de diseño / capacidad a tubo lleno q/q _ø (SUDS)	Análisis de capacidad	Análisis de capacidad (SUDS)	Regimen de flujo (número de froude)	Regimen de flujo (número de froude) (SUDS)	Análisis régimen de flujo	Análisis régimen de flujo (suds)
CO-804	52.53	4.29	43.15	4.06	Aceptable	Aceptable	27.34	23.86	Norma l	Norma l	0.25	0.20	Aceptable	Aceptable	2.74	2.68	Supercrítico	Supercrítico
CO-817	234.35	6.47	207.93	6.35	Superior al Rango	Superior al Rango	83.43	76.80	Alto Arrastre	Alto Arrastre	0.59	0.52	Capacidad Normal	Capacidad Normal	3.23	3.19	Supercrítico	Supercrítico
CO-816	234.18	5.07	207.77	4.94	Superior al Rango	Máximo	53.90	49.62	Alto Arrastre	Norma l	0.82	0.73	Capacidad Normal	Capacidad Normal	2.39	2.37	Supercrítico	Supercrítico
CO-743	27.72	3.81	0	0	Aceptable	Baja	19.83	0.00	Norma l	Bajo Arrastre	0.12	0.00	Aceptable	Aceptable	2.78	0.17	Supercrítico	Subcrítico
CO-754	43.86	4.69	43.86	4.69	Aceptable	Aceptable	31.32	31.32	Norma l	Norma l	0.17	0.17	Aceptable	Aceptable	3.21	3.21	Supercrítico	Supercrítico

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

13.1.3 Resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para la evaluación técnica, cabe destacar que ambas tienen un funcionamiento hidráulico correcto, sin embargo, esta evaluación se realiza contabilizando la cantidad de tubería que tienen mejor comportamiento hidráulico teniendo en cuenta los valores admisibles asignados.

Tabla 93 Resultados Evaluación Técnica

PARÁMETRO	VALOR ADMISIBLE	LONGITUD TOTAL DENTRO DEL RANGO		ALTERNATIVA (%)	
		A1	A2	1	2
Capacidad	0.9	4630.30	4702.30	0.969	0.984
Velocidad	5	3210.40	3534.70	0.672	0.740
Fuerza Tractiva (Mínimo)	2	4747.10	4729.90	0.993	0.990
Régimen de Flujo	No crítico	4659.80	4653.50	0.975	0.974
TOTAL				0.90	0.92
ANÁLISIS HIDRÁULICO				98	100

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Teniendo en cuenta lo anterior, se observa que la alternativa que incluye SUDS como estructuras complementarias en el sistema de alcantarillado pluvial, tienen un funcionamiento hidráulico mejor en comparación con un sistema completamente convencional.

13.2 EVALUACIÓN AMBIENTAL Y SOCIAL

Se procede a evaluar los diferentes aspectos ambientales y sociales para cada una de las alternativas.

13.2.1 Cambio en la magnitud de las crecientes en las descargas

Considerando que, al implementar las alternativas, se producen cambios en las condiciones hidrológicas e hidráulicas de las cuencas de los cuerpos receptores de agua, se procede a evaluar el cambio en la magnitud de las crecientes para un periodo de retorno de 10 años de la condición natural vs las alternativas propuestas.

Según lo desarrollado en el capítulo 12 del presente informe, y lo mostrado en la Tabla 89, la alternativa No. 2 presenta un menor cambio en las crecientes vs la condición natural. Se considera importante evaluar este aspecto, debido a las condiciones de asimilación de los cuerpos de agua receptores de las descargas y sus características físicas actuales, obteniendo la siguiente calificación.

Tabla 94 Evaluación en el cambio de las condiciones de las crecientes con respecto a la condición natural

ALTERNATIVA	PORCENTAJE DE CAMBIO (%)	CALIFICACIÓN
Alternativa 1	162%	96.78
Alternativa 2	157%	100.00

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Considerando que la alternativa No. 2 es la que menor variación tiene, se le asigna una calificación de 100, la calificación de la alternativa No. 1 se hace en base a la relación de los porcentajes de cambio de la alternativa No. 2 con la alternativa No. 1.

13.2.2 Eficiencia en la remoción de contaminantes

El anexo A de la NS-166 del EAAB, nos presenta el comportamiento y eficiencia de la remoción de contaminantes y mejoramientos de la calidad para las diferentes tipologías, presentando así un porcentaje de remoción para cada una de ellas en la tabla 44 del anexo de la norma. Los valores positivos presentan una mejora en la remoción de los contaminantes, por otro lado, los valores

negativos corresponden a incrementos en la concentración de los diferentes contaminantes.

A excepción de los tanques de almacenamiento, los cuales únicamente controlan los volúmenes de escorrentía y amortiguan los picos de crecimiento, se tiene un buen manejo de en la reducción de concentración de los contaminantes.

Las cuentas verdes y alcorques inundables tienen una alta retención de sólidos suspendidos, por otro lado, las zonas de bio-retención presentan una remoción media. Para el caso de los sedimentos gruesos los alcorques inundables y las zonas de bio-retención se evidencian valores de remoción altos y para cunetas verdes una eficiencia media. Las zonas de bio-retención presentan una alta eficiencia en la remoción para las grasas y aceites.

Siendo así, el anexo técnico de la NS166 del EAAB, presenta las eficiencias de remoción de contaminantes para las diferentes tipologías. Para las tipologías aplicables al Mochuelo Bajo se tiene lo siguiente.

Tabla 95 Comparación cuantitativa entre eficiencia de remoción de contaminantes para diferentes tipologías

CONTAMINANTE		% DE REMOCIÓN POR TIPOLOGÍA				
		CUNETAS VERDES	ALCORQUES INUNDABLES	ZONAS DE BIO-RETENCION	TANQUES DE ALMACENAMIENTO ²³	
% DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTE	Sólidos Suspendidos Totales	MÁXIMO	98%	86%	99%	NA
		MEDIO	70%		49%	
		MÍNIMO	-85%	85%	-170%	
	Sólidos Suspendidos Volátiles	MÁXIMO				NA
		MEDIO				
		MÍNIMO				
	Nitrógeno Total	MÁXIMO	61%	86%	99%	NA
		MEDIO	31%	50%	49%	
		MÍNIMO	9%	32%	-5%	
	Nitrógeno Kjeldahl	MÁXIMO	67%		80%	NA
		MEDIO	33%		52%	
		MÍNIMO	9%		-5%	
	Nitrógeno Amoniacal	MÁXIMO			82%	NA
		MEDIO			66%	
		MÍNIMO			-65%	
	Nitrato Total	MÁXIMO	45%			NA
		MEDIO	11%			
		MÍNIMO	-143%			
	Fósforo Disuelto	MÁXIMO				NA
		MEDIO				
MÍNIMO						
Fósforo Total	MÁXIMO	55%	74%	98%	NA	
	MEDIO	40%	66%	63%		
	MÍNIMO	18%	59%	-240%		
Metales Pesados Disueltos	MÁXIMO				NA	
	MEDIO					
	MÍNIMO					
Metales Pesados Totales	MÁXIMO		82%	0%	NA	
	MEDIO					
	MÍNIMO					
Níquel Total	MÁXIMO				NA	
	MEDIO					
	MÍNIMO					
Cromo Disuelto	MÁXIMO	76%			NA	
	MEDIO					
	MÍNIMO					

CONTAMINANTE	EFICIENCIA	% DE REMOCIÓN POR TIPOLOGÍA			TANQUES DE ALMACENAMIENTO ²³
		CUNETAS VERDES	ALCORQUES INUNDABLES	ZONAS DE BIO-RETENCIÓN	
Cromo Total	MÁXIMO	73%			NA
	MEDIO	37%			
	MÍNIMO	12%			
Cadmio Disuelto	MÁXIMO				NA
	MEDIO				
	MÍNIMO				
Cadmio Total	MÁXIMO	98%			NA
	MEDIO	45%			
	MÍNIMO	12%			
Plomo Disuelto	MÁXIMO	80%			NA
	MEDIO				
	MÍNIMO				
Plomo Total	MÁXIMO	94%		98%	NA
	MEDIO	74%		92%	
	MÍNIMO	-18%		31%	
Cobre Disuelto	MÁXIMO	76%			NA
	MEDIO				
	MÍNIMO				
Cobre Total	MÁXIMO	67%		99%	NA
	MEDIO	45%		80%	
	MÍNIMO	14%		43%	
Zinc Disuelto	MÁXIMO	86%			NA
	MEDIO				
	MÍNIMO				
Zinc Total	MÁXIMO	93%		98%	NA
	MEDIO	63%		75%	
	MÍNIMO	-47%		54%	
DBO	MÁXIMO	76%			NA
	MEDIO	64%			
	MÍNIMO	231%			
DQO	MÁXIMO				NA
	MEDIO				
	MÍNIMO				
BACTERIAS	MÁXIMO			97%	NA
	MEDIO			82%	
	MÍNIMO		37%	71%	
HIDROCARBUROS	MÁXIMO	75%		90%	NA
	MEDIO	62%			
	MÍNIMO	49%			

		% DE REMOCIÓN POR TIPOLOGÍA			
CONTAMINANTE	EFICIENCIA	CUNETAS VERDES	ALCORQUES INUNDABLES	ZONAS DE BIO-RETENCION	TANQUES DE ALMACENAMIENTO ²³
SEDIMENTOS GRUESOS	MÁXIMO				NA
	MEDIO	50%			
	MÍNIMO				

Para la alternativa No. 1 se tiene un caudal total de 6.84 m³/s. mientras que los caudales aferentes a cada una de las tipologías se muestran a continuación.

Tabla 96 Caudales máximos totales aferentes a las tipologías proyectadas.

Tipología	Volumen de calidad(m ³)	Caudal (m ³ /s)
Alcorques inundables	53.63	0.07
Cunetas verdes	4723.28	5.25
Tanques de almacenamiento	209.05	0.04
Zonas de bio-retención	57.2	0.01
Total	5043.16	5.37

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Por lo tanto, y considerando las eficiencias anteriormente expuestas, se procede a determinar cuál es el volumen de escorrentía y caudal tratado por las diferentes tipologías.

Tabla 97 Caudales tratados en base a la eficiencia de las tipologías

Alcantarillado convencional	Caudal(m ³ /s)
Alternativa 1	0
Alternativa 2	
Alcorques inundables	0.044
Cunetas verdes	2.440
Tanques de almacenamiento	0.000
Zonas de bio-retención	0.004
Caudal tratado SUDS	2.49

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Esto da como resultado un caudal tratado con la alternativa No. 2 de 2.49 m³/s de los 6.84 m³/s que transitan por el sistema, obteniendo la siguiente calificación.

Tabla 98 Calificación de caudal tratado

Alternativa	Caudal tratado (m ³ /s)	Calificación
Alternativa 1	0.00	0.00
Alternativa 2	2.49	46.37

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

13.2.3 Matriz de evaluación de impacto ambiental

Con el objetivo de identificar tanto los impactos positivos como negativos para cada alternativa en su etapa de operación y así, definir cuál es ambientalmente más viable para el Mochuelo Bajo, se procede a realizar la evaluación de los impactos ambientales.

La evaluación ambiental busca analizar los efectos adversos y benéficos de la ejecución del proyecto por medio de la identificación, valoración y descripción de los cambios potenciales que puedan suceder en el ambiente como consecuencia de las actividades en la etapa de operación y mantenimiento; teniendo en cuenta la caracterización ambiental, la descripción del proyecto y el uso, afectación y demanda de recursos.

Así mismo, se presenta un análisis en el cual se determinan los potenciales impactos considerados significativos, se definen cuáles de ellos presentan tendencia sinérgica y acumulativa y cuál podría ser la distribución espacial de estos en relación con las áreas de influencia de cada medio o componente.

La evaluación de impactos se desarrolla considerando lo establecido en la metodología propuesta por Conesa Fernández-Vítora, (2011) con el fin de estimar un valor de importancia ambiental (Metodología de evaluación ambiental), que integra las actividades y los posibles cambios que

estas generan. De este proceso, la metodología propone evaluar cuantitativamente algunos aspectos importantes como la Naturaleza (N), Intensidad (IN), Extensión (EX), Momento (MO), Persistencia (PE), Reversibilidad (RV), Sinergia (SI), Acumulación (AC), Efecto (EF), Periodicidad (PR) y Recuperabilidad (MC), donde se asigna un valor considerando la información obtenida en la caracterización y la experticia de los profesionales de cada temática. (Conesa, 2011)

Un Impacto Ambiental - IA, se define como un “cambio en una o más características fisicoquímicas, ecológicas y socioeconómicas del entorno”, se dice que hay un IA cuando una acción o actividad humana produce una alteración favorable o desfavorable en alguno de los componentes del medio. Bajo esta premisa, podemos establecer que los efectos generados por la ejecución de las actividades del proyecto son la diferencia entre la situación del medio ambiente futuro modificado y la situación del medio ambiente actual, tal como habría evolucionado normalmente sin la incidencia del proyecto, es decir, la variación neta (positiva o negativa de calidad ambiental).

De acuerdo con la naturaleza del proyecto y tomando como base de referencia el Listado de impactos ambientales específicos en el marco del licenciamiento ambiental (MADS, 2020) y la Estandarización y Jerarquización de Impactos Ambientales de Proyectos Licenciados por ANLA (ANLA, 2021), se listan a continuación los impactos ambientales a evaluar.

Tabla 99 Impactos a evaluar

No	MEDIO	COMPONENTE	ELEMENTO	IMPACTO AMBIENTAL
1	Abiótico	Atmosférico	Aire	Alteración en la calidad del aire
2	Abiótico	Atmosférico	Aire	Generación de olores ofensivos
3	Abiótico	Hidrogeológico	Agua subterránea	Alteración a la calidad del recurso hídrico subterráneo
4	Abiótico	Hidrogeológico	Agua subterránea	Alteración en la oferta y/o disponibilidad del recurso hídrico subterráneo
5	Abiótico	Hidrológico	Agua superficial	Alteración en la calidad del recurso hídrico superficial
6	Abiótico	Hidrológico	Agua superficial	Alteración en la oferta y disponibilidad del recurso hídrico superficial
7	Abiótico	Suelos	Calidad del suelo	Alteración a la calidad del suelo
8	Biótico	Flora	Ecosistemas	Alteración a ecosistemas terrestres
9	Biótico	Flora	Cobertura vegetal	Alteración a cobertura vegetal
10	Biótico	Flora	Flora terrestre	Alteración a comunidades de flora
11	Biótico	Fauna	Fauna acuática	Alteración a ecosistemas acuáticos
12	Biótico	Fauna	Fauna terrestre	Modificación del hábitat de la fauna terrestre
13	Biótico	Fauna	Fauna terrestre	Afectación de aves locales y migratorias y sus corredores de vuelo
14	Biótico	Biota Acuática	Biota acuática	Alteración de la hidro biota y su hábitat
15	Socioeconómico	Espacial	Infraestructura	Modificación de la infraestructura física y social, y de los servicios públicos y sociales.
16	Socioeconómico	Cultural	Percepción visual	Alteración en la percepción visual del paisaje
17	Socioeconómico	Cultural	Comunidad	alteración del bienestar humano
18	Socioeconómico	Cultural	Comunidad	Alteración de la salud humana
19	Socioeconómico	Cultural	Comunidad	Alteración en el uso y manejo del entorno
20	Socioeconómico	Cultural	Comunidad	Alteración de los valores y prácticas culturales

Fuente: (Elaboración Propia, 2022) tomado de (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021)

Identificados los impactos se procede a evaluar bajo la metodología de CONESA cada una de las alternativas. La evaluación ambiental da como resultado la importancia la cual está dada por la siguiente ecuación:

$$I = (+/-) (3 IN + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

Clasificándose de la siguiente manera:

Tabla 100 Clasificación de impactos ambientales

Naturaleza	Color	Calificación	Rango
------------	-------	--------------	-------

Naturaleza	Color	Calificación	Rango
Impactos naturaleza negativa		Irrelevante	(-13 - 22)
		Moderado	(-23 - 40)
		Severo	(-41 - 59)
		Grave	(-60 - 77)
		Critico	(<-78)
Impactos naturaleza positiva		Considerable	(13 - 30)
		Relevante	(31 - 47)
		muy relevante	(48 - 100)

Fuente: (Conesa, 2011)

Lo que da el siguiente resultado para las dos alternativas propuestas en el sector Mochuelo Bajo.

Tabla 101 Matriz de evaluación ambiental Mochuelo Bajo

IMPACTO AMBIENTAL	ALTERNATIVA 1		ALTERNATIVA 2	
	Importancia	Clasificación	Importancia	Clasificación
Alteración en la calidad del aire	-22	Irrelevante	25	Considerable
Generación de olores ofensivos	-27	Moderado	27	Considerable
Alteración a la calidad del recurso hídrico subterráneo	23	Considerable	26	Considerable
Alteración en la oferta y/o disponibilidad del recurso hídrico subterráneo	21	Considerable	21	Considerable
Alteración en la calidad del recurso hídrico superficial	23	Considerable	26	Considerable
Alteración en la oferta y disponibilidad del recurso hídrico superficial	21	Considerable	21	Considerable
Alteración a la calidad del suelo	21	Considerable	21	Considerable
Alteración a ecosistemas terrestres	-25	Moderado	24	Considerable
Alteración a cobertura vegetal	-27	Moderado	29	Considerable
Alteración a comunidades de flora	-27	Moderado	29	Considerable
Alteración a ecosistemas acuáticos	-25	Moderado	24	Considerable
Modificación del hábitat de la fauna terrestre	-25	Moderado	24	Considerable
Afectación de aves locales y migratorias y sus corredores de vuelo	-22	Irrelevante	27	Considerable
Alteración de la hidro biota y su hábitat	-23	Moderado	25	Considerable
Modificación de la infraestructura física y social, y de los servicios públicos y sociales.	35	Relevante	39	Relevante
Alteración en la percepción visual del paisaje	24	Considerable	33	Relevante
alteración del bienestar humano	27	Considerable	31	Relevante
Alteración de la salud humana	24	Considerable	31	Relevante
Alteración en el uso y manejo del entorno	25	Considerable	37	Relevante
Alteración de los valores y prácticas culturales	22	Considerable	37	Relevante

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

La evaluación se realizó considerando las diferentes ventajas o desventajas al implementar cada una de las alternativas en el sector, teniendo en cuenta que la implementación de SUDS en un proyecto ambientalmente conlleva a los siguientes beneficios:

- Manejo de escorrentía: Con la implementación de obras que promuevan la detención, retención o filtración de caudales de escorrentía se disminuyen los caudales pico de entrada al sistema de alcantarillado.
- Calidad de los cuerpos de agua: Con la implementación de SUDS en el proyecto se puede mejorar la calidad del agua de escorrentía previo al ingreso del sistema de alcantarillado. Para ello se pueden emplear SUDS que incluyan elementos filtrantes o de bio-retención, tales como alcorques inundables, zonas de bio-retención o humedales.

- Incrementar la sensación de confort: El desarrollo de nuevos espacios urbanos que resulten atractivos, útiles y agradables para los usuarios del sitio intervenido puede mejorar significativamente la valoración de bienestar social y ambiental percibido por la comunidad. Es por ello por lo que este objetivo, aunque no sea el principal en la implantación de SUDS en el proyecto, puede añadir valor agregado a las alternativas estudiadas.
- Urbanismo y paisajismo: En consonancia del objetivo de incrementar la sensación de confort, otro valor agregado de la implantación de SUDS en proyectos de urbanismo busca mejorar la eficiencia de distribución espacial del área urbana, según las necesidades propias de los usuarios. Como consecuencia de ello, se espera mejorar simultáneamente la percepción paisajística del sitio y mejorar la armonía visual del sitio en relación con su entorno natural. Para ello, las tipologías de SUDS a implantar para cumplir con este objetivo serán aquellas que empleen cobertura vegetal y sean de construcción práctica en zonas densamente pobladas.
- Renaturalización de los cuerpos de agua: Muy ligado con el objetivo principal de mejorar la calidad del agua de vertido al sistema de alcantarillado, la renaturalización de los cuerpos de agua suele ser un objetivo a largo plazo en la búsqueda de las mejoras en las condiciones de los cuerpos de agua que reciben las aguas lluvias. Los SUDS que tienen un impacto en la renaturalización de los cuerpos de agua son los asociados con el objetivo de calidad del agua. Así también sistemas como las cunetas verdes y zonas de bio-retención, cuyo objetivo principal es la retención, pueden tener resultados favorables para cumplir con este objetivo.

Por lo que se obtiene la siguiente calificación.

Tabla 102 Calificación de la matriz de evaluación ambiental

Alternativa	Importancia	Calificación
Alternativa 1	2.15	7.72
Alternativa 2	27.85	100.00

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

13.2.4 Resultados evaluación ambiental y social

Como resultado se obtiene que la implementación de los SUDS genera beneficios notorios en el medio ambiente y la población que reside en el área de influencia, mejorando, el manejo de los volúmenes de escorrentía, la calidad del recurso hídrico, la calidad de los diferentes ecosistemas y la calidad de vida de la población y su percepción hacia el sector.

Tabla 103 Calificación ambiental y social

Evaluación	Alternativa 1	Alternativa 2
Cambio en las crecientes vs la condición natural	96.78	100.00
Eficiencia en la remoción de contaminantes	0.00	46.37
Matriz de evaluación ambiental	7.72	100.00
Promedio	34.83	82.12

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

13.3 EVALUACIÓN ECONÓMICA

13.3.1 Cantidades de obra

Las cantidades de obra del proyecto se encuentran soportadas por las memorias de cálculo incluidas en el anexo 7.3 Evaluación Económica, es importante aclarar que en este ítem no se incluyen costos asociados a la operación y mantenimiento, ya que estos se evaluarán en el capítulo 13.4.

13.3.1.1 Alternativa 1

Se identifican las longitudes de tubería que serán intervenidas para su construcción.

Tabla 104 Redes proyectadas Alcantarillado Pluvial Mochuelo Bajo

ELEMENTO	CANTIDAD EN LONGITUD	UNIDAD	DESCRIPCION	CANTIDAD EN TRAMOS	PORCENTAJE
PROYECTADO	542	m	10" PVC	85	51.83
	4041.6	m	12" PVC	71	43.29
	50.2	m	14" PVC	2	1.22
	285.2	m	16" PVC	6	3.66
TOTAL	4919	m		164	100.00

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Se proyecta cinco (5) descargas pluviales, de igual forma se proponen setenta y tres (73) Sumideros Transversales y siete (7) sumideros laterales. Con respecto a pozos de inspección, se proyecta la construcción de 79 pozos en concreto.

Tabla 105 Estructuras Mochuelo Bajo

ESTRUCTURA	CANTIDAD	UNIDAD	DESCRIPCION
Cabezal de descarga	5	un	CONCRETO
Sumideros Nuevos Laterales	7	un	SUMIDERO DE REJILLA - CAJA SENCILLA EN LA VIA
Sumideros Nuevos Transversales	73	un	ST- 1 L=6m
Sumideros a Renovar Transversales	5	un	ST- 1 L=6m
Pozos nuevos	79	un	CONCRETO 36"
TOTAL POZOS	79	un	CONCRETO 36"
Canal Abierto Rectangular	319.9	m	Concreto

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Para dar solución a la problemática del sector de lagunitas, se propone una estructura de canal rectangular en concreto con una longitud de 319.9m, junto con una estructura de paso de vía, la cual se compone de dos tuberías paralelas de 16".

13.3.1.2 Alternativa 2

Debido a que el dimensionamiento de alcantarillado pluvial convencional no cambia con la implementación de los SUDS, las cantidades relacionadas en el numeral anterior son las mismas, a excepción de la implementación del canal rectangular, que, para esta alternativa será sustituido por una cuneta vegetal.

Para los Sistemas de Drenaje Urbano Sostenibles se tienen las siguientes cantidades:

Tabla 106 Cantidades SUDS Mochuelo Bajo

ALCORQUES INUNDABLES					
Tipo	Cantidad	Ancho (m)	Largo (m)	Área (m2)	Alto (m)
1	9	1.5	1.5	2.25	0.6
2	8	2	2	4	1
3	2	2.5	2.5	6.25	1
4	3	3	3	9	1
CUNETAS VERDES					
Tipo	Cantidad	Ancho inferior (m)	Largo (m)	Ancho superior (m)	Altura cuneta (m)
1	1	2	312.6	5.24	0.54
2	1	3	67	5.24	0.54

3	1	1	124	2.2	0.2
TANQUES DE ALMACENAMIENTO					
Tipo	Ancho (m)	Largo (m)	Área (m2)	Alto (m)	Cantidad celdas AquaCell
Tipo 1	4.5	4	18	1.17	107
Tipo 2	13.5	13	175.5	1.17	1035
ZONAS DE BIO-RETENCIÓN					
Tipo	Ancho (m)	Largo (m)	Altura capa de drenaje (m)	Altura sustrato (m)	Altura encharcamiento (m)
1	11	2.5	0.3	0.6	0.3
2	11.8	1	0.3	0.6	0.3
3	22.8	1.3	0.3	0.6	0.3
4	73.8	0.6	0.3	0.6	0.3
5	11	0.5	0.3	0.6	0.3
6	11.8	1.9	0.3	0.6	0.3
7	22.8	1.6	0.3	0.6	0.3
8	73.8	1.6	0.3	0.6	0.3
9	15.8	1.9	0.3	0.6	0.3
10	26.8	1.9	0.3	0.6	0.3

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

13.3.2 Presupuesto

Los valores unitarios de los ítems están de acuerdo con los precios del Sistema de Avalúo de Infraestructura (SAI) de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá ESP – EAAB, en su versión vigente, los cuales tienen en cuenta el valor total de la actividad, mediante un análisis de precios unitario.

Para aquellas actividades que no están incluidas dentro del listado SAI, se procede a la utilización de algunos listados de precios oficiales de entidades públicas, como los del Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) y/o del Instituto distrital de recreación y deporte (IDRD); así como bases de datos Generales como las generadas por ConstruDATA, información recolectada a través de la solicitud de cotizaciones o a partir de la utilización de factores paramétricos en caso de no contar con información en las bases de precios anteriormente mencionadas, en cada caso, se deja claro en el presupuesto el soporte de dichos valores.

A continuación, se presenta un resumen de los presupuestos obtenidos.

Tabla 107 Presupuesto Mochuelo Bajo

ALTERNATIVA 1		\$ 5,491,059,921.60	
ALTERNATIVA 2			
ALCORQUES INUNDABLES			
Tipo	Precio unitario	Cantidad	Total
1	\$ 4,409,161.96	9	\$39,682,457.64
2	\$6,260,644.45	8	\$50,085,155.62
3	\$7,239,401.61	2	\$14,478,803.22
4	\$7,740,505.053	3	\$23,221,515.16
Subtotal			\$127,467,931.63
CUNETAS VERDES			
Tipo	Precio		
1	\$195,050,107.54		
2	\$54,264,031.07		
3	\$37,781,254.66		

Subtotal	\$287,095,393.26
TANQUES DE ALMACENAMIENTO	
Tipo	Precio
1	\$26,210,231.22
2	\$233,882,885.35
Subtotal	\$260,093,116.56
ZONAS DE BIORETENCIÓN	
Tipo	Precio
1	\$28,547,708.99
2	\$30,025,673.38
3	\$43,961,153.85
4	\$118,455,424.84
5	\$19,221,885.41
6	\$20,410,089.77
7	\$46,410,353.86
8	\$141,751,247.04
9	\$35,150,473.90
10	\$54,277,224.12
Subtotal	\$538,211,235.16
Alcantarillado convencional	\$5,060,068,820.60
ALTERNATIVA 2	\$6,272,936,497.22

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Al tener como alternativa más económica la Alternativa No. 1, esta se puntuará con un valor de 100, la puntuación de la Alternativa No. 2 es proporcional al aumento porcentual de costos de esta alternativa, obteniendo lo siguiente.

Tabla 108 Calificación económica Mochuelo Bajo

Alternativa	Total	Calificación
Alternativa 1	\$ 5,491,059,921.60	100
Alternativa 2	\$ 6,272,936,497.22	87.54

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

13.4 EVALUACIÓN OPERATIVA Y DE MANTENIMIENTO

La evaluación de operación y mantenimiento valora en forma integral la complejidad operativa en torno a los mecanismos empleados para el manejo de cada alternativa y de los recursos físicos y humanos necesarios para el mantenimiento y la operación del sistema. A continuación, se presenta los criterios y metodología de calificación para la evaluación de operación y mantenimiento:

13.4.1 Criterios de Evaluación

Esta evaluación se puntúa teniendo en cuenta los siguientes criterios de evaluación:

- Personal requerido para las tareas de mantenimiento y operación de las estructuras planteadas.
- Costos por mantenimiento

A continuación, se presentan los costos tomados en cuenta para la evaluación de alternativas:

13.4.1.1 Costo por mantenimiento

Para establecer el costo de mantenimiento para la red de alcantarillado, se calculó el factor por mantenimiento actual, teniendo valores de referencia de mantenimiento en proyectos de consultoría de acueductos a nivel nacional y las longitudes y diámetros de las redes de alcantarillado del sistema. Teniendo en cuenta lo anterior, se tomó como referencia un factor de

mantenimiento de Cuatrocientos pesos (\$400) por m de tubería al año.

Una vez teniendo el factor de mantenimiento, se multiplica este valor por la longitud de tubería de cada alternativa y se realiza la proyección correspondiente al año de diseño, con un factor de incremento anual del 1% y una tasa de interés del 12.00%. A continuación, se presenta el valor presente neto para cada una de las alternativas.

Tabla 109 Costos Anuales por mantenimiento de redes

ALTERNATIVA	COSTOS POR MANTENIMIENTO	PUNTAJE
1	\$ 16,016,189.47	100
2	\$ 16,016,189.47	100

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

13.4.1.2 Costo por mantenimiento de SUDS

Los costos de mantenimiento para los SUDS se obtienen teniendo en cuenta la frecuencia de realización recomendada y los costos que cada uno de ellos implica, a continuación se muestran los costos identificados.

Tabla 110 Costos Mantenimiento SUDS

ACTIVIDAD	FRECUENCIA RECOMENDADA NS-166	FRECUENCIA RECOMENDADA	FRECUENCIA ANUAL	TOTAL POR HORAS POR m2	VALOR
ALCORQUES INUNDABLES				5.22	\$ 177,804
Inspección de la estructura		Semanal	48.00	0.48	\$ 3,399
Regar árboles y arbustos	Quincenal	Quincenal	24.00	0.24	\$ 8,831
Remover residuos acumulados en las estructuras de entrada y salida	Mensual	Mensual	12.00	1.20	\$ 44,153
Remover residuos acumulados en las estructuras de rebose	Mensual	Mensual			
Remover plantas invasoras	Trimestral	45 días			
Remover arenas y sedimentos de las estructuras	Semestral	45 días			
Remover manualmente el sedimento acumulado en la superficie	Semestral	45 días	8.00	2.00	\$ 73,589
Podar árboles y arbustos (reúso para la capa orgánica)	Semestral	45 días			
Replantar arbustos y/o árboles	Semestral	Trimestral	4.00	0.80	\$ 29,435
Tratar árboles enfermos y reemplazar plantas muertas	Semestral	Trimestral			
Escarificar la capa superior del suelo	Mayor a un año	Semestral	2.00	0.20	\$ 7,359
Aplicar aireación al suelo si hay pondaje excesivo	Mayor a un año	Anual	1.00	0.00	\$ -
Lavado del drenaje subterráneo	Mayor a un año	Anual	1.00	0.30	\$ 11,038
CUNETAS VERDES (Con				1.64	\$ 53,064

ACTIVIDAD	FRECUENCIA RECOMENDADA NS-166	FRECUENCIA RECOMENDADA	FRECUENCIA ANUAL	TOTAL POR HORAS POR m2	VALOR
capa filtrante)					
Inspección de la estructura		Semanal	48.00	0.24	\$ 1,699
Regar vegetación	Quincenal	Quincenal	24.00	0.07	\$ 2,649
Remover residuos acumulados en las estructuras de entrada y salida	Mensual	Mensual	12.00	0.24	\$ 8,831
Remover residuos acumulados en los sistemas de pretratamiento y rebose	Mensual	Mensual			
Remover contaminantes flotantes	Mensual	Mensual			
Podar pastos para mantener la altura de diseño	Trimestral	45 días	8.00	0.32	\$ 11,774
Remover plantas invasoras	Trimestral	45 días			
Eliminar posibles zonas que promuevan la proliferación de vectores	Trimestral	Trimestral	4.00	0.36	\$ 13,246
Remover sedimentos acumulados en las barreras de detención	Semestral	Trimestral			
Manejar plagas y eliminar zonas de crecimiento de especies no deseadas	Semestral	Trimestral			
Limpiar y/o nivelar el distribuidor de flujo	Semestral	Semestral	2.00	0.30	\$ 11,038
Escarificar la capa superior del suelo	Mayor a un año	Semestral			
Nivelar el fondo de la cuneta para conservar pendiente longitudinal	Anual	Anual	1.00	0.10	\$ 3,679.43
Aplicar aireación al suelo si hay pondaje excesivo	Mayor a un año	Anual			
Lavado del drenaje subterráneo	Mayor a un año	Anual	1.00	0.00	\$ 147
ZONAS DE BIO RETENCIÓN				3	\$ 114,481
Inspección de la estructura		Semanal	48.00	0.48	\$ 3,399
Regar árboles, arbustos y césped	Quincenal	Quincenal	24.00	0.24	\$ 8,830.6
Remover residuos acumulados en las estructuras de entrada y salida	Mensual	Mensual	12.00	0.48	\$ 17,661.3
Remover residuos acumulados en los sistemas de pretratamiento y rebose	Mensual	Mensual			
Remover plantas invasoras	Trimestral	45 días	8.00	0.16	\$ 5,887.1
Eliminar posibles zonas que promuevan la proliferación de vectores	Trimestral	Trimestral	4.00	1.80	\$ 66,229.8
Remover arenas y	Semestral	Trimestral			

ACTIVIDAD	FRECUENCIA RECOMENDADA NS-166	FRECUENCIA RECOMENDADA	FRECUENCIA ANUAL	TOTAL POR HORAS POR m2	VALOR
sedimentos de las estructuras					
Podar árboles y arbustos (reúso para la capa orgánica)	Semestral	Trimestral			
Tratar árboles enfermos y reemplazar plantas muertas	Semestral	Trimestral			
Manejar plagas y eliminar zonas de crecimiento de especies no deseadas	Semestral	Trimestral			
Replantar plantas y arbustos	Semestral	Trimestral			
Escarificar la capa superior del suelo	Mayor a un año	Semestral	2.00	0.10	\$ 3,679.4
Replantar árboles	Mayor a un año	Anual			
Aplicar aireación al suelo si hay pondaje excesivo	Mayor a un año	Anual	1.00	0.10	\$ 3,679.4
Lavado del drenaje subterráneo	Mayor a un año	Anual	1.00	0.14	\$ 5,114.4
ZANJAS DE INFILTRACIÓN				2.2	\$ 66,832.1
Inspección de la estructura		Semanal	48.00	0.48	\$ 3,399
Remover residuos acumulados sobre la superficie de la zanja	Mensual	Mensual			
Remover residuos acumulados en las estructuras de entrada y salida	Mensual	Mensual	12.00	0.72	\$ 26,49
Remover residuos acumulados en los sistemas de pretratamiento y rebose	Mensual	Mensual			
Remover la maleza que crezca en la zanja o en áreas circundantes	Trimestral	45 días	8.00	0.40	\$ 14,717.7
Podar pastos laterales para mantener la altura de diseño	Trimestral	45 días			
Remover arenas y sedimentos de las estructuras	Semestral	Trimestral	4.00	0.40	\$ 14,717.7
Remover o cortar raíces de árboles cercanos a la zanja	Semestral	Trimestral			
Extraer y limpiar la capa de gravilla superficial del reservorio	Mayor a un año	Anual	1.00	0.20	\$ 7,358.9
Extraer y limpiar el material del reservorio	Mayor a un año	Anual			
Lavado del drenaje subterráneo	Mayor a un año	Anual	1.00	0.00	\$ 147.2
CUNETAS VERDES (Sin capa filtrante)				1.59	\$ 51,445
Inspección de la estructura		Semanal	48.00	0.24	\$ 1,699
Regar vegetación	Quincenal	Quincenal	24.00	0.07	\$ 2,649
Remover residuos	Mensual	Mensual	12.00	0.24	\$ 8,831

ACTIVIDAD	FRECUENCIA RECOMENDADA NS-166	FRECUENCIA RECOMENDADA	FRECUENCIA ANUAL	TOTAL POR HORAS POR m2	VALOR
acumulados en las estructuras de entrada y salida					
Remover residuos acumulados en los sistemas de pretratamiento y rebose	Mensual	Mensual			
Remover contaminantes flotantes	Mensual	Mensual			
Podar pastos para mantener la altura de diseño	Trimestral	45 días	8.00	0.32	\$ 11,774
Remover plantas invasoras	Trimestral	45 días			
Eliminar posibles zonas que promuevan la proliferación de vectores	Trimestral	Trimestral			
Remover sedimentos acumulados en las barreras de detención	Semestral	Trimestral	4.00	0.32	\$ 11,774
Manejar plagas y eliminar zonas de crecimiento de especies no deseadas	Semestral	Trimestral			
Limpia y/o nivelar el distribuidor de flujo	Semestral	Semestral	2.00	0.30	\$ 11,038
Escarificar la capa superior del suelo	Mayor a un año	Semestral			
Nivelar el fondo de la cuneta para conservar pendiente longitudinal	Anual	Anual	1.00	0.10	\$ 3,679.43
					\$463,626.32

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

El valor total de mantenimiento de los SUDS es de \$ 463.626,32 por año, por lo que para efectos de evaluación total, se multiplica este valor por 25 que son los años proyectados de Diseño.

13.4.1.3 Costo de personal

Para evaluar los costos por personal, se tienen en cuenta el número de operarios, Administradores, auxiliares y vigilantes que conformaran el sistema de acueducto para cada una de las alternativas. Una vez definida la cantidad de personal, se calcula el costo de estos, al periodo de diseño, teniendo en cuenta aspectos como:

Tabla 111 Aspectos tomados en cuenta para costos por personal operario

ASPECTOS	VALOR
Salario Mínimo 2022	\$ 1'000.000
Auxilio de transporte	11.29%
Dotación	\$120,000
Cesantías	SMMLV/12
Pensión	16.00%
Salud	12.50%
ARL	6.96%
Caja de Compensación	4%
Intereses de Cesantías	12.00%*CESANTIAS

ASPECTOS	VALOR
Vacaciones	4.17%
ICBF	5%
Factor Hora Nocturna	1.35
Factor Hora Extra Diurna	1.75
Factor Hora Dominical	1.75
Factor Hora Extra-Dominical	2
Factor Hora Extra Nocturna Dominical	2.5
Turno (2 Jornadas)	5:00 am – 9:00 am y 1:00 pm – 5:00 pm

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Para las alternativas analizadas se asumen las siguientes cantidades de personal requerido.

Tabla 112 Personal Requerido

ALTERNATIVA	CANTIDADES			TOTAL
	OPERARIO	ADMINISTRADOR	VIGILANTE	
Alternativa 1	2	0.5	0	\$ 1,254,334,447.46
Alternativa 2	3	0.5	0	\$ 1,651,034,252.98

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

13.4.2 Resultados

En este numeral se presentan los resultados obtenidos para la evaluación de operación y mantenimiento.

Tabla 113 Evaluación Operativa y Mantenimiento

ALTERNATIVA	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
OPERATIVA	\$ 1,254,334,447.46	\$ 1,651,034,252.98
MANTENIMIENTO REDES	\$ 16,016,189.47	\$ 16,016,189.47
MANTENIMIENTO SUDS		\$ 11,590,657.92
VALOR	\$ 1,270,350,636.93	\$ 1,667,050,442.46
PUNTAJE	100.00	76.20

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Como se puede observar, la alternativa más viable desde la perspectiva de operación y mantenimiento hacia el horizonte del proyecto corresponde a la alternativa número uno ya que no implica operación y mantenimiento adicionales a las redes convencionales de alcantarillado.

13.5 CALIFICACIÓN TOTAL

Considerando lo desarrollado y los porcentajes asignados a cada criterio a evaluar, se obtiene la siguiente matriz de calificación de las dos alternativas en el Mochuelo Bajo.

Tabla 114 Calificación alternativas Mochuelo Bajo

VALOR	ASPECTO	CALIFICACION		PONDERADO	
		ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2
25%	Evaluación Técnica	97.88	100.00	24.47	25.00
25%	Evaluación Ambiental	34.83	82.12	8.71	20.53
25%	Evaluación Económica	100.00	87.54	25.00	21.88
25%	Evaluación Operativa Y Mantenimiento	100.00	76.20	25.00	19.05
100%	Calificación Total			83.18	86.46

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

Esto da como resultado que, aunque en términos económicos es más costoso la implementación

de SUDS en un proyecto, los beneficios que trae tanto técnicos o hidráulicos, ambientales y sociales son mayores, obteniendo como alternativa favorable la Alternativa No. 2.

14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Las alternativas propuestas están enfocadas a resolver la problemática actual relacionada con el manejo de los portes pluviales, identificada en el sector del Mochuelo Bajo.
2. La climatología y los datos de precipitación se tomaron de la estación Quiba, administrada por la EAAB, la cual presenta una precipitación promedio total de 61.04 mm.
3. Actualmente el % de los pozos tienen una profundidad mayor a 2.5m, con materiales en concreto y mampostería.
4. En el sector de Mochuelo Bajo actualmente hay únicamente 5 sumideros, para 242 tramos
5. La alternativa 1, consiste en un sistema de alcantarillado pluvial, compuesto por 165 tramos de alcantarillado nuevo, en material PVC, 85 sumideros y 79 pozos de inspección. Incluye un canal en concreto de 320 m.
6. Para la alternativa No. 2 como complemento al alcantarillado convencional y considerando las restricciones se obtienen como tipologías a implementar los alcorques inundables, cunetas verdes, tanques de almacenamiento y zonas de bio-retención.
7. Se obtienen 22 alcorques inundables distribuidos en 4 tipologías, 3 tipos de cunetas verdes, 2 tipos de tanques de almacenamiento y 10 tipos de zonas de bio-retención.
8. Con respecto al funcionamiento hidráulico de las dos alternativas planteadas, se identifica que en la alternativa 2, los SUDS, al ser estructuras complementarias, contribuyen a la mejora de las variables hidráulicas propias del funcionamiento del sistema convencional, mostrando mejorías en capacidad, velocidad, fuerza tractiva y régimen de flujo, en comparación con el sistema propuesto en la alternativa 1, el cual es netamente convencional.
9. La implementación de la alternativa No.1 y No. 2 presenta un cambio en las crecientes de las corrientes donde se proyectas las descargas, donde la alternativa No. 2 presenta menor variabilidad frente a una condición natural.
10. La alternativa No. 1 no contempla mejorar la calidad del recurso hídrico, mientras que por la implementación de los SUDS, la alcantarilla No. 2 mejora la calidad de 2.49 m³/s, lo que equivale a un 46.37% del caudal recolectado por la red de alcantarillado pluvial.
11. La alternativa No. 2 presenta mayores beneficios respecto al manejo de escorrentía, calidad del recurso hídrico, un valor agregado en el urbanismo y confort de los habitantes y población beneficiada y la renaturalización de los cuerpos de agua y buscar volver a condiciones naturales mediante tipológicas basadas en la naturaleza.
12. La alternativa No. 2 es un 12% más costosa que la alternativa No. 1.
13. Teniendo en cuenta que la operación de la alternativa 2 implica mayores costos asociados al personal requerido para su mantenimiento y a su vez implica costos adicionales de mantenimiento específicos en relación con los SUDS, esta alternativa en cuanto al criterio de operación y mantenimiento tiene menores beneficios a comparación con la alternativa 1.
14. Evaluando las diferentes consideraciones y aspectos, se obtiene como resultado que la Alternativa No. 2 trae mayores beneficios en su implementación que la Alternativa No.1 en el sector de Mochuelo Bajo. Sin embargo estos beneficios no llegan a ser considerables. Es importante mencionar que para el caso del sector de Mochuelo Bajo, las alternativas propuestas están enfocadas a dar una solución a una problemática existente, por lo que la implementación de los SUDS no resulta ser lo mas eficiente, ya que se tienen limitaciones en el espacio y no esta acompañado de un urbanismo que permita maximizar los resultados.

15 BIBLIOGRAFÍA

- Cassidy, H. &. (1976).
- Castiblanco, C. (28 de 10 de 2020). <https://bogota.gov.co/>. Obtenido de <https://bogota.gov.co/https://bogota.gov.co/mi-ciudad/ambiente/restauracion-ecologica-del-sector-mochuelo-bajo-en-ciudad-bolivar>
- Chow, V. T. (1984). *Handbook of Applied Hydrology*.
- Chow, V. T. (2004). *Hidráulica de Canales Abiertos*. McGraw - Hill.
- Conesa, V. (2011). *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR y Grupo de investigación en Derechos Humanos de la Facultad de Jurisprudencia de la Universidad del Rosario. (22 de 03 de 2022). car.gov.co. Obtenido de car.gov.co: <http://oaica.car.gov.co/vercaso2.php?id=46>
- EAAB. (2018). *NS-166 - Criterios para diseño y construcción de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS)*. Bogotá.
- EAAB. (2020). *NS-085 "Criterios de diseño de sistemas de alcantarillado"*. Bogotá.
- Elaboración Propia. (2022). Bogotá.
- IDEAM. (2022). Bogotá.
- ingenierocivilinfo*. (2010). Obtenido de [ingenierocivilinfo: http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/07/empate-por-linea-de-energia-para-flujo.html](http://www.ingenierocivilinfo.com/2010/07/empate-por-linea-de-energia-para-flujo.html)
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Listado de impactos ambientales específicos*.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2016). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS - Título D*.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *Resolución No. 0330 de 08 de junio de 2017*.
- Monsalve Sáenz, G. (1995). *Hidrología en la ingeniería*.
- Ponce, V. M. (1989). *Hidrología General*.
- Remeneiras, G. (1974). *Tratado de Hidrología Aplicada*.
- Secretaría de Planeación de Bogotá. (2020). *Plan de Ordenamiento Territorial - Informe de Diagnóstico*.
- Universidad de los Andes - Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental. (2016). *Investigación de las tipologías y/o tecnologías de Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SUDS) que más se adapten a las condiciones de la ciudad de Bogotá D.C.* Bogotá D.C.